



Fractal d.o.o. Split

FOTONAPONSKE ELEKTRANE U SKLOPU ŽCGO LEĆEVICA I PRETOVARNIH STANICA

TEHNO-EKONOMSKA PODLOGA ZA STUDIJU IZVODIVOSTI



Split, srpanj 2015.



FRACTAL d.o.o. ELEKTROTEHNIČKI I INFORMATIČKI INŽENJERING I KONZALTING

Kupreška 37, 21000 SPLIT | www.fractal.hr | fractal@fractal.hr

T: +385-(0)21-600771 | F: +385-(0)21-599894 | IBAN: HR0223600001101402645 | OIB: 05342281198

Naručitelj: **REGIONALNI CENTAR ČISTOG OKOLIŠA d.o.o.**

Domovinskog rata 2

21000 Split

Izvoditelj: **FRACTAL d.o.o.**

Kupreška 37

21000 Split

Ugovor oznake.: RCO – Lećevica od 15.04.2015.

Naziv dokumenta: **FOTONAPONSKE ELEKTRANE U SKLOPU ŽCGO LEĆEVICA I
PRETOVARNIH STANICA
TEHNO-EKONOMSKA PODLOGA ZA STUDIJU IZVODIVOSTI**

Verzija: 2.0 (finalna verzija)

Autori: Goran Paić, dipl.ing.el.

Stipe Vodopija, mag.ing.el.

Bogdan Zavadlav, mag.ing.el.

Ivo Zlatunić, mag.ing.el.

Ante Tojčić, mag.ing.el.

Dino Lovrić, mag.ing.el.

Fractal d.o.o.

Direktor: Dino Lovrić

NAPOMENE I ODRICANJE OD ODGOVORNOSTI

Ovaj dokument izrađen je od strane tvrtke Fractal d.o.o. Split za potrebe Naručitelja Regionalni centar čistog okoliša d.o.o., prema ugovoru o uslugama označenom RCO – Lećevica od 15.04.2015.

Sva sagledavanja, analize, pretpostavke i prognoze iznesene u ovom dokumentu temeljene su na dostavljenoj dokumentaciji od strane Naručitelja, javno dostupnim podacima i dodatnim informacijama prikupljenim u svrhu izrade predmetne analize. Fractal d.o.o. ne daje nikakve garancije za točnost i cijelovitost dokumentacije dostavljene od strane Naručitelja koja bi mogla utjecati na tehničku ocjenu projekta.

Za potrebe usporedbe varijantnih rješenja izvršene su finansijske analize koje nisu mjerodavne za konačno vrednovanje isplativosti odabranih rješenja jer navedeno nije predmet ove studije.

Fractal d.o.o. ne preuzima odgovornost prema Naručitelju ili trećoj strani za korištenje i rezultate korištenja ovog dokumenta, osim odgovornosti koje su definirane u Ugovoru.

PROJEKTNI ZADATAK



PROJEKTNI ZADATAK

Fotonaponske elektrane u sklopu ŽCGO Lećevica i pretovarnih stanica – Tehno-ekonomска подлога за студију изводивости

Naručitelj: Regionalni centar čistog okoliša d.o.o., HR-21000 Split, Domovinskog rata 2

Broj nabave: BN-01-15

Split, 17. veljače 2015.

Sadržaj

	Str.
1. Uvod	4
2. Opseg poslova i aktivnosti	4
2.1 Okvirni sadržaj tehnno-ekonomiske podloge za feasibility studiju	5
2.2 Izrada izvata na engleskom jeziku za uključivanje u feasibility studiju	7
2.3 Obaveze u sklopu stručnog konzaltinga	7
3. Očekivani rezultati	7
4. Raspoložive podloge	7
5. Rokovi za početak/dovršetak aktivnosti	8
6. Plaćanje	8

1. Uvod

Centar za gospodarenje otpadom (CGO) i pretovarne stanice predstavljaju infrastrukturu za gospodarenje otpadom čijom se izgradnjom omogućava uspostava cjelovitog sustava gospodarenja otpadom u županiji. Izgradnja ovih građevina je od interesa za Republiku Hrvatsku i sastavni dio ispunjavanja obveza države u odnosu na Europsku uniju. Na području Splitsko – dalmatinske županije predviđa se izgradnja jednog CGO na lokaciji u Kladnjicama u Općini Lećevica te šest pretovarnih stanica na lokacijama u Splitu, Sinju, Zagvozdu te na otocima Braču, Hvaru i Visu.

U CGO će se obavljati mehaničko – biološka obrada otpada, a u pretovarnim stanicama pretovar otpada iz manjih u veća komunalna vozila radi ekonomičnijeg prijevoza do CGO. Za provedbu tih tehnoloških procesa potrebna je odredena količina električne energije.

Za sufinanciranje izgradnje ove infrastrukture zatražit će se sredstva fondova Europske unije i Republike Hrvatske te se u tu svrhu izrađuje kompletna projektna dokumentacija kao prilog projektnoj aplikaciji, a projekt je sada u fazi izrade Studije izvodivosti.

Namjera je Investitora da u ovaj projekt ugradi maksimalne standarde zaštite okoliša, tako da se visokom standardu izgradnje infrastrukture navedenog tipa dodaje i korištenje obnovljivih izvora energije.

Investitor Regionalni centar čistog okoliša d.o.o. planira u sklopu projekta ŽCGO Lećevica i pretovarnih stanica instalaciju postrojenja za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora. Kako je želja investitora da proizvedena električna energija bude potrošena za vlastite potrebe ŽCGO i pretovarnih stanica, te da se na taj način ostvari prihod na račun izbjegnutih troškova za električnu energiju, potrebno je obraditi moguća varijantna rješenja izgradnje fotonaponskih elektrana (FNE) u sklopu ŽCGO Lećevica i pretovarnih stanica u Splitsko-dalmatinskoj županiji i elaborirati povezane učinke na planiranje, financiranje i realizaciju projekta.

Osim očekivanih pozitivnih finansijskih efekata proizvodnje električne energije čime će se u konačnici omogućiti i jeftinija komunalna usluga krajnjim korisnicima, ovakav pristup usmjeren je na očuvanje okoliša što je prioritetna zadaća sveobuhvatnog čitavog projekta ŽCGO.

Trenutno je za potrebe razvoja projekta ŽCGO Lećevica u izradi Studija izvodivosti koja prema svom projektnom zadatku ne obuhvaća tehno-ekonomsku analizu izgradnje FNE u sklopu ŽCGO i pretovarnih stanica.

2. Opseg poslova i aktivnosti

U svrhu dopune ulaznih podataka za Studiju izvodivosti (SI) i konzultacija do zaključenja SI te kao podlogu za izradu projektne dokumentacije, Izvoditelj će izvršiti sljedeće usluge:

- 1) Izrada tehno-ekonomske podloge za SI na hrvatskom jeziku u formi cjelovitog elaborata, koja će uključiti varijantna rješenja i povezane efekte izgradnje fotonaponskih elektrana u sklopu

ŽCGO-a i na pretovarnim stanicama, a koja će poslužiti kao tehno-ekonomska podloga za analizu troškova i koristi u SI, izradu projektne dokumentacije i ostale potrebe Investitora.

- 2) Izrada izvataka iz elaborata pod 1) na engleskom jeziku, koji će obuhvatiti najbitnije elemente za uključivanje u SI.
- 3) Stručni konzalting vezan za implementaciju rezultata navedene Tehno-ekonomske podloge u SI, u suradnji sa Investitorom i izrađivačima SI.

Fotonaponsku elektranu je moguće predvidjeti na krovovima planiranih objekata ŽCGO-a, te analizirati mogućnost izgradnje na prostoru za odlaganje otpadnog materijala.

Osim planiranja fotonaponske elektrane na području ŽCGO moguće je u isto planirati na šest (6) odvojenih pretovarnih stanica koje se planiraju na području SDŽ, na način da se predvide dva različita tipska rješenja (napajanje električnom energijom iz FNE u kombinaciji sa električnom mrežom, te autonomno napajanje iz FNE u kombinaciji sa baterijama i/ili dizel agregatom).

2.1 Okvirni sadržaj tehno-ekonomske podloge za Studiju izvodivosti

Sadržaj tehno-ekonomske podloge (elaborata) predviđa okvirno slijedeći sadržaj:

1. Sažetak elaborata za potrebe SI
2. Osnovna razmatranja i opcije mogućnosti korištenja sunčeve energije na području odlagališta otpada i pretovarnih stanica
3. Općenita analiza tehnologija izvedbe FNE i FN modula uz načelne preporuke
4. Idejno rješenje FNE ŽCGO:
 - Pregled potencijalnih lokacija za instalaciju FN modula
 - Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčev dijagram
 - Analiza dostavljenih podataka o potrošnji električne energije ŽCGO
 - Planiranje vršne snage i okvirne godišnje proizvodnje električne energije
 - Varijantna rješenja i odabir osnovnog rješenja za krovne površine
 - Varijantna rješenja i odabir osnovnog rješenja za montažu na tlu, ovisno o etapnosti formiranja odlagališta:
 - o prva faza: izgradnja FNE na slobodnim površinama koje će se koristiti za odlaganje u kasnijim fazama,
 - o druga faza: premještanje FNE na uređenim pokrovima odlagališta realiziranim u ranijim fazama
 - Načelna dispozicija FNE
 - Preporuka za tehničke karakteristike sastavnica FNE
 - Proračun proizvodnje električne energije:

- analiza i proračun očekivane proizvodnje (proračun se mora izvesti u licenciranom programskom alatu s detaljnim parametrima modula i invertera, sa 3D simulacijama s rasporedom FN panela, uvažavajući zasjenjenja i klimatske uvjete prema javno dostupnim podacima)
 - analiza gubitaka sustava
 - procjena utjecaja degradacije na dugoročnu proizvodnju
 - Procjena energetske bilance proizvodnje i potrošnje električne energije
 - Procjena izbjegnutih troškova električne energije koja će se koristiti za vlastitu potrošnju i prihoda od prodaje viškova električne energije predane u mrežu
 - Analiza osnovnih zahtjeva za priključak na elektroenergetsku mrežu
 - Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova
 - Procjena troškova upravljanja i održavanja
 - Zaključak
5. Idejno rješenje fotonaponskih elektrana FNE Pretovarna stanica 1-6:
- Pregled potencijalnih lokacija za instalaciju FN modula
 - Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacija i sunčevi dijagrami
 - Analiza raspoloživih podataka o potrošnji električne energije u varijantama sa električnim napajanjem svih potrošača i varijanti s pogonom glavnih strojeva preko diezel motora
 - Mogućnosti napajanja električnom energijom:
 - napajanje električnom energijom iz FNE u kombinaciji sa električnom mrežom
 - autonomno napajanje iz FNE u kombinaciji sa baterijskim sklopolom i/ili dizel agregatom
 - Planiranje vršne snage i okvirne godišnje proizvodnje električne energije
 - Varijantna rješenja i odabir osnovnog rješenja
 - Načelna dispozicija FNE
 - Preporuka za tehničke karakteristike sastavnica FNE
 - Proračun proizvodnje električne energije:
 - analiza i proračun očekivane proizvodnje (proračun se mora izvesti u licenciranom programskom alatu s detaljnim parametrima modula i invertera, sa 3D simulacijama s rasporedom FN panela, uvažavajući zasjenjenja i klimatske uvjete prema javno dostupnim podacima)
 - analiza gubitaka sustava
 - procjena utjecaja degradacije na dugoročnu proizvodnju
 - Procjena energetske bilance proizvodnje i potrošnje električne energije
 - Procjena izbjegnutih troškova električne energije koja će se koristiti za vlastitu potrošnju i prihoda od prodaje viškova električne energije predane u mrežu

- Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova
 - Procjena troškova upravljanja i održavanja
 - Zaključak
6. Grafički prilozi

2.2 Izrada izvata na engleskom jeziku za uključivanje u Studiju izvodivosti

Za potrebe SI, Izvoditelj će pripremiti sažetak cijelovitog elaborata na engleskom jeziku koji će se dostaviti izradivačima SI za uvrštenje u istu, te kao podloga za izradu analize troškova i koristi. U slučaju zahtjeva izrađivača SI, Izvoditelj će dopuniti sažetak.

2.3 Obaveze u sklopu stručnog konzaltinga

Za vrijeme izrade Studije, kao i nakon izrade studije sve do zaključenja SI, Izvoditelj ima obavezu stručnog konzaltinga po pitanju rezultata i implementacije rezultata navedene Tehno-ekonomiske podloge u SI. Navedeno uključuje:

- preliminarne konzultacije s Investitorom i izrađivačima SI,
- isporuka i prezentacija preliminarnih rezultata Studije za potrebe obrade SI,
- koordinacija prikaza rješenja i izlaznih podataka sa izrađivačima SI,
- dodatna pojašnjenja po upitu Investitora.

3. Očekivani rezultati

Krajnji rezultat isporuke Izvoditelja je elaborat kao stručna podloga na razini dostatnoj i mjerodavnoj za ocjenu prihvatljivosti korištenja obnovljivog izvora električne energije iz sunčevog zračenja po kriterijima SI, te kao dovoljna podloga za izradu analize troškova i koristi u SI.

Od Izvoditelja se očekuje aktivna suradnja s predstavnicima Investitora i drugim osobama koje odredi Investitor. Investitor zadržava pravo provjere i revizije izrađenih dokumenata, a Izvoditelj preuzima obavezu uvažiti primjedbe Investitora i u skladu s njima ažurirati iste u razumnom roku.

4. Raspoložive podloge

Investitor će osigurati da se Izvoditelju stavi na raspolaganje raspoloživa dokumentacija u obimu kojem ocijeni da je potreban Izvoditelju za traženu uslugu, što minimalno uključuje:

- Situaciju ŽCGO-a u .dwg formatu
- Karakteristike krovnih površina planiranih objekata ŽCGO,
- Dimenzije kazeta za odlaganje otpada,
- Faznost gradnje/punjena odlagališta otpada,

- Situacije pretovarnih stanica u .dwg formatu
- Karakteristike krovnih površina pretovarnih stanica
- Karakteristične mjesecne planove i procjenu dnevne dinamike potrošnje električne energije za ŽCGO i pretovarnih stanica, uključujući očekivana vršna opterećenja
- Raspoloživu dokumentaciju koja opisuje tehnološki proces vezan za potrošnju električne energije i onečišćenja koja mogu imati utjecaja na proizvodnju FNE
- Potrošnja/snaga odvojeno glavnih strojeva i „sporednih“ potrošača za pretovarne stanice i moguća rješenja napajanja glavnih strojeva.

5. Rokovi za početak/dovršetak aktivnosti

Rok za početak specificiranih aktivnosti je odmah po obavijesti o odabiru Izvoditelja.

Rok za prvi koordinacijski sastanak sa investitorom i po potrebi projektantima i izrađivačima SI je 7 dana od obavijesti o odabiru Izvoditelja.

Rok za isporuku i prezentaciju preliminarnih rezultata za potrebe obrade SI je 25 dana od obavijesti o odabiru izvoditelja i dostave podloga.

Rok za isporuku i prezentaciju dogotovljenog sažetka elaborata na hrvatskom i engleskom jeziku za potrebe SI je 40 dana od obavijesti o odabiru izvoditelja i dostave podloga.

Rok za isporuku i prezentaciju dogotovljenog elaborata je 60 dana od obavijesti o odabiru Izvoditelja i dostave podloga.

Izvoditelj ostaje u obavezi za korekcije i dopune u skladu sa zahtjevima Investitora, te stručnog konzaltinga do zaključenja SI.

6. Plaćanje

Plaćanje će se izvršavati po ovjerenim situacijama u roku od 30 dana po ovjeri odgovorne osobe Investitora, sa sljedećom dinamikom:

1. situacija: 15% ugovorene cijene, nakon prvog koordinacijskog sastanka
2. (konačna) situacija: 85% ugovorene cijene po prihvaćanju SI.

SADRŽAJ

	Str.
SAŽETAK	28
Rezultati analize FNE u sklopu ŽCGO Lećevica	28
Rezultati analize FNE u za Pretovarne stanice	30
1 UVOD	33
1.1 Osnovno o projektu ŽCGO Lećevica	33
1.2 Predmet obrade studije	34
1.3 Mogućnosti korištenja sunčeve energije na području centra za gospodarenje otpadom Lećevica	34
1.4 Mogućnosti korištenja sunčeve energije na području pretovarnih stanica	35
2 OPĆENITA ANALIZA TEHNOLOGIJA IZVEDBE FNE I FN MODULA	36
2.1 Fotonaponske elektrane	36
2.2 Trenutni stupanj razvoja tehnologije FN modula	36
2.3 Fotonaponski moduli	38
2.3.1 Tehnologija bazirana na kristaličnom siliciju (c-Si)	40
2.3.2 Tanko-slojna (thin film) tehnologija	41
2.3.3 Preporuke kod odabira tehnologije FN modula	43
2.4 Montaža FN modula	44
2.5 Pretvarači (inverter)	48
2.6 Ostalo	49
2.7 Upravljanja i održavanje	50
3 IDEJNO RJEŠENJE FOTONAPONSKE ELEKTRANE ŽCGO	51
3.1 Pregled potencijalnih lokacija za instalaciju FN modula	51
3.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčev dijagram	52
3.2.1 Opći podaci	52
3.2.2 Osnovni podaci o ozračenosti iz javno dostupnih izvora	53
3.2.3 Energetski potencijal lokacije	55
3.3 Analiza dostavljenih podataka o potrošnji električne energije ŽCGO	56
3.4 Varijantna rješenja FN elektrana i odabir osnovnog rješenja za krovne površine	60

3.5 Preporuka za tehničke karakteristike sastavnica SE	64
3.6 Proračun proizvodnje električne energije	68
3.6.1 Proračun proizvodnje električne energije za prvu godinu rada SE	68
3.6.1.1 Osnovne postavke	68
3.6.1.2 Pogon za mehaničku obradu otpada	73
3.6.1.3 Nadstrešnica otvorenog kompostiranja	74
3.6.1.4 Pogon za biološku obradu otpada	75
3.6.1.5 Postrojenje za obradu otpadnih voda	75
3.6.1.6 Reciklažno skladište	76
3.6.1.7 Servisni centar i praonica vozila	76
3.6.1.8 Upravna zgrada	76
3.6.2 FNE ŽCGO Lećevica -sumarno	77
3.6.3 Procjena utjecaja degradacije na dugoročnu proizvodnju ŽCGO Lećevica	77
3.7 Planiranje optimalne instalirane snage fotonaponske elektrane	78
3.7.1 Ulazni parametri	79
3.7.2 Procjena investicijskih troškova	80
3.7.3 Procjena operativnih troškova	82
3.7.4 Bilanca proizvodnje i potrošnje	83
3.7.4.1 Bilanca proizvodnje i potrošnje - Varijanta 1)	84
3.7.4.2 Bilanca proizvodnje i potrošnje - Varijanta 2)	86
3.7.5 Pokazatelji isplativosti	87
3.7.5.1 Analiza optimalne instalirane snage FNE - Varijanta 1)	87
3.7.5.2 Analiza optimalne instalirane snage FNE - Varijanta 2)	89
3.7.6 Analiza osjetljivosti odabira optimalne instalirane snage FNE	91
3.7.7 Zaključne preporuke	93
3.8 Analiza osnovnih zahtjeva za priključak FNE na elektroenergetsku mrežu	94
3.9 Rekapitulacija (izlazni podaci za studiju izvodljivosti)	96
4 IDEJNO RJEŠENJE FOTONAPONSKIH ELEKTRANA PRETOVARNIH STANICA	98
4.1 Opis osnovnih tehničkih procesa u pretovarnoj stanici s obzirom na potrošnju el. energije	98
4.1.1 Trakasti transporter	99
4.1.2 Poluprikolica	100
4.1.3 Potrošnja električne energije, angažirana snaga radnih strojeva i ostala oprema PS	101

4.2 Mogućnosti napajanja električnom energijom	103
4.2.1 Osnovne varijante	103
4.2.2 Varijanta 1) - klasični priključak na elektroenergetsku mrežu	104
4.2.3 Varijanta 2) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom	105
4.2.3.1 Karakteristike varijante	105
4.2.3.2 Procjena investicijskih i troškova održavanja	107
4.2.4 Varijanta 3) - otočni pogon, napajanje manjeg dijela potrošnje PS električnom energijom	110
4.2.4.1 Karakteristike varijante	110
4.2.4.2 Procjena investicijskih troškova i troškova održavanja	111
4.2.5 Varijanta 4) - otočni pogon, napajanje cjelokupne potrošnje PS električnom energijom	113
4.2.6 Rekapitulacija mogućih varijanti napajanja električnom energijom	114
4.3 Metodologija analize optimalnih rješenja	116
4.4 Osnovne pretpostavke smještaja i orijentacije FN sustava	117
4.5 Planiranje FN sustava za PS Brač	118
4.5.1 Lokacija PS Brač	118
4.5.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčevi dijagrami	119
4.5.3 Analiza raspoloživih podataka o potrošnji električne energije	120
4.5.4 Analiza varijantnih rješenja i odabir osnovnog rješenja napajanja PS	122
4.5.4.1 Varijanta napajanja 1b) - klasični priključak na elektroenergetsku mrežu – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom	122
4.5.4.2 Varijanta 2b) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom	124
4.5.4.3 Varijanta napajanja 3) - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom	127
4.5.5 Odabir optimalne varijante	129
4.5.6 Analiza rada sustava za predloženu varijantu	130
4.5.7 Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova	133
4.5.8 Procjena troškova upravljanja i održavanja	134
4.5.9 Zaključak	136
4.6 Planiranje FN sustava za PS Hvar	137
4.6.1 Lokacija PS Hvar	137

4.6.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčevi dijagrami	137
4.6.3 Analiza raspoloživih podataka o potrošnji električne energije	139
4.6.4 Analiza varijantnih rješenja i odabir osnovnog rješenja napajanja PS	141
4.6.4.1 Varijanta napajanja 1b) - klasični priključak na elektroenergetsку mrežu – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom	141
4.6.4.2 Varijanta 2b) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom	143
4.6.4.3 Varijanta napajanja 3) - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom	146
4.6.5 Odabir optimalne varijante	148
4.6.6 Analiza rada sustava za predloženu varijantu	149
4.6.7 Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova	153
4.6.8 Procjena troškova upravljanja i održavanja	154
4.6.9 Zaključak	156
4.7 Planiranje FN sustava za PS Sinj	157
4.7.1 Lokacija PS Sinj	157
4.7.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčevi dijagrami	157
4.7.3 Analiza raspoloživih podataka o potrošnji električne energije	159
4.7.4 Analiza varijantnih rješenja i odabir osnovnog rješenja napajanja PS	161
4.7.4.1 Varijanta napajanja 1a) - klasični priključak na elektroenergetsku mrežu - svi potrošači PS napajaju se električnom energijom	161
4.7.4.2 Varijanta 2a) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom - svi potrošači PS napajaju se električnom energijom	163
4.7.4.3 Varijanta napajanja 3) - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom	166
4.7.5 Odabir optimalne varijante	167
4.7.6 Analiza rada sustava za predloženu varijantu	169
4.7.7 Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova	171
4.7.8 Procjena troškova upravljanja i održavanja	172
4.7.9 Zaključak	174
4.8 Planiranje FN sustava za PS Split	175
4.8.1 Lokacija PS Split	175

4.8.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčevi dijagrami	175
4.8.3 Analiza raspoloživih podataka o potrošnji električne energije	177
4.8.4 Analiza varijantnih rješenja i odabir osnovnog rješenja napajanja PS	179
4.8.4.1 Varijanta napajanja 1a) - klasični priključak na elektroenergetsку mrežu - svi potrošači PS napajaju se električnom energijom	179
4.8.4.2 Varijanta 2a) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – svi potrošači PS napajaju se električnom energijom	180
4.8.4.3 Varijanta napajanja 3) - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom	183
4.8.5 Odabir optimalne varijante	183
4.8.6 Analiza rada sustava za predloženu varijantu	185
4.8.7 Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova	187
4.8.8 Procjena troškova upravljanja i održavanja	188
4.8.9 Zaključak	190
4.9 Planiranje FN sustava za PS Vis	191
4.9.1 Lokacija PS Vis	191
4.9.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčevi dijagrami	191
4.9.3 Analiza raspoloživih podataka o potrošnji električne energije	193
4.9.4 Analiza varijantnih rješenja i odabir osnovnog rješenja napajanja PS	195
4.9.4.1 Varijanta napajanja 1b) - klasični priključak na elektroenergetsku mrežu – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom	195
4.9.4.2 Varijanta 2b) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom	197
4.9.4.3 Varijanta napajanja 3) - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom	200
4.9.5 Odabir optimalne varijante	202
4.9.6 Analiza rada sustava za predloženu varijantu	204
4.9.7 Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova	206
4.9.8 Procjena troškova upravljanja i održavanja	207
4.9.9 Zaključak	209
4.10 Planiranje FN sustava za PS Zagvozd	210
4.10.1 Lokacija PS Zagvozd	210

4.10.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčevi dijagrami	210
4.10.3 Analiza raspoloživih podataka o potrošnji električne energije	212
4.10.4 Analiza varijantnih rješenja i odabir osnovnog rješenja napajanja PS	214
4.10.4.1 Varijanta napajanja 1 b) - klasični priključak na elektroenergetsку mrežu – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom	214
4.10.4.2 Varijanta 2b) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom - samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom	216
4.10.4.3 Varijanta napajanja 3) - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom	219
4.10.5 Odabir optimalne varijante	221
4.10.6 Analiza rada sustava za predloženu varijantu	223
4.10.7 Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova	226
4.10.8 Procjena troškova upravljanja i održavanja	227
4.10.9 Zaključak	229
4.11 Rekapitulacija	230

POPIS TABLICA

Tablica 2-1 Potrebne površine za različite tehnologije FN modula	43
Tablica 2-2 Reprezentativne karakteristike p-Si FN modula	44
Tablica 2-3 Ovisnost proizvodnje o azimu i kutu nagiba modula	46
Tablica 3-1 Potencijalne krovne površine ŽCGO Lećevica za montažu FN modula	60
Tablica 3-2 Procjena potrebne površine i specifične proizvodnje u odnosu na način montaže FN modula	62
Tablica 3-3 Procjena instalirane snage potencijalnih krovnih površina ŽCGO Lećevica	63
Tablica 3-4 Mjesečni projekti temperatura i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji ŽCGO Lećevica	68
Tablica 3-5 Proračun proizvodnje električne energije FNE Pogona za mehaničku obradu otpada ŽCGO Lećevica - sažetak	74
Tablica 3-6 Proračun proizvodnje električne energije FNE Nadstrešnica otvorenog kompostiranja ŽCGO Lećevica - sažetak	75
Tablica 3-7 Proračun proizvodnje električne energije FNE Pogona za biološku obradu otpada ŽCGO Lećevica - sažetak	75
Tablica 3-8 Proračun proizvodnje električne energije FNE Postrojenje za obradu otpadnih voda ŽCGO Lećevica - sažetak	75
Tablica 3-9 Proračun proizvodnje električne energije FNE Reciklažnog skladišta ŽCGO Lećevica - sažetak	76
Tablica 3-10 Proračun proizvodnje električne energije FNE Servisni centar i praonica vozila ŽCGO Lećevica - sažetak	76
Tablica 3-11 Proračun proizvodnje električne energije FNE Upravna zgrada ŽCGO Lećevica - sažetak	76
Tablica 3-12 Maksimalna instalirana snaga i proizvodnja električne energije ŽCGO Lećevica - sumarno	77
Tablica 3-13 Procjena cijena električne energije za kupnju iz mreže i prodaju u mrežu	79
Tablica 3-14 Procjena investicijskih troškova za FNE prema Varijanti 1) i 2)	81
Tablica 3-15 Zajednički ulazni financijski parametri	87
Tablica 3-16 Sumarni pregled parametara predložene FNE u Varijanti 1)	89
Tablica 3-17 Sumarni pregled parametara predložene FNE u Varijanti 2)	90
Tablica 3-18 Sumarni pregled varijanti i osnovni pokazatelji isplativosti za predložene instalirane snage	93
Tablica 3-19 Pretpostavljena potrošnja i vršna snaga ŽCGO Lećevica	96

Tablica 3-20 Prepostavljene cijene električne energije za ŽCGO Lećevica	96
Tablica 3-21 Optimalna instalirana snaga FNE, te procijenjena proizvodnja i površina	96
Tablica 3-22 Investicijski i operativni troškovi FNE	96
Tablica 3-23 Bilance proizvodnje FNE ŽCGO Lećevica	97
Tablica 4-1 Dostavljeni tehnički podaci trakastog transportera	100
Tablica 4-2 Dostavljeni tehnički podaci poluprikolice	101
Tablica 4-3 Tipske cijene izgradnje priključka	104
Tablica 4-4 Procjena cijena električne energije za kupnju iz mreže i prodaju u mrežu	106
Tablica 4-5 Varijabilni i fiksni investicijski troškovi izgradnje FNE – Varijanta 2)	108
Tablica 4-6 Operativni troškovi rada FNE - Varijante 2)	109
Tablica 4-7 Zbirni prikaz CAPEX i OPEX troškova ovisno o instaliranoj snazi sustava	109
Tablica 4-8 Varijabilni i fiksni investicijski troškovi	112
Tablica 4-9 Procijenjeni redovni troškovi održavanja	112
Tablica 4-10 Procijenjeni jednokratni troškovi u budućnosti	112
Tablica 4-11 Ukupni investicijski te troškovi održavanja i osiguranja za različite instalirane snage i kapacitet baterija	113
Tablica 4-12 Procijenjeni jednokratni troškovi zamjene invertera i baterija u budućnosti	113
Tablica 4-13 Rekapitulacija mogućih varijanti napajanja električnom energijom	115
Tablica 4-14 Osnovni ulazni parametri u programskom paketu HOMER	116
Tablica 4-15 Mjesečni projekti temperatura i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji PS Brač	120
Tablica 4-16 Troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu	123
Tablica 4-17 Procjena godišnjih troškova električne energije	123
Tablica 4-18 Procjena godišnjih troškova pogona radnih strojeva	124
Tablica 4-19 Bilanca proizvodnje i potrošnje	124
Tablica 4-20 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije	125
Tablica 4-21 Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava	126
Tablica 4-22 Efektivni godišnji troškovi el. energije uz rad FN sustava	126
Tablica 4-23 Optimalna veličina komponenti sustava	127
Tablica 4-24 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije	128
Tablica 4-25 Sumarni prikaz investicijskih i operativnih troškova po varijantama	129
Tablica 4-26 Investicijski troškovi - Varijanta 3)	133

Tablica 4-27 Procijenjeni troškovi održavanja	134
Tablica 4-28 Prikaz procijenjenih troškova održavanja po godinama rada	135
Tablica 4-29 Konfiguracija sustava za PS Brač	136
Tablica 4-30 Investicijski troškovi izgradnje otočnog pogona s FN sustavom snage 12 kWp	136
Tablica 4-31 Operativni troškovi FNE	136
Tablica 4-32 Mjesečni projekti temperatura i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji PS Hvar	138
Tablica 4-33 Troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu – PS Hvar	142
Tablica 4-34 Procjena godišnjih troškova električne energije	142
Tablica 4-35 Procjena godišnjih troškova pogona radnih strojeva	143
Tablica 4-36 Bilanca proizvodnje i potrošnje	143
Tablica 4-37 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije	144
Tablica 4-38 Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava	145
Tablica 4-39 Efektivni godišnji troškovi el. energije uz rad FN sustava	145
Tablica 4-40 Optimalna veličina komponenti sustava	146
Tablica 4-41 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije	147
Tablica 4-42 Sumarni prikaz investicijskih i operativnih troškova po varijantama	148
Tablica 4-43 Investicijski troškovi - Varijanta 3)	153
Tablica 4-44 Procijenjeni troškovi održavanja	154
Tablica 4-45 Prikaz procijenjenih troškova održavanja po godinama rada	155
Tablica 4-46 Konfiguracija sustava za PS Hvar	156
Tablica 4-47 Investicijski troškovi izgradnje otočnog pogona s FN sustavom snage 13 kWp	156
Tablica 4-48 Operativni troškovi FNE	156
Tablica 4-49 Mjesečni projekti temperatura i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji PS Sinj	158
Tablica 4-50 Troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu – PS Sinj	162
Tablica 4-51 Procjena godišnjih troškova električne energije	162
Tablica 4-52 Bilanca proizvodnje i potrošnje	163
Tablica 4-53 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije	164
Tablica 4-54 Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava	165
Tablica 4-55 Efektivni godišnji troškovi el. energije uz rad FN sustava	165
Tablica 4-56 Optimalna veličina komponenti sustava	166

Tablica 4-57 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije	167
Tablica 4-58 Sumarni prikaz investicijskih i operativnih troškova po varijantama	168
Tablica 4-59 Investicijski troškovi - Varijanta 2b)	171
Tablica 4-60 Procijenjeni troškovi održavanja	172
Tablica 4-61 Prikaz procijenjenih troškova el. energije i održavanja po godinama rada	173
Tablica 4-62 Konfiguracija sustava za PS Sinj	174
Tablica 4-63 Investicijski troškovi izgradnje FNE instalirane snage 30 kWp	174
Tablica 4-64 Operativni troškovi FNE	174
Tablica 4-65 Mjesečni procjeci temperatura i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji PS Split	176
Tablica 4-66 Troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu	180
Tablica 4-67 Procjena godišnjih troškova električne energije	180
Tablica 4-68 Bilanca proizvodnje i potrošnje	181
Tablica 4-69 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije	181
Tablica 4-70 Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava	182
Tablica 4-71 Efektivni godišnji troškovi el. energije uz rad FN sustava	183
Tablica 4-72 Sumarni prikaz investicijskih i operativnih troškova po varijantama	184
Tablica 4-73 Investicijski troškovi - Varijanta 2a)	187
Tablica 4-74 Procijenjeni troškovi održavanja	188
Tablica 4-75 Prikaz procijenjenih troškova održavanja po godinama rada	189
Tablica 4-76 Konfiguracija sustava za PS Split	190
Tablica 4-77 Investicijski troškovi izgradnje FNE instalirane snage 95 kWp	190
Tablica 4-78 Operativni troškovi FNE	190
Tablica 4-79 Mjesečni procjeci temperatura i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji PS Vis	192
Tablica 4-80 Troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu	196
Tablica 4-81 Procjena godišnjih troškova električne energije	196
Tablica 4-82 Procjena godišnjih troškova pogona radnih strojeva	196
Tablica 4-83 Bilanca proizvodnje i potrošnje	197
Tablica 4-84 Procjena investicijskih i operativnih troškova FN sustava i pogona radnih strojeva	198
Tablica 4-85 Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava	199
Tablica 4-86 Efektivni godišnji troškovi el. energije uz rad FN sustava	200

Tablica 4-87 Optimalna veličina komponenti sustava	201
Tablica 4-88 Procjena godišnjih i operativnih troškova otočnog sustava i pogona radnih strojeva	202
Tablica 4-89 Sumarni prikaz investicijskih i operativnih troškova po varijantama	203
Tablica 4-90 Investicijski troškovi - Varijanta 2b)	206
Tablica 4-91 Procijenjeni troškovi održavanja	207
Tablica 4-92 Prikaz procijenjenih troškova održavanja po godinama rada	208
Tablica 4-93 Konfiguracija sustava za PS Vis	209
Tablica 4-94 Investicijski troškovi izgradnje FNE instalirane snage 8 kWp	209
Tablica 4-95 Operativni troškovi izgradnje FNE	209
Tablica 4-96 Mjesečni projekti temperatura i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji PS Zagvozd	211
Tablica 4-97 Troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu – PS Zagvozd	215
Tablica 4-98 Procjena godišnjih troškova električne energije	215
Tablica 4-99 Procjena godišnjih troškova pogona radnih strojeva	216
Tablica 4-100 Bilanca proizvodnje i potrošnje	216
Tablica 4-101 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije	217
Tablica 4-102 Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava	218
Tablica 4-103 Efektivni godišnji troškovi el. energije uz rad FN sustava	218
Tablica 4-104 Optimalna veličina komponenti sustava	220
Tablica 4-105 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije	221
Tablica 4-106 Sumarni prikaz investicijskih i operativnih troškova po varijantama	222
Tablica 4-107 Investicijski troškovi - Varijanta 3)	226
Tablica 4-108 Procijenjeni operativni troškovi	227
Tablica 4-109 Prikaz procijenjenih troškova održavanja po godinama rada	228
Tablica 4-110 Konfiguracija sustava za PS Zagvozd	229
Tablica 4-111 Investicijski troškovi izgradnje otočnog pogona s FN sustavom snage 14 kWp	229
Tablica 4-112 Operativni troškovi izgradnje FNE	229
Tablica 4-113 Konačne preporuke za rješenje napajanja pretovarnih stanica	230

POPIS SLIKA

Slika 1-1 Lokacije ŽCGO Lećevica i pretovarnih stanica u Splitsko-dalmatinskoj županiji	33
Slika 2-1 Godišnji prikaz novoinstaliranih fotonaponskih elektrana	37
Slika 2-2 Utjecaj promjene intenziteta zračenja na električne parametre FN modula	39
Slika 2-3 Temperaturna osjetljivost FN modula	39
Slika 2-4 Utjecaj zasjenjenja na U/I karakteristiku c-Si FN modula	40
Slika 2-5 Izgled m-Si (lijevo) i p-Si (desno) FN modula	41
Slika 2-6 Prikaz tehnologije FN modula na bazi CdTe (lijevo), tandem a-Si (sredina), a-Si (desno)	42
Slika 2-7 Relativni odnos povećanja proizvodnje FN sustava povećanjem kuta nagiba modula	45
Slika 2-8 Načelni raspored redova panela i kut štićenja od zasjenjenja FN modula	46
Slika 2-9 FN moduli montirani na način da prate nagib kosog krova	47
Slika 2-10 FN moduli montirani na način da prate nagib kosog krova	47
Slika 2-11 Različite vrste pretvarača s obzirom na grupiranje FN modula	49
Slika 3-1 Situacijski prikaz potencijalnih krovova ŽCGO Lećevica	51
Slika 3-2 Prikaz globalne i difuzne ozračenosti tijekom tipičnog sunčanog dana	53
Slika 3-3 Srednja globalna godišnja ozračenost vodoravne plohe na području Republike Hrvatske	53
Slika 3-4 Usporedba horizontalne globalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora	54
Slika 3-5 Omjer difuzne i globalne ozračenosti na temelju podataka iz javno dostupnih izvora	55
Slika 3-6 Godišnja energija globalnog zračenja na plohu pod kutom od 0°, 15° i 35°	56
Slika 3-7 Planirane mjesečne količine otpada u ŽCGO Lećevica	57
Slika 3-8 Broj radnih sati u danu za postrojenja mehaničke i biološke obrade otpada	57
Slika 3-9 Satene vrijednosti potrošnje ŽCGO modelirane kroz cijelu godinu	58
Slika 3-10 Prosječni profili potrošnje po mjesecima za radne dane i vikende	59
Slika 3-11 Procjena prosječne mjesečne potrošnje u VT i NT za ŽCGO	60
Slika 3-12 FN moduli na kosom krovu (5°) – tlocrt pogona za mehaničku obradu otpada	61
Slika 3-13 FN moduli na kosom krovu (5°) – presjek krova pogona za mehaničku obradu otpada	62
Slika 3-14 Relativni odnosi između ponuđenih varijanti za montažu FN modula	63
Slika 3-15 Načelna shema FNE ŽCGO Lećevica	64
Slika 3-16 Prikaz pozicije montaže pretvarača, na fasadi objekta (lijevo) te na krovu objekta (desno)	65
Slika 3-17 Izvedba montažne konstrukcije na limenim kosim krovovima za Varijantu 1	66

Slika 3-18 Prikaz montažne konstrukcije i ugrađenih FN modula na kosom limenom krovu za Varijantu 1)	67
Slika 3-19 Izvedba montažne konstrukcije na limenim kosim krovovima za Varijantu 2)	67
Slika 3-20 Prikaz montažne konstrukcije i ugrađenih FN modula na kosom limenom krovu za Varijantu 2)	68
Slika 3-21 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji ŽCGO Lećevica za FN module nagiba 5° s azimutom +90°	69
Slika 3-22 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji ŽCGO Lećevica za FN module nagiba 5° s azimutom -90°	69
Slika 3-23 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji ŽCGO Lećevica za FN module nagiba 15° s azimutom 0°	70
Slika 3-24 3D model objekta MO i FNE – Varijanta 1) (FN modul s nagibom 5° i azimutom ±90°)	71
Slika 3-25 3D model objekta MO i FNE – Varijanta 2) (FN modul s nagibom 15° i azimutom 0°)	71
Slika 3-26 Procjena proizvodnje – Varijanta 1) (FN modul s nagibom 5° i azimutom ±90°)	73
Slika 3-27 Procjena proizvodnje – Varijanta 2) (FN modul s nagibom 15° i azimutom 0°)	74
Slika 3-28 Degradacija snage FN modula za pretpostavljeni 25-godišnji životni vijek elektrane	78
Slika 3-29 Procjena kretanja investicijskih troškova ovisno o instaliranoj snazi – Varijanta 1)	81
Slika 3-30 Procjena kretanja investicijskih troškova ovisno o instaliranoj snazi – Varijanta 2)	82
Slika 3-31 Procjena kretanja troškova upravljanja, održavanja i osiguranja ovisno o instaliranoj snazi	83
Slika 3-32 Preklopljeni dijagrami potrošnje i proizvodnje kroz jedan tjedan – ilustrativni primjer	84
Slika 3-33 Bilanca proizvodnje električne energije ovisno o instaliranoj snazi – Varijanta 1)	85
Slika 3-34 Bilanca potrošnje električne energije ovisno o instaliranoj snazi – Varijanta 1)	85
Slika 3-35 Bilanca proizvodnje električne energije ovisno o instaliranoj snazi – Varijanta 2)	86
Slika 3-36 Bilanca potrošnje električne energije ovisno o instaliranoj snazi – Varijanta 2)	86
Slika 3-37 Ovisnost interne stope povrata (IRR) i sadašnje vrijednosti projekta (NPV) o instaliranoj snazi	88
Slika 3-38 Ovisnost vremena povrata o instaliranoj snazi	88
Slika 3-39 Ovisnost interne stope povrata (IRR) i sadašnje vrijednosti projekta (NPV) o instaliranoj snazi	89
Slika 3-40 Ovisnost vremena povrata o instaliranoj snazi	90
Slika 3-41 Grafički prikaz ovisnosti instalirane snage FNE o promjeni ulaznih parametara – Varijanta 1)	91

Slika 3-42 Grafički prikaz ovisnosti instalirane snage FNE o promjeni ulaznih parametara - Varijanta 2)	92
Slika 3-43 Shematski prikaz priključka na mrežu FNE u sklopu ŽCGO	95
Slika 4-1 Shematski prikaz osnovnih dijelova pretovarne stanice	99
Slika 4-2 Planirane pretovarne količine otpada za pretovarne stanice	102
Slika 4-3 Načelna shema napajanja PS - Varijanta 1)	104
Slika 4-4 Načelna shema napajanja PS - Varijanta 2)	107
Slika 4-5 Načelna shema napajanja PS - Varijanta 3)	111
Slika 4-6 Načelna shema napajanja PS - Varijanta 4)	114
Slika 4-7 3D model objekta PS sa razmještajem FN modula na ravnom krovu	117
Slika 4-8 Položaj lokacije PS Brač na ortofoto podlozi	118
Slika 4-9 Usporedba horizontalne globalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora	119
Slika 4-10 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji PS Brač	120
Slika 4-11 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Brač	121
Slika 4-12 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta a) - napajanje cjelokupne potrošnja PS	122
Slika 4-13 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta b) – napajanje opće potrošnje	122
Slika 4-14 Prikaz proračuna optimalnog rješenja sustava - programski paket HOMER Pro	127
Slika 4-15 Investicijski troškovi i operativni troškovi diskontirani na početnu godinu	129
Slika 4-16 Neto sadašnji trošak NPC za promatrane varijante	130
Slika 4-17 Načelna shema sustava napajanja PS Brač	130
Slika 4-18 Prosječne dnevne angažirane snage i udio proizvodnje dizel generatora – HOMER	131
Slika 4-19 Prosječne dnevni profili dostupne snage iz FNE - HOMER	131
Slika 4-20 Udio proizvodnje FNE, baterija i generatora u potrošnji	132
Slika 4-21 Udio proizvodnje u napajanju pojedinih komponenti sustava	133
Slika 4-22 Udio pojedinih troškova u ukupnoj investiciji	134
Slika 4-23 Ukupni troškovi održavanja – nediskontirano	135
Slika 4-24 Položaj lokacije PS Hvar na ortofoto podlozi	137
Slika 4-25 Usporedba horizontalne globalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora	138
Slika 4-26 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji PS Hvar	139
Slika 4-27 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Hvar	140

Slika 4-28 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta a) - napajanje cjelokupne potrošnja PS	141
Slika 4-29 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta b) – napajanje opće potrošnje	141
Slika 4-30 Prikaz proračuna optimalnog rješenja sustava - programski paket HOMER Pro	146
Slika 4-31 Investicijski troškovi i operativni troškovi diskontirani na početnu godinu	148
Slika 4-32 Neto sadašnji trošak NPC za promatrane varijante	149
Slika 4-33 Načelna shema sustava napajanja PS Hvar	150
Slika 4-34 Prosječne dnevne angažirane snage i udio proizvodnje dizel generatora – HOMER	151
Slika 4-35 Prosječne dnevni profili dostupne snage iz FNE - HOMER	151
Slika 4-36 Udio proizvodnje FNE, baterija i generatora u potrošnji	152
Slika 4-37 Udio proizvodnje u napajanju pojedinih komponenti sustava	153
Slika 4-38 Udio pojedinih troškova u ukupnoj investiciji	154
Slika 4-39 Ukupni troškovi održavanja – nediskontirano	155
Slika 4-40 Položaj lokacije PS Sinj na ortofoto podlozi	157
Slika 4-41 Usporedba horizontalne globalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora	158
Slika 4-42 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji PS Sinj	159
Slika 4-43 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Sinj	160
Slika 4-44 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta a) - napajanje cjelokupne potrošnje	161
Slika 4-45 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta b) – napajanje opće potrošnje	161
Slika 4-46 Prikaz proračuna optimalnog rješenja sustava - programski paket HOMER Pro	166
Slika 4-47 Investicijski troškovi operativni troškovi diskontirani na nultu godinu	168
Slika 4-48 Neto sadašnji trošak NPC za promatrane varijante	168
Slika 4-49 Načelna shema sustava napajanja PS Sinj	169
Slika 4-50 Prosječne dnevne angažirane snage i udio FN sustava – HOMER	169
Slika 4-51 Prosječni dnevni profili snage iz FNE - HOMER	170
Slika 4-52 Potrošnja PS Sinj i višak predan u mrežu	171
Slika 4-53 Udio troškova u ukupnoj investiciji	172
Slika 4-54 Ukupni troškovi održavanja – nediskontirano	173
Slika 4-55 Položaj lokacije PS Split na ortofoto podlozi	175

Slika 4-56 Usporedba horizontalne globalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora	176
Slika 4-57 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji PS Split	177
Slika 4-58 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Split	178
Slika 4-59 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta a) - napajanje cjelokupne potrošnje	179
Slika 4-60 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta b) – napajanje opće potrošnje	179
Slika 4-61 Investicijski troškovi i operativni troškovi kao udio u ukupnom iznosu NPC za promatrane varijante	184
Slika 4-62 Načelna shema sustava napajanja PS Split	185
Slika 4-63 Prosječne dnevne angažirane snage i udio FN sustava – HOMER	185
Slika 4-64 Prosječni dnevni profili snage iz FNE - HOMER	186
Slika 4-65 Potrošnja PS Split i višak predan u mrežu	187
Slika 4-66 Udio troškova u ukupnoj investiciji	188
Slika 4-67 Ukupni troškovi održavanja – nediskontirano	189
Slika 4-68 Položaj lokacije PS Vis na ortofoto podlozi	191
Slika 4-69 Usporedba horizontalne globalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora	192
Slika 4-70 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji PS Vis	193
Slika 4-71 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Vis	194
Slika 4-72 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta a) - napajanje cjelokupne potrošnja PS	195
Slika 4-73 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta b) – napajanje opće potrošnje	195
Slika 4-74 Prikaz proračuna optimalnog rješenja sustava - programski paket HOMER Pro	201
Slika 4-75 Investicijski troškovi i operativni troškovi diskontirani na nultu godinu	203
Slika 4-76 Neto sadašnji trošak NPC za promatrane varijante	203
Slika 4-77 Načelna shema sustava napajanja PS Vis	204
Slika 4-78 Prosječne dnevne angažirane snage i udio FN sustava – HOMER	205
Slika 4-79 Prosječni dnevni profili snage iz FNE - HOMER	205
Slika 4-80 Potrošnja PS Vis i višak predan u mrežu	206
Slika 4-81 Udio troškova u ukupnoj investiciji	207
Slika 4-82 Ukupni troškovi održavanja – nediskontirano	208

Slika 4-83 Položaj lokacije PS Zagvozd na ortofoto podlozi	210
Slika 4-84 Usporedba horizontalne globalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora	211
Slika 4-85 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji PS Zagvozd	212
Slika 4-86 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Zagvozd	213
Slika 4-87 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta a) - napajanje cjelokupne potrošnja PS	214
Slika 4-88 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta b) – napajanje opće potrošnje	214
Slika 4-89 Prikaz proračuna optimalnog rješenja sustava - programski paket HOMER Pro	219
Slika 4-90 Investicijski troškovi i operativni troškovi diskontirani na nultu godinu	222
Slika 4-91 Neto sadašnji trošak NPC za promatrane varijante	222
Slika 4-92 Načelna shema sustava napajanja PS Zagvozd	223
Slika 4-93 Prosječne dnevne angažirane snage i udio proizvodnje dizel generatora – HOMER	224
Slika 4-94 Prosječne dnevni profili dostupne snage iz FNE - HOMER	224
Slika 4-95 Udio proizvodnje FNE, baterija i generatora u potrošnji	225
Slika 4-96 Udio potrošnje dizel goriva	225
Slika 4-97 Udio troškova u ukupnoj investiciji	226
Slika 4-98 Ukupni troškovi održavanja – nediskontirano	228

SAŽETAK

U sklopu projekta ŽCGO Lećevica i pretovarnih stanica u Splitsko-dalmatinskoj županiji, Investitor Regionalni centar čistog okoliša d.o.o. planira instalaciju postrojenja za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora.

Predmet ove studije je analiza aspekata implementacije fotonaponskih elektrana (FNE) u sklopu rješenja napajanja električnom energijom ŽCGO Lećevica i pretovarnih stanica te osnovne tehničke preporuke za planiranje u kasnijim fazama razvoja projekta.

Rezultati analize FNE u sklopu ŽCGO Lećevica

Paralelno u pogonu sa električnom mrežom u sklopu ŽCGO moguće je planirati FN elektranu kojom bi se osigurao dio potreba za električnom energijom. U periodima kada je proizvodnja FN elektrane veća od potrošnje ŽCGO, višak električne energije plasirao bi se u distribucijsku mrežu, dok u periodima kada je proizvodnja FN elektrane manja od potrošnje, potrebna razlika osigurala bi se iz distribucijske mreže. Kako je cijena električne energije u smjeru potrošnje viša od očekivane otkupne cijene u slučaju plasmana viška električne energije u mrežu, pozitivan efekt postiže se sa višim udjelom direktno korištene električne energije unutar ŽCGO. Dakle, osnovni kriteriji za određivanje karakteristika FN sustava je optimizacija instalirane snage FN modula prema karakteristikama potrošnje ŽCGO na način da se postignu optimalni efekti prvenstveno gledajući bilancu apsolutnih efekata proizvodnje električne energije iz FN sustava spram smanjenja troškova električne energije iz mreže, uvažavajući sve ostale parametre vezane za investicijske i operativne troškove.

Za instalaciju FN modula primarno se preporučuju krovne površine ili nadstrešnice na planiranim objektima u sklopu ŽCGO. Prema dostavljenim podlogama, potencijalne krovne i nadstrešne površine ŽCGO Lećevica za montažu FN modula prikazane su u slijedećoj tablici.

Krovna površina objekata ŽCGO	Površina krova (m ²)
Nadstrešnica otvorenog kompostiranja	10.000
Pogon za mehaničku obradu otpada	8.750
Pogon za biološku obradu otpada	6.000
Postrojenje za obradu otpadnih voda	3.200
Reciklažno skladište	1.500
Servisni centar i praonica vozila	1.000
Upravna zgrada	450
Ukupna površina:	30.900

Za potrebe optimizacije i usporedbe varijantnih rješenja izvršena je analiza rada sustava temeljem detaljnih simulacija proizvodnje FNE i potrošnje ŽCGO, te finansijske analize čiji rezultati su poslužili kao kriterij za konačne preporuke. Ipak, potrebno je napomenuti da sama finansijska analiza nije predmet ove studije, te stoga ista nije mjerodavna za konačno vrednovanje isplativosti odabralih rješenja.

Montaža modula razmatrana je u dvije varijante prema kojima je vršena analiza godišnje proizvodnje i potrebne površina za optimalnu instaliranu snagu FN modula:

- Varijanta 1 – dvostrešni krov u smjeru istok-zapad (nagib 5°, i azimut ±90°)
- Varijanta 2 – ravni krov (nagib 15°, i azimut 0°)

Uspoređujući obje varijante, može se istaknuti da Varijanta 2 (nagib 15, azimut 0°) za optimalne instalirane snage daje nešto bolje rezultate u odnosu na Varijantu 1 (nagib 0, azimut ±90°).

U slijedećoj tablici dana je usporedba osnovnih pokazatelja isplativosti za predložene snage dviju promatranih varijanti.

Varijanta	Varijanta 1	Varijanta 2
Preporučena instalirana snaga	2,0 MW	1,8 MW
Potrebna površina	16.400 m ²	21.034 m ²
Ukupna godišnja proizvodnja	2.360 MWh	2.313 MWh
Omjer proizvodnje/potrošnje (7.000 MWh)	33,7%	33,0%
Udio proizvodnje koji se direktno koristi	92,6%	92,4%
Udio proizvodnje koji se prodaje u mrežu	7,4%	7,6%
Procijenjeno smanjenje preuzete energije iz mreže	31,3%	30,6%
Procijenjeni investicijski troškovi - CAPEX	1.910.000 €	1.821.600 €
Procijenjeni operativni troškovi - OPEX (1. god. rada)	17.190 €	16.935 €
Jednokratni troškovi zamjene pretvarača (u 12.god)	120.000 €	108.000 €
Neto sadašnja vrijednost projekta (disk. 5%)*	750.000 €*	787.242 €*
Interna stopa povrata – IRR (%)*	8,22 %*	8,52 %*
Vrijeme povrata investicije *	16,5 god*	15,9 god*

* Provedena finansijska analiza izvršena je za potrebe optimizacije i usporedbe predloženih varijanti i nije mjerodavna za konačno vrednovanje isplativosti odabranih rješenja jer navedeno nije predmet ove studije

Prema rezultatima proračuna načelno se preporuča se Varijanta 2) sa instaliranim snagom 1,8 MW. Međutim, uvažavajući male razlike u osnovnim finansijskim pokazateljima, u kasnijim fazama razvoja projekta također se može razmatrati i Varijanta 1 sa instaliranim snagom 2 MW, posebno u slučaju da se ista pokaže tehnički prihvatljivija s obzirom na buduća rješenja krovnih površina.

Treba napomenuti da je proračun temeljen na pretpostavljenoj potrošnji ŽCGO Lećevica od 7.000 kWh/god., te pretpostavljenim profilima prosječne potrošnje za radne dane i vikende. U praksi ove dvije pretpostavke mogu varirati što može utjecati na rezultate. Studijom je dana i analiza osjetljivosti koja je pokazala utjecaj promjene potrošnje i drugih parametara na optimizaciju FNE.

Preporučena instalirana snaga FNE manja je od procijenjene vršne snaga potrošnje ŽCGO koja se očekuje od cca 2.8 MW, tako da nije za očekivati da izgradnja FNE bitno utječe na investicijske troškove vezane za priključak na distribucijsku mrežu. U postupku priključenja na mrežu potrebno je proći određenu proceduru sa HEP ODS d.o.o., te je već u ovoj fazi uputno uključiti problematiku priključenje FNE u razmatranja. Za potrebe priključena FNE standardna procedura propisuje izradu Elaborata optimalnog rješenja priključenja (EOTRP) kojim se procjenjuje utjecaj na distribucijsku mrežu i definiraju uvjeti priključenja.

Rezultati analize FNE u za Pretovarne stanice

U sklopu projekta centara za županijsko gospodarenje otpadom (ŽCGO) Splitsko-dalmatinske županije predviđena je izgradnja šest pretovarnih stanica, i to na lokacijama u Splitu, Sinju, Zagvozdu, te na otocima Braču, Hvaru i Visu.

S obzirom na mogućnost napajanja potrošača u planiranim pretovarnim stanica razmatrane su četiri osnovne varijante:

- Varijanta 1) – klasični priključak na elektroenergetsku mrežu PS kao kupca električne energije – moguće su podvarijanate:
 - Varijanta 1a) - svi potrošači PS napajaju se električnom energijom,
 - Varijanta 1b) - električnom energijom napaja se samo opća potrošnja, a radni strojevi rade na dizel gorivo.
- Varijanta 2) – priključak na elektroenergetsku mrežu sa dodatnim instaliranim FN sustavom kupca/proizvođača električne energije – moguće su podvarijanate:
 - Varijanta 2a) - Svi potrošači PS napajaju se električnom energijom,
 - Varijanta 2b) - električnom energijom napaja se samo opća potrošnja a radni strojevi rade na dizel gorivo,
- Varijanta 3) – otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom iz FN sustava /baterija /dizel generatora uz rad velikih strojeva u PS direktno na dizel gorivo,
- Varijanta 4) – otočni pogon, napajanje cjelokupne potrošnje PS električnom energijom iz FN sustava /baterija /dizel generatora.

Za svaku pojedinu pretovarnu stanicu uvažene su specifičnosti vezane za procijenjene količine otpada, fiksnu potrošnju el. energije i mogućnost priključka na distribucijsku mrežu.

Temeljem detaljne razrade varijantna rješenja rangirana su po NPC kriteriju (eng. Net Present Cost), koji uz zadalu diskontnu stopu i stopu inflacije svodi sve troškove rada sustava tijekom životnog vijeka od 25 godina na nultu godinu. U slijedećoj tablici prikazana su preporuke za rješenje napajanja za svaku pojedinu pretovarnu stanicu.

	Preporučeno rješenje napajanja	Pojašnjenja / preporuke
PS Brač	<p><u>Varijanta 3)</u> - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom</p> <p>Otočni sustav:</p> <ul style="list-style-type: none"> - FN moduli <u>12 kW</u>. - Pretvarač <u>6 kW</u> - Dizel generator <u>7 kW</u> - Baterije <u>24x1695 Ah</u> 	<p>Kako u blizini lokacije nema razvijene niskonaponske mreže, a procijenjene količine otpada su relativno niske, preporuča se pogon radnih strojeva na dizel gorivo i izvedba otočnog sustava za napajanje opće potrošnje.</p> <p>Predložena snaga FN sustava od 12 kWp zahtjeva površinu za montažu od cca 180 m², te je prilikom razrade idejnog rješenja potrebno razmotriti moguće opcije smještaja FN modula. Također, potrebno je osigurati i prostor za baterije, dizel generator, pretvarače i ostalu opremu otočnog sustava.</p>
PS Hvar	<p><u>Varijanta 3)</u> - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom</p> <p>Otočni sustav:</p> <ul style="list-style-type: none"> - FN moduli <u>13 kWp</u>. - Pretvarač <u>6 kW</u> - Dizel generator <u>7 kW</u> - Baterije <u>24x1695 Ah</u> 	<p>Kako u blizini lokacije nema razvijene niskonaponske mreže, a procijenjene količine otpada su relativno niske, preporuča se pogon radnih strojeva na dizel gorivo i izvedba otočnog sustava za napajanje opće potrošnje.</p> <p>Predložena snaga FN sustava od 13 kWp zahtjeva površinu za montažu od cca 200 m², te je prilikom razrade idejnog rješenja potrebno razmotriti moguće opcije smještaja FN modula. Također, potrebno je osigurati i prostor za baterije, dizel generator, pretvarače i ostalu opremu otočnog sustava.</p>
PS Sinj	<p><u>Varijanta 2a)</u> - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – svi potrošači PS napajaju se električnom energijom</p> <p>FN sustav snage <u>30 kWp</u>.</p>	<p>S obzirom da je količina otpada blizu vrijednosti kod koje se više isplati planirati pogon radnih strojeva s el. energijom, uz analizu efekata uslijed eventualnih značajnijih porasta cijena goriva, preporučena je varijanta s pogonom radnih strojeva na električnu energiju sa FN sustavom snage 30 kW.</p> <p>Priključak PS Sinj izvodi iz obližnje gospodarske zone Kukuzovac te je procijenjeno da će troškovi biti obračunati prema stvarnom trošku izvedbe priključnog NN kabela. Navedeno je potrebno provjeriti s obzirom na dinamiku izgradnje zone, odnosno zonom planirane TS 10(20)0.4 kV u neposrednoj blizini PS.</p> <p>Predložena snaga FN sustava od 30 kWp zahtjeva površinu za montažu od cca 400 m² te je prilikom razrade idejnog rješenja potrebno razmotriti moguće opcije smještaja FN modula.</p>
PS Split	<p><u>Varijanta 2a)</u> - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – svi potrošači PS napajaju se električnom energijom</p> <p>FN sustav snage <u>95 kWp</u>.</p>	<p>S obzirom na velike godišnje količine otpada za ovu varijantu preporučen je pogon radnih strojeva na električnu energiju. U blizini se nalazi postojeća NN mreža, ali potrebno je provjeriti tehničke uvjete u mreži kako bi se točno utvrdili uvjeti priključka jer zbog relativno velike priključne snage postoji mogućnost da će biti potrebno povezivanje sa srednjenačkom mrežom.</p> <p>Predložena snaga FN sustava od 95 kWp zahtjeva površinu za montažu od cca 1250 m², te je prilikom razrade idejnog rješenja potrebno razmotriti moguća rješenja montaže. Svaki FN sustav manje snage također je prihvatljiv, tako da je preporuka da se tehnička rješenja objekata PS maksimalno prilagode za montažu FN modula.</p>

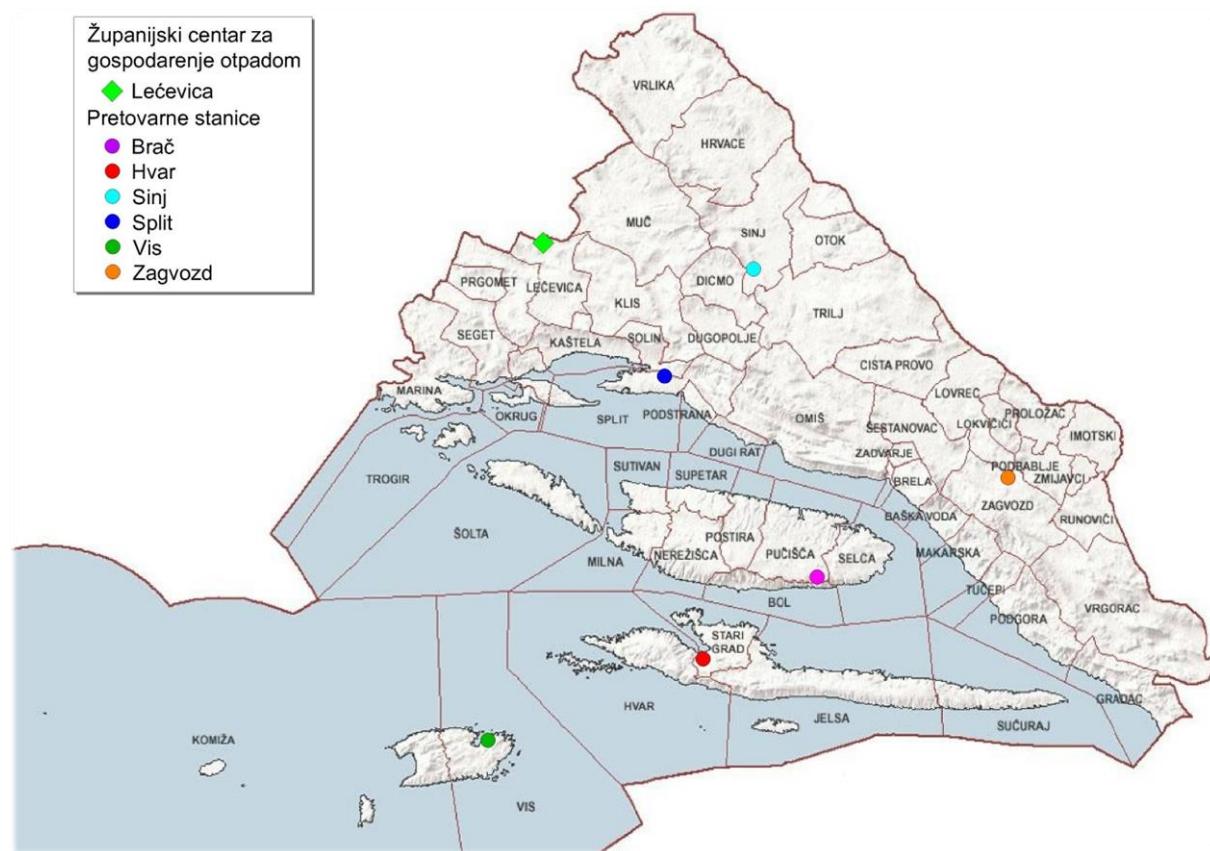
	Preporučeno rješenje napajanja	Pojašnjenja / preporuke
PS Vis	<p><u>Varijanta 2b)</u> - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom</p> <p>FN sustav snage <u>8 kWp</u>.</p>	<p>S obzirom da je količina otpada ispod granice kod koje postaje isplativo planirati pogon radnih strojeva s el. energijom, preporučena je varijanta s pogonom na dizel gorivo. Jedan od razloga je i što se očekuje značajnija razlika u troškovima priključenja u varijanti 2a) (snaga od 48 kW) od troškova priključenja u varijanti 2b) (11 kW). Na lokaciji je prisutna NN mreža i očekuju se da će troškovi priključka biti obračunati po jediničnoj cijeni (€/kW).</p> <p>Zbog relativno jednostavne mogućnosti priključenja preporuča se napajanje opće potrošnje el. energijom i izvedbu FN sustava za paralelan rad s mrežom.</p> <p>Predložena snaga FN sustava od 8 kWp zahtjeva površinu za montažu od cca 110 m² te je prilikom razrade idejnog rješenja potrebno razmotriti moguće opcije smještaja FN modula.</p>
PS Zagvozd	<p><u>Varijanta 3)</u> - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom</p> <p>Otočni sustav:</p> <ul style="list-style-type: none"> - FN moduli <u>14 kWp</u>. - Pretvarač <u>6 kW</u> - Dizel generator <u>7 kW</u> - Baterije <u>24x1695 Ah</u> 	<p>Kako u blizini lokacije nema razvijene niskonaponske mreže, preporuča se pogon radnih strojeva na dizel gorivo i izvedba otočnog sustava za napajanje opće potrošnje.</p> <p>Predložena snaga FN sustava od 14 kWp zahtjeva površinu za montažu od cca 210 m² te je prilikom razrade idejnog rješenja potrebno razmotriti moguća rješenja montaže. Također, potrebno je osigurati i prostor za baterije, dizel generator, pretvarače i ostalu opremu otočnog sustava.</p>

Potrebno je istaknuti osjetljivost provedene razrade na ulazne podatke kao što su količina otpada, cijena el. energije, a posebno cijene dizel goriva. U svrhu međusobne usporedbe ponuđenih varijantnih rješenja uzete su trenutno sagledive vrijednosti. Dobivene vrijednosti nisu mjerodavne za konačno vrednovanje isplativosti odabranih rješenja jer navedeno nije predmet ove studije.

1 UVOD

1.1 Osnovno o projektu ŽCGO Lećevica

Centar za gospodarenje otpadom (CGO) i pretovarne stanice predstavljaju infrastrukturu za gospodarenje otpadom čijom se izgradnjom omogućava uspostava cjelovitog sustava gospodarenja otpadom u županiji. Izgradnja ovih građevina je od interesa za Republiku Hrvatsku i sastavni dio ispunjavanja obveza države u odnosu na Europsku uniju. Na području Splitsko – dalmatinske županije predviđa se izgradnja jednog CGO na lokaciji u Kladnjicama u Općini Lećevica te šest pretovarnih stanica na lokacijama u Splitu, Sinju, Zagvozdu te na otocima Braču, Hvaru i Visu. Na slici 1-1 prikazane su planirane lokacije pretovarnih stanica i ŽCGO Lećevica.



Slika 1-1 Lokacije ŽCGO Lećevica i pretovarnih stanica u Splitsko-dalmatinskoj županiji

U ŽCGO će se obavljati mehaničko – biološka obrada otpada, a u pretovarnim stanicama pretovar otpada iz manjih u veća komunalna vozila radi ekonomičnijeg prijevoza do ŽCGO Lećevica. Za provedbu tih tehnoloških procesa potrebno je osigurati napajanje objekata električnom energijom.

Namjera je Investitora da u ovaj projekt ugradi maksimalne standarde zaštite okoliša, tako da se visokom standardu izgradnje infrastrukture dodaje i korištenje obnovljivih izvora energije.

1.2 Predmet obrade studije

U sklopu projekta ŽCGO Lećevica i pretovarnih stanica u Splitsko-dalmatinskoj županiji, Investitor Regionalni centar čistog okoliša d.o.o. planira instalaciju postrojenja za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora.

Nastojanja Investitora je da se za vlastite potrebe ŽCGO i pretovarnih stanica lokalno proizvodi električna energija te da se na taj način ostvare uštede u potrošnji električne energije. Osim očekivanih pozitivnih finansijskih efekata proizvodnje električne energije čime će se u konačnici omogućiti i jeftinija komunalna usluga krajnjim korisnicima, ovakav pristup usmjeren je i na očuvanje okoliša što je prioritetna zadaća sveobuhvatnog projekta ŽCGO.

Predmet ove studije je analiza opravdanosti implementacije fotonaponskih elektrana (FNE) u sklopu rješenja napajanja električnom energijom ŽCGO Lećevica i pretovarnih stanica te osnovne tehničke preporuke za planiranje u kasnijim fazama razvoja projekta.

1.3 Mogućnosti korištenja sunčeve energije na području centra za gospodarenje otpadom Lećevica

Očekivana potrošnja u rasponu ŽCGO Lećevica prema informacijama Naručitelja iznosi cca 6.000 - 8.000 MWh/god., uz očekivano vršno opterećenje 2,75 MW. Preliminarno od strane HEP ODS d.o.o. predviđeno je rješenja napajanja sa izgradnjom TS 10(20)/0.4 kV na lokaciji ŽCGO uz dogradnju postojeće srednjenačke distribucijske mreže.

Paralelno u pogonu sa električnom mrežom u sklopu ŽCGO moguće je planirati i FN elektranu kojom bi se osigurao dio potreba za električnom energijom. U periodima kada je proizvodnja FN elektrane veća od potrošnje ŽCGO, višak električne energije plasirao bi se u distribucijsku mrežu, dok u periodima kada je proizvodnja FN elektrane manja od potrošnje, potrebna razlika osigurala bi se iz distribucijske mreže.

Za instalaciju FN modula primarno se preporučuju krovne površine ili nadstrešnice na planiranim objektima u sklopu ŽCGO, dok površine na tlu osim skuplje konstrukcije zahtijevaju i posebna razmatranja vezana za dinamiku eksploatacije površina za odlaganje. Dodatno, prema zakonskoj regulativi za FN sustave na tlu potrebno je provesti Ocjenu o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš te je u tom slučaju potrebno provjeriti navedeno sa stanovišta postojeće Studije utjecaja na okoliš. Kako su prema dostavljenim podlogama u obuhvatu CGO planirane krovne i nadstrešne površine dostatne za optimizaciju veličine FN sudstva, u daljnja razmatranja nisu uzimane površine na tlu.

Osnovni kriteriji za određivanje karakteristika FN sustava je optimizacija instalirane snage FN modula prema karakteristikama potrošnje ŽCGO na način da se postignu optimalni efekti prvenstveno gledajući bilancu apsolutnih efekata proizvodnje električne energije iz FN sustava spram smanjenja troškova električne energije iz mreže, uz uvažavanje svih ostalih parametara vezanih za investicijske i operativne troškove.

1.4 Mogućnosti korištenja sunčeve energije na području pretovarnih stanica

Planirane pretovarne stanice (PS) u Splitu, Sinju, Zagvozdu te na otocima Braču, Hvaru i Visu međusobno se značajno razlikuju po planiranim količinama otpada, sezonskim oscilacijama, te mogućnostima priključenja na distribucijsku mrežu.

Za svaku pojedinu PS potrebno je procijeniti optimalno rješenje napajanja jer se za pogon istih može razmatrati nekoliko različitih rješenja, a zbog specifičnosti ovakvih objekata osim priključka na mrežu moguća su i rješenja sa otočnim sustavom napajanja, kao i dodatne kombinacije vezane za pogon radnih strojeva.

Dakle, za pojedinu PS potrebno je uvažavajući procijenjene troškove investicije i održavanja pronaći optimalno koncepcijsko rješenje napajanja potrošača u PS, te u sklopu istoga dati procjenu optimalnog rješenja FN sustava kao i osnovne smjernice za montažu i pogon. Pri tome razlikuju se dva osnovna slučaja, jedan sa FN sustavom u paralelnom pogonu sa električnom mrežom te drugi u otočnom pogonu PS sa baterijskim sustavom i dizel generatorom.

U slučaju paralelnog pogona FN sustava sa mrežom vrijede osnovna razmatranja kao i kod FN sustava u sklopu ŽCGO Lećevica gdje je mjerodavna optimizacija instalirane snage FN modula prema karakteristikama potrošnje PS na način da se postignu pozitivni efekti prvenstveno gledajući bilancu apsolutnih efekata proizvodnje električne energije iz FN sustava spram smanjenja troškova električne energije iz mreže, uz uvažavanje ostalih parametara vezanih za investicijske i operativne troškove.

Kod otočnog pogona, FN sustav se dimenzionira na način da se vrši optimizacija ukupnih troškova sustava uz uvažavanje pogonskih zahtjeva potrošača. U tom smislu od važnosti su i investicijski i operativni troškovi ostalih komponenti sustava, prvenstveno baterija i dizel generatora, jer npr. u slučaju povećanja FN sustava smanjuje se potreba za ukupnim kapacitetom baterija, i obrnuto.

U oba slučaja, za instalaciju FN modula primarno se preporučuju krovne površine ili nadstrešnice u sklopu PS, dok je za površine na tlu prema zakonskoj regulativi potrebno provesti Ocjenu o potrebi procjene utjecaja zahvata na okoliš.

Po pitanju dimenzioniranja FN sustava studijom se razmatraju teoretski najpovoljniji slučajevi, dok će u narednim fazama razrade projektne dokumentacije za svaku pojedinu PS biti potrebno uskladiti rješenja sa stvaranim mogućnostima smještaja FN modula i ostale opreme.

2 OPĆENITA ANALIZA TEHNOLOGIJA IZVEDBE FNE I FN MODULA

2.1 Fotonaponske elektrane

Fotonaponske elektrane izvode se kao samostalni (autonomni) sustavi, autonomni hibridni sustavi ili se kao elektrane spajaju na postojeću elektroenergetsku mrežu, a instaliraju se na krovovima građevina, nadstrešnicama te na velikim otvorenim površinama.

Autonomni sustavi najčešće se primjenjuju na udaljenim lokacijama budući da u blizini ne postoji elektroenergetska mreža. U ovakvim slučajevima u sustavima se instaliraju i elementi za pohranu energije (baterije, regulatori punjenja baterije, pretvarači, itd...) te se dimenzioniraju na način da kroz cijelu godinu zadovoljavaju potrebe potrošača.

Fotonaponske elektrana spojene na elektroenergetsku mrežu sadrže i brojilo električne energije na mjestu priključka te se sustav dizajnira na način da proizvede maksimalnu količinu energije kroz godinu neovisno da li se kompletno proizvedena električna energija predaje u mrežu ili samo višak električne energije u slučaju fotonaponskih elektrana za pretežito vlastitu potrošnju.

U slučaju fotonaponskih elektrana spojenih na elektroenergetsku mrežu moguće su dvije varijante, prva gdje se kompletna proizvedena el. energija prodaje u mrežu te druga gdje se proizvedena električna energija koristiti za pokrivanje vlastite potrošnje objekta, a višak proizvedene el. energije se predaje u mrežu. Predaja kompletno proizvedene el. energije u mrežu je moguća u slučaju stjecanja statusa povlaštenog proizvođača i sklapanja ugovora o otkupu s Hrvatskim operatorom tržišta energije (HROTE) po poticajnoj cijeni. HROTE na svojim službenim stranicama navodi da u slučaju sunčanih (fotonaponskih) elektrana nije u mogućnosti sklapati ugovore o otkupu električne energije. Naime, važećim Tarifnim sustavom za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije (Narodne novine br. 133/13, 151/13, 20/14, 107/14) određena je ukupna snaga od 5 MW (za integrirane sunčane elektrane) te 2 MW (za neintegrirane sunčane elektrane), a ista je dosegnuta već tijekom 2014. godine, a nove kvote nisu predviđene u 2015. godinu.

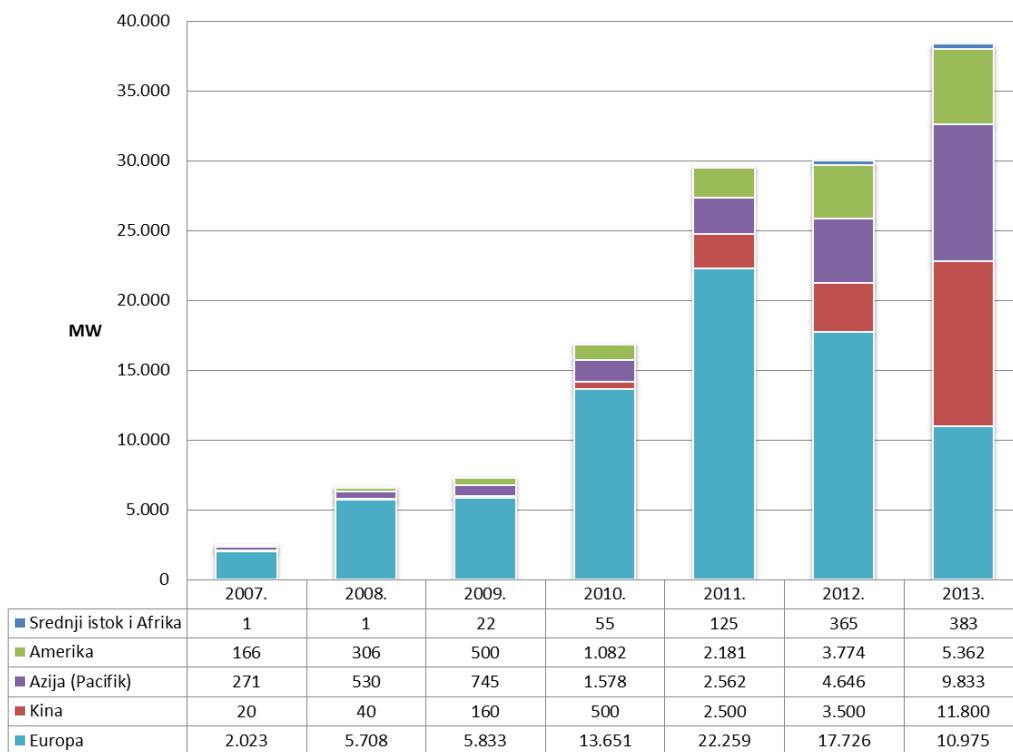
U skladu s prethodno navedenim, fotonaponska elektrana u sklopu ŽCGO Lećevica planira se izgradnja fotonaponske elektrane za pretežito vlastitu potrebu, tj. za pokrivanje vlastite potrošnje uz mogućnost isporuke viška el. energije u mrežu.

U slučaju pretovarnih stanica, ovisno o mogućnosti realizacije priključka na postojeću elektroenergetsku mrežu, odabrat će se povoljnija opcija fotonaponske elektrane (kao samostalni sustav ili FNE za pretežito vlastitu potrebu), detaljnije u poglavljiju 4 ove studije.

2.2 Trenutni stupanj razvoja tehnologije FN modula

Industrija fotonaponskih modula danas je jedna od najbrže rastućih industrija. U 2012. godini instalirano je 30 GW vršne snage fotonaponskih panela, dok je u 2013. godini instalirano oko 38,4 GW, od čega u Europi oko 11 GW, što čini oko 29% od novih instaliranih kapaciteta. U usporedbi s 2011. godini kada je u Europi instalirano oko 75% od novih instaliranih kapaciteta, primjetan je značajan pad koji je prvenstveno uzrokovan ekonomskom recesijom koja ju je pogodila te je po prvi put mjesto lidera u novoinstaliranim kapacitetima prepustila Aziji (Kina, Japan, ...). Na slici 2-1

prikazan je godišnji graf novoinstalirane snage fotonaponskih elektrana od 2007. do kraja 2013. godine. No nije samo ekomska recesija uzrok značajnom padu u Europi, uzrok se može pronaći i u smanjenju političke podrške fotonaponskim elektranama u zemljama koje su bile predvodnice (Njemačka, Italija, Španjolska, Francuska, ...) i to smanjenjem *feed-in* tarife za velike sustave na granicu isplativosti, odnosno ograničenjem ukupne subvencionirane snage na godišnjoj razini. Posljedično tome Njemačka, koja je bila svjetski lider u novoinstaliranim fotonaponskim elektranama, u 2013. godini je pala na 4. mjesto sa 3,3 GW novoinstaliranih fotonaponskih elektrana, no i dalje je lider u Europi (Velika Britanija 1,5 GW, Italija 1,4 GW, ...).



Slika 2-1 Godišnji prikaz novoinstaliranih fotonaponskih elektrana

Od 2010. godine fotonaponska tehnologija je među prve dvije tehnologije koja se koristi kao izvor električne energije, uzimajući u obzir novo instalirane izvore električne energije.

Na svjetskoj razini, 2013. godina je obilježila još jednu prekretnicu. Naime, po prvi put su novoinstalirane elektrane koje kao izvor koriste obnovljive izvore pretekle elektrane na fosilna goriva. Daljnja predviđanja za 2020. godinu predviđaju još značajniju razliku u novoinstaliranim elektranama te se za istu očekuje preko dvostruko više elektrana na obnovljive izvore u usporedbi s elektranama na fosilna goriva.

Uzazni trend obnovljivih izvora svakako pospješuje cijena opreme koja je u proteklih nekoliko godina u izrazitom padu te se očekuje nastavak takvog trenda, kao i poboljšanja efikasnosti tehnologije.

Ukupna instalirana snaga FN modula na kraju 2013. je iznosila oko 138,8 GW. Za usporedbu, u Hrvatskoj je ukupna instalirana snaga svih elektrana oko 4 GW. Na obnovljive izvore otpada otprilike 0,4 GW, a očekuje se još oko 0,5 GW prema dostupnim podacima od Hrvatskog operatora tržista energije (HROTE) koja se odnosi na zaključno 2014. godinu, dok za 2015. godinu nisu predviđene nove fotonaponske elektrane (prema važećem Tarifnom sustavu).

Treba naglasiti da je u tijeku rasprava o novom prijedlog nacrta Zakona o obnovljivim izvorima energije te se očekuje donošenje zakona koji će omogućiti izgradnju i korištenje obnovljivih izvora energije u značajnijoj mjeri te pod boljim uvjetima u odnosu na postojeće stanje (ograničenje kvota).

2.3 Fotonaponski moduli

Princip rada sunčane čelije zasniva se na fotonaponskom efektu odnosno pojavu napona na kontaktima čelija uslijed izlaganja sunčevom zračenju. Fotonaponski modul sastoji se od većeg broja međusobno spojenih sunčanih čelija kako bi se povećala ukupna izlazna snaga.

FN moduli se isporučuju sa ugrađenim priključnim kabelom s vodootpornim konektorom za sigurno spajanje u seriju ili paralelu. Okvir FN modula izrađuje se od eloksiranog aluminija ili drugog nehrđajućeg materijala koji je kompatibilan s kontaktnim materijalom na montažnoj konstrukciji. Moduli se unutar fotonaponske (sunčane) elektrane najčešće spajaju serijski u nizove za dobivanje željenog napona. Spajanjem više nizova paralelno dobiva se željena snaga.

Kada bi sve sunčane čelije u fotonaponskom modulu bile identične i imale podjednake električne karakteristike, i kada bi sve bile izložene potpuno identičnim uvjetima Sunčeva zračenja i temperature, tada bi sve radile pri istoj struci i istom naponu. Naime, u serijskom spoju čelija kroz sve čelije teče jednaka struja, a ukupni napon FN modula jednak je zbroju napona svake pojedine čelije. Međutim, uslijed varijacije temperature (slika 2-2), Sunčeva zračenja (slika 2-3), nepodudarnosti karakteristika pojedinih čelija, itd., utjecaja zasjenjenja (slika 2-4) dolazi do različitog izlaznog odziva pojedine čelije, a time i FN modula kao cjeline.

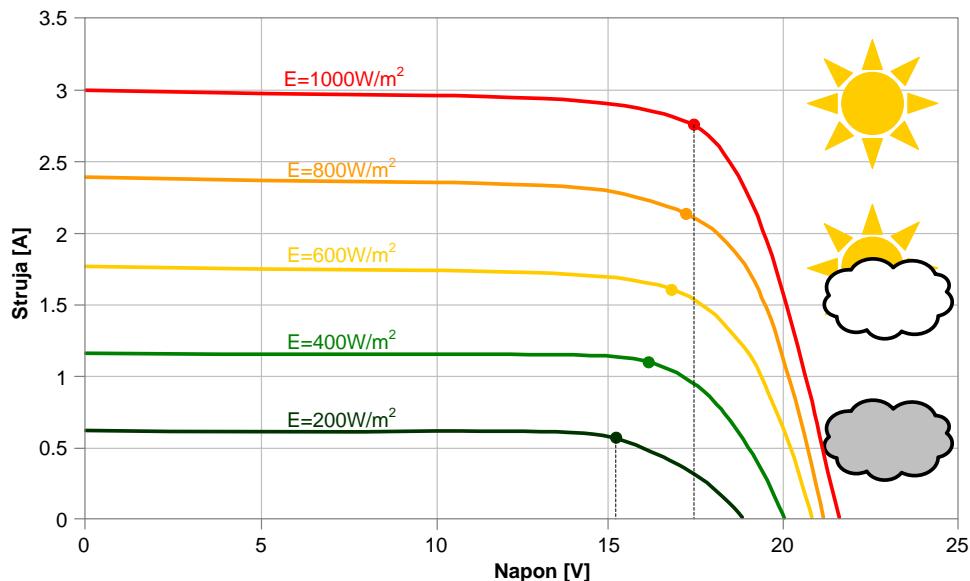
Pri dimenzioniranju fotonaponskog sustava potrebno je voditi računa o utjecaju promjena temperature i Sunčevog zračenja na promjene strujno - naponske karakteristike modula. Na promjene napona izrazito utječe varijacija temperature dok promjena Sunčevog zračenja približno proporcionalno mijenjaju struju modula.

Proizvođač deklariра električne parametre modula u odnosu na standardne uvjete (STC: 25°C, AM=1., 1000 W/m²; prema HRN EN 60904-3), dok se fotonaponski sustav najčešće dimenzionira za promjene temperature u rasponu od [-10°C...+70°C], kao i minimalno povećanje zračenja za cca 25 %.

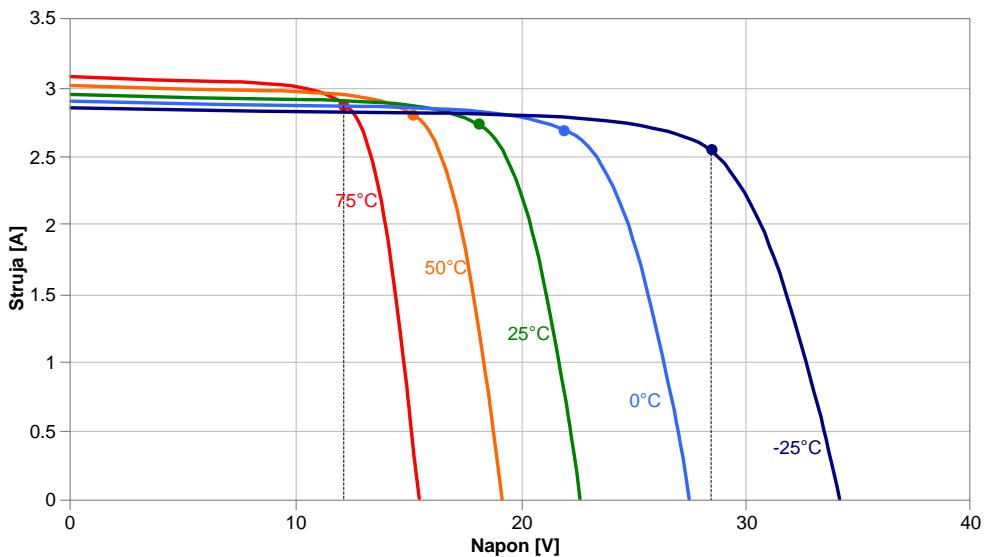
FN moduli certificiraju se prema slijedećim normama:

- HRN EN 61215:2008 ili HRN EN 61646:2009,
- HRN EN 61730:2008.

Za razliku od FN modula tankoslojne tehnologije koji su najčešće predviđeni za DC sustav do 600 V, klasični c-Si FN moduli predviđeni su za DC sustav do 1.000 V.

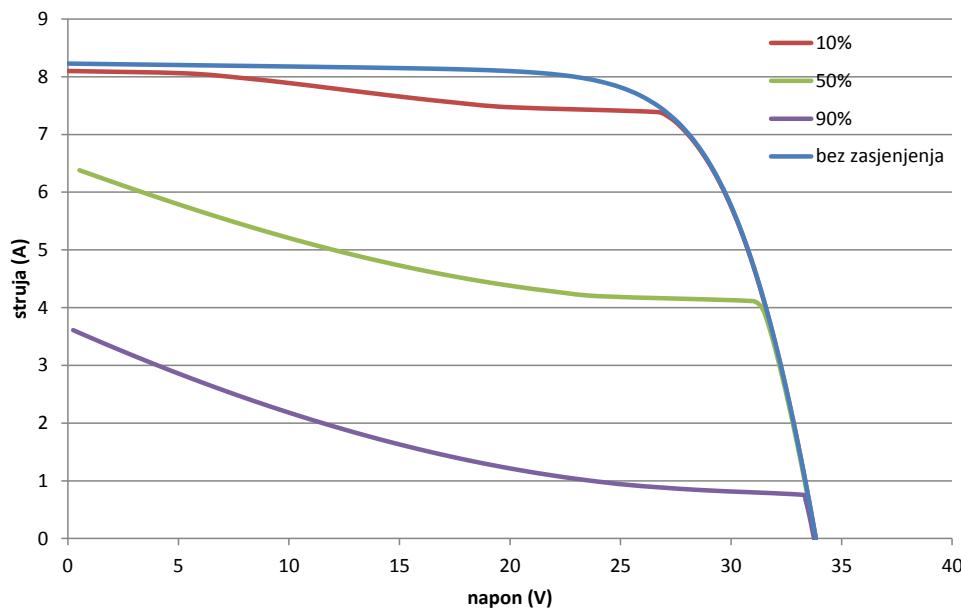


Slika 2-2 Utjecaj promjene intenziteta zračenja na električne parametre FN modula



Slika 2-3 Temperaturna osjetljivost FN modula

Pri projektiranju fotonaponskog sustava potrebno je voditi računa da ne dođe do pojave zasjenjenja FN modula ili ćelija od strane okolnih objekata, drveća i slično. Naime, kad je i samo jedna sunčana ćelija zasjenjena, efekt je isti kao da su sve serijski spojene ćelije zasjenjene i zbog toga dolazi do znatnog smanjenja snage. Zbog toga treba izbjegavati i najmanje sjene kao što su sjene od krošnji drveća, okolnih objekata i slično (slika 2-4). Dodatni negativni efekt koji se javlja pri zasjenjenju je pojava lokalnih vrućih točaka kad su pojedine ćelije djelomično zasjenjene. Naime, tada se napon ostalih ćelija može pojaviti kao napon nepropusne polarizacije na zasjenjenoj ćeliji, koja zbog visoke vrijednosti napona, može biti uništena. Da bi se to spriječilo, paralelno sa sunčanim ćelijama, spaja se tzv. premosna dioda koja sprječava pojavu visokih napona nepropusne polarizacije na sunčanoj ćeliji. Broj premosnih dioda ugrađenih u FN modul ovisi o proizvođaču modula i poželjno je da bude što veći. Osim serijskog spoja sunčanih ćelija danas se često koristi paralelno - serijska kombinacija ćelija u slučaju da je u sustavu potrebo postići veće iznose struja i najčešće se koristi u tanko-slojnim (thin film) tehnologijama (a-Si, micromorphus...).



Slika 2-4 Utjecaj zasjenjenja na U/I karakteristiku c-Si FN modula

Osim električne funkcije fotonaponski modul osigurava mehaničku čvrstoću (otpornost na vjetar, snijeg ili tuču), štiti sunčane ćelije i kontakte od korozije i vanjskih utjecaja. Okvir fotonaponskog modula izgrađen je od eloksiiranog aluminija ili drugog nehrđajućeg materijala.

Tehnologije izrade FN modula se mogu podijeliti u dvije srednje skupine i njihovu kombinaciju, bazirane na različitim materijalima i načinima proizvodnje:

- tehnologija bazirana na kristaličnom siliciju (c-Si),
- tanko-slojna (thin film) tehnologija,
- ostale tehnologije (hibridne strukture ...).

2.3.1 Tehnologija bazirana na kristaličnom siliciju (c-Si)

Danas na tržištu solarne tehnologije dominiraju dvije osnovne skupine FN modula bazirani na kristaličnom siliciju (slika 2-5):

- m-Si FN moduli (mono-silicij),
- p-Si FN moduli (poli-silicij).

Monokristalni FN moduli izgrađenih na bazi mono-silicija dobro izdržavaju visoke temperature i imaju visoku stopu pretvorbe odnosno imaju visok koeficijent djelotvornosti koji iznosi u rasponu od 14-18%. Veći koeficijent djelotvornosti podrazumijeva veću izlaznu snagu FN modula po m^2 . Međutim, proces proizvodnje je nešto skuplj i potrebno je uložiti puno energije za dobivanje čistog kristala. Prema današnjim kretanjima na tržištu cijena m-Si FN je oko 0.7 €/W.

Polikristalni FN moduli izgrađeni na bazi poli-silicija su osjetljiviji na visoke temperature te imaju niži koeficijent djelotvornosti koji iznosi u rasponu od cca 13-16%. Međutim proces proizvodnje je jednostavniji i jeftiniji u odnosu na m-Si FN module, a cijena im je oko 0.6 €/W.



Slika 2-5 Izgled m-Si (lijevo) i p-Si (desno) FN modula

2.3.2 Tanko-slojna (thin film) tehnologija

Tanko-slojni FN moduli naziv su dobili po tome što imaju tanki sloj izgrađen od odgovarajućeg materijala (a-Si, CdTe,...), imaju manju djelotvornost u odnosu na m-Si i p-Si FN module te samim time zahtijevaju i veću površinu za istu izlaznu snagu, u usporedbi sa m-Si i p-Si FN modulima. Iako imaju nisku djelotvornost, tanko-slojni FN moduli se danas intenzivno razvijaju budući da je proces proizvodnje jeftiniji u odnosu na FN module bazirane na c-Si tehnologijama. Osim toga tanko-slojni FN moduli su izgrađeni od lakših materijala te su otporniji na visoke temperature i na utjecaj zasjenjenja u odnosu na c-Si FN module.

Tanki sloj se može izraditi od slijedećih materijala (slika 2-6):

- amorfni silicij (a-Si)
- tandem Si (micromorphus Si),
- Cadmium-tellur (CdTe),
- ostali (CIS, CIGS, ...).

FN moduli napravljeni na bazi a-Si osim prethodno navedenog karakterizira i utjecaj Staebler-Wronsk-ovog efekta. Naime, uslijed utjecaja svjetla dolazi do smanjenja efikasnosti FN modula izrađenog na bazi a-Si. Zbog toga tijekom prvih radnih mjeseci izlazna snaga FN modula može biti veća za cca 10-20% u odnosu na krajnje stanje kada se izlazna snaga približno stabilizira. Prilikom dimenzioniranja fotonaponskog sustava potrebno je voditi računa o navedenoj pojavi kako vršne vrijednosti napona, struje i snage u početnom pogonu ne bi premašile dozvoljene ulazne vrijednosti invertera (pretvarača). Efikasnost FN modula izrađenih na bazi a-Si iznosi cca 5-7% pa često nije primjenjiv na ograničenim površinama. Prema današnjim kretanjima na tržištu cijena a-Si FN modula iznosi u rasponu 0.35-0.5 €/W s trendom daljnog pada.

Zbog izrazito niske efikasnosti danas se razvijaju tanko-slojne tehnologije koje se sastoje od većeg broja p-i-n spojeva s time da svaki sloj upija različite valne duljine svjetlosti. Na ovaj način povećava

se efikasnost FN modula. Ove tehnologije se danas razvijaju kod dvoslojnih (2 a-Si), troslojnih (3a-Si) tandem FN modula izgrađenih na bazi a-Si. Osim toga postoje i mikromorfne (micromorphus) strukture dobivene na bazi a-Si i mikrokristaličnog silicija. Naime, stvaranjem više slojeva omogućuje se bolje iskorištanje spektra sunčevog zračenja. Upotrebom a-Si struktura (tandem ili micromorphus struktura) omogućuje se smanjenje Staebler-Wronskog efekta koji je izražen kod a-Si FN modula te povećana efikasnost koja iznosi do 9%.

Budući da je kadmij „teški“ metal danas se ispituje njegov utjecaj na okolinu. CdTe nije otrovan i vrlo je stabilan osim u slučajevima povišenih temperatura iznad cca 1000 °C. Neovisna istraživanja su pokazala da to ne predstavlja problem budući da je CdTe zaštićen slojevima stakla koja se tope na nižim temperaturama te se povećanjem temperature CdTe difuzira u staklo čime se sprječava njegovo izbacivanje u okolinu. Osim toga ima bitno svojstvo netopljivosti u vodi što smanjuje njegovo štetno djelovanje i širenje u okolini. Bitno je naglasiti da proizvođači osiguravaju program recikliranja FN modula izrađenih na bazi CdTe nakon životnog vijeka. Efikasnost CdTe FN modula se kreće u rasponu cca 8.5-11%.

Ostale tehnologije (HIT, CIS, CIGS ...) su manje zastupljene u ukupno instaliranoj snazi u svijetu te stoga nisu posebno obrađene.



Slika 2-6 Prikaz tehnologije FN modula na bazi CdTe (lijevo), tandem a-Si (sredina), a-Si (desno)

2.3.3 Preporuke kod odabira tehnologije FN modula

U cilju odabira optimalne tehnologije za izgradnju FNE potrebno je razmotriti sve bitne karakteristike danas dostupnih tehnologija FN modula kao i meteorološke značajke lokacije. U studiji su obrađene različite tehnologije FN modula s prednostima i nedostacima.

FN moduli na bazi kristaličnog silicija (c-Si) su u globalnim okvirima klasično rješenje za izgradnju fotonaponskih elektrana i iz tog razloga su trenutno najsigurnija preporuka za realizaciju FNE.

Međutim, kod novih generacija FN modula thin film tehnologije u usporedbi s c-Si FN modulima mogu se istaknuti mogući manji gubici zbog utjecaja temperature i zasjenjenja, bolji odziv pri nižim intenzitetima Sunčeva zračenja u odnosu na STC i s većim udjelima difuzne komponente, te relativno niže cijene. Nedostatci thin film tehnologija u usporedbi sa c-Si modulima očituju se u niskoj efikasnosti (potrebna veća površina), veći troškovi izgradnje konstrukcije i kabliranja, karakteristikama degradacije koja je u ovom slučaju manje istražena i manje predvidiva, te slabiji odziv (izuzetak CdTe tehnologija) pri srednjim i većim valnim duljinama Sunčevog zračenja.

Ipak, kako određene vrste thin film modula imaju također svoje prednosti (smanjenje investicijskih troškova uz povoljniji temperturni utjecaj na produktivnost), u ovom slučaju ne bi bilo uputno posve eliminirati ovakvo rješenje.

U ovako ranoj fazi razvoja projekta dovoljno je imati opća saznanja o primjenjivim tehnologijama, a konačni odabir konkretnog proizvoda provesti će se u skladu s zatečenim stanjem tržišta, novim tehničkim spoznajama, i konkretnoj projektnoj razradi na razini glavnog, odnosno izvedbenog projekta.

U slučaju krovnih površina ŽCGO Lećevica, a pogotovo u slučaju Pretovarnih stanica, radi se o ograničenom prostoru na kojem je moguća montaža FN modula, a samim time i potreba za FN modulima sa što većom efikasnošću te će se u sladu s tablicom 2-1 za potrebe ove studije koristiti FN moduli klasične c-Si tehnologije.

Tablica 2-1 Potrebne površine za različite tehnologije FN modula

Tehnologija	Efikasnost	Potrebnna površina
m-Si	13-19%	5-8 m ² /kWp
p-Si	12-16%	7-9 m ² /kWp
Mikromorfna tandem struktura (a-Si/μc-Si)	8-10%	10-12m ² /kWp
Thin film (Cd/Te)	9-11%	9-11m ² /kWp
Thin film (a-Si)	5-8%	13-20 m ² /kWp

Za potrebe studije odabrani su realni FN moduli dokazanog renomiranog proizvođača čije karakteristike, uz manje oscilacije, pokrivaju široku paletu ponude ovakvih proizvoda. Ovakav pristup osigurava primjenjivost tehničkih rješenja uz nesmanjenu fleksibilnost nabave i ne favorizira ni jednog proizvođača.

Odabran je reprezentativni FN modul od polikristaličnog Silicija (p-Si) karakteristika prema tablici 2-2.

Tablica 2-2 Reprezentativne karakteristike p-Si FN modula

Električni parametri	
Maksimalna snaga [Wp]	260
Djelotvornost [%]	16.07
Napon u točki maksimalne snage [V]	30.9
Nazivna struja u točki maksimalne snage [A]	8.47
Napon otvorenog kruga [V]	37.9
Struja kratkog spoja [A]	8.95
Izlazna tolerancija [%]	-0/-+4.9
Temp. koef. snage(W) [%/°C]	-0.41
Temp. koef. napona otvorenog kruga(V)[%/°C]	-0.31
Temp. koef. struje kratkog spoja (A) [%/°C]	+0,05
Dimenzije i masa	
Dužina [mm]	1650
Širina [mm]	992
Debljina [mm]	40
Masa [kg]	18.7



2.4 Montaža FN modula

Fotonaponski modul daje najviše snage kad je usmjeren tako da Sunčeve zračenje upada okomito na njegovu površinu. To je moguće postići sustavima za praćenje gibanja Sunca od kojih se posebno izdvajaju slijedeći:

- praćenje Sunca u jednoj osi – azimutno praćenje, praćenje u osi optimalno nagnutog modula, praćenje u horizontalnoj osi,
- praćenje Sunca u dvije osi (azimut i elevacija).

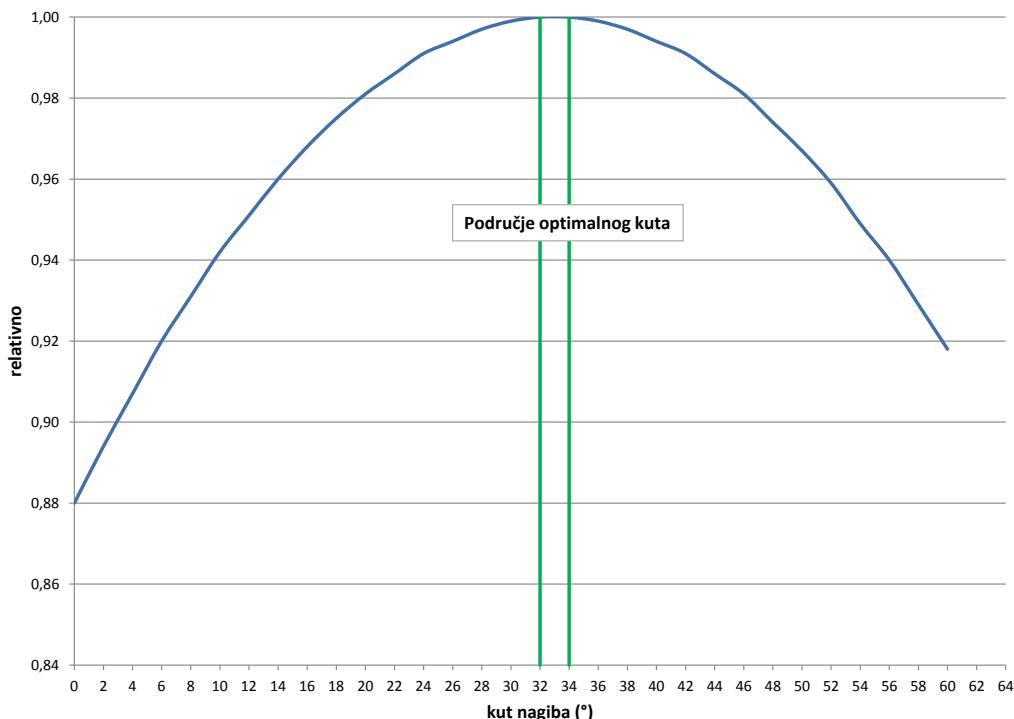
Korištenjem praćenja u jednoj osi može se postići povećanje proizvodnje za 17-24% dok instaliranje sustava praćenja u dvije osi može se osigurati 30-40% veća proizvodnja u odnosu na optimalni fiksni nagib sustava, a ovisno o geografskoj širini i reljefu. Međutim upotreba ovakvih sustava zahtjeva korištenje složenije konstrukcije, potreba za motornim pogonima te znatno veće potrebne površine, a uz to takvi sustavi zahtijevaju i dodatno održavanje.

Moguće je izvesti montažnu konstrukciju koja omogućava sezonsku promjenu nagiba modula, pa se tijekom zimskog perioda odabire veći, a tijekom ljetnog manji kut nagiba čime se može postići 3-5% veća proizvodnja, a istodobno se ne povećavaju znatno troškovi u odnosu na fiksnu montažu ukoliko je riječ o niskim troškovima zemljišta.

Ipak, u praksi se FN moduli najčešće postavljaju u fiksan položaj. Ovakvo rješenje pogotovo je preporučljivo u zabilježenim uvjetima znatnog pada cijena FN modula.

U tom slučaju FN moduli se montiraju na način da su usmjereni izravno na jug (na sjevernoj polutci) i nagnuti pod optimalnim kutom u odnosu na horizontalu. Optimalni kut nagiba ovisi o primjeni FN sustava: ako se želi tijekom godine proizvesti što je moguće više električne energije (kao npr. kod fotonaponskih elektrana) tada se u pravilu kao optimalan kut odabire onaj koji odgovara zemljopisnoj širini umanjenoj za 10° .

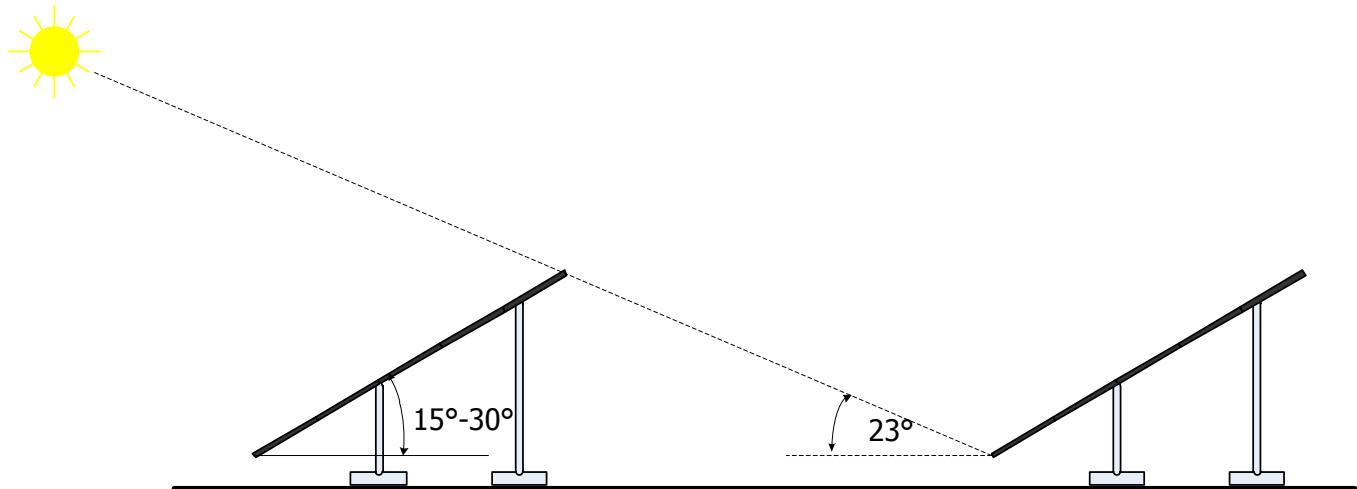
Na slici 2-7 prikazan je proračunati relativni odnos proizvodnje fotonaponskog sustava (u odnosu na optimalni kut) povećanjem nagiba modula od 0° - 60° , a uvažavajući pretpostavku da je teren idealno ravan. Iz slike je uočljivo da optimalni kut jednog modula na lokaciji ŽCGO Lećevica iznosi 33° .



Slika 2-7 Relativni odnos povećanja proizvodnje FN sustava povećanjem kuta nagiba modula

Gore navedena razmatranja odnose se na slučaj jednog reda FN panela. Kod fotonaponske elektrane redovito je riječ o većem broju redova koji stvaraju međusobna zasjenjenja te je iz tog razloga optimalna orientacija s nešto blažim kutom, u ovom slučaju okvirno od 15 - 30° , ovisno o raspoloživom prostoru, opterećenjima vjetra, itd..

Dakle, u slučaju izvedbe neintegrirane fotonaponske elektrane u sklopu ŽCGO Lećevica u ovoj fazi planira se fiksna montaža modula na montažne konstrukcije na način da se postavi minimalni zaštitni kut zasjenjenja od 23° pri azimutru sunca 0° (slika 2-8), što se temelji na zahtjevu da su svi FN moduli potpuno izloženi suncu za vrijeme zimskog solsticija.



Slika 2-8 Načelni raspored redova panela i kut štićenja od zasjenjenja FN modula

U slučaju krovne (integrirane) fotonaponske elektrane, pored ograničenog prostora za montažu FN modula, sama izvedba krova, odnosno njegov nagib i azimut u velikoj mjeri određuju način montaže FN modula, a samim time i proizvodnju FN sustava. Tablicom 2-3 prikazana je ovisnost proizvodnje o azimutu i nagibu FN modula, u odnosu na optimalni azimut (0°) i nagib (32° - 34°).

Tablica 2-3 Ovisnost proizvodnje o azimutu i kutu nagiba modula

		Kut nagiba modula							
		0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°
Azimut	0°	88,0%	91,4%	94,2%	96,4%	98,1%	99,3%	99,9%	100,0%
	$\pm 30^\circ$	88,0%	90,9%	93,3%	95,1%	96,5%	97,4%	97,8%	97,8%
	$\pm 45^\circ$	88,0%	90,4%	92,1%	93,6%	94,5%	95,1%	95,3%	94,9%
	$\pm 60^\circ$	88,0%	89,6%	90,7%	91,5%	91,9%	92,1%	91,8%	91,1%
	$\pm 90^\circ$	88,0%	87,8%	87,2%	86,4%	85,3%	84,1%	82,7%	81,3%
	180°	88,0%	84,2%	79,9%	75,3%	70,3%	65,3%	60,6%	55,9%

U slučaju krovne (integrirane) fotonaponske elektrane, FN moduli se najčešće postavljaju u fiksni položaj na način da prate postojeći nagib i azimut kosog krova (slika 2-9).



Slika 2-9 FN moduli montirani na način da prate nagib kosog krova

Iako na ovaj način postoje značajni gubici (tablica 2-3) u odnosu na optimalan nagib (33°) i azimut (0°), jednostavnost izvedbe te cijena same konstrukcije (u odnosu na izvedbu prema optimalnom nagibu i azimutu) u određenim slučajevima opravdavaju ovakav izbor.

Druga varijanta za kose krovove je postavljanje FN modula pod kutom većim od nagiba samog krova uz zadržavanje istog azimuta ili zakretanjem istih okomito na azimut krova (slika 2-10). Na ovaj način mogu se značajno smanjiti prethodno spomenuti gubici u odnosu na optimum, no zbog potrebe uzimanja u obzir međusobnog zasjenjenja redova FN modula, instalirana snaga je i do 50% manja.



Slika 2-10 FN moduli montirani na način da prate nagib kosog krova

Montažne konstrukcije za postavljanje FN modula također ovise o vrsti primjene i specifičnostima FN sustava. Sustavi nosača najčešće se izrađuju od nehrđajućeg čelika i eloksiranog aluminija, koristeći proizvođački prefabricirane elemente ili izrađene prema posebnom projektu montažnih konstrukcija. Danas mnogi proizvođači modula nude cjelokupne FN sustave uključujući i montažne jedinice, kabele, osigurače i svu ostalu potrebnu opremu, ali s razvojem fotonaponske industrije pojavili su se i proizvođači specijalizirani za pojedine segmente. Generalno se razlikuj konstrukcije za integrirane

(krovne) FN sustave koji se postavljaju na pojedine objekte i neintegrirane sustave koji se grade na slobodnoj površini.

Za krovne fotonaponske elektrane postoji široka paleta proizvoda i rješenja montažnih sustava i učvršćenja istih na krov, a neke od njih su:

- fiksiranje tereta na postojećim krovovima,
- planiranje točaka učvršćenja nosača na novoprojektirani objektima,
- sidrenje na betonskim temeljima ili blokovima,
- sidrenje na armiranobetonsku ploču krova,
- stezaljke za učvršćenje na grede ispod lima/crijepa,
- nosači s učvršćenjem bez bušenja za profilirani krovni lim ili crijepljički,

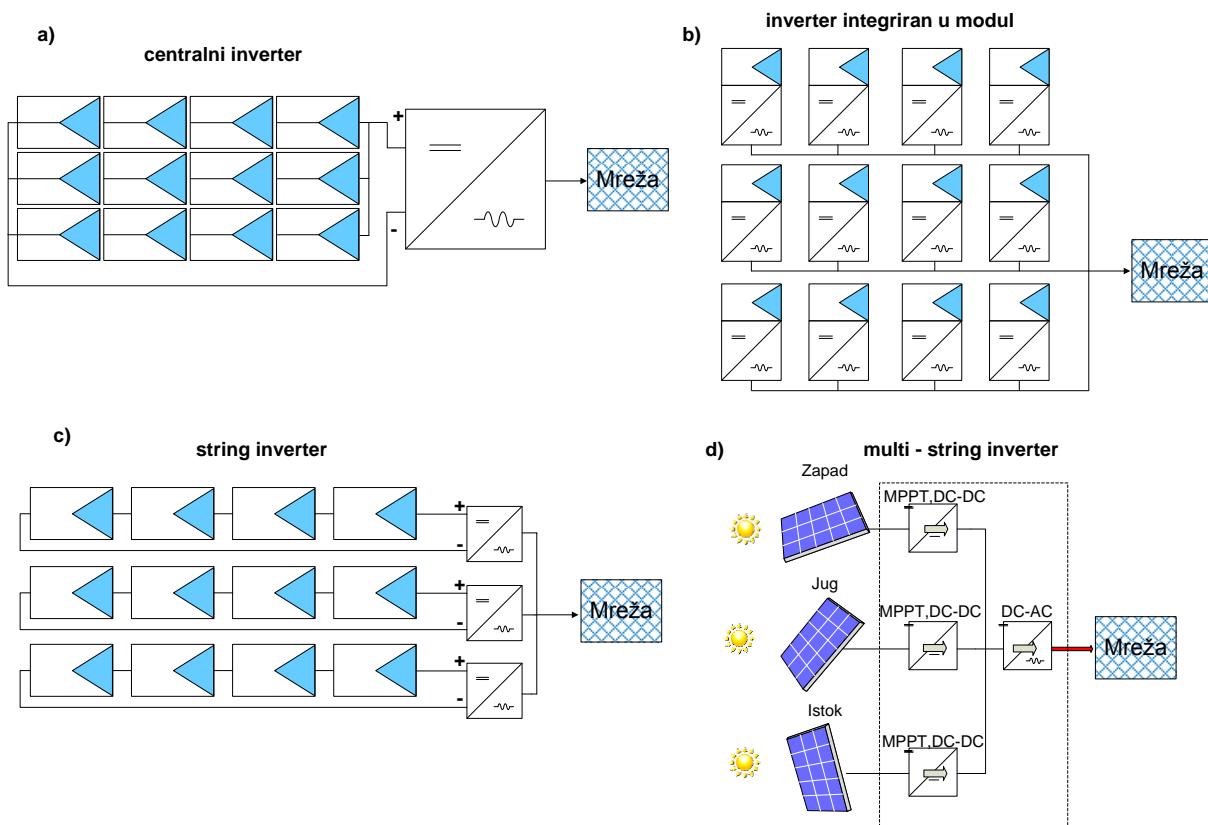
Prilikom odabira ili projektiranja sustava nosača FN modula potrebno je voditi računa o mehaničkoj izdržljivosti sustava pri čemu treba uzeti u obzir sva moguća opterećenja (masa modula, snijega, mogući udari vjetra i dr.), kao i o samoj mehaničkoj otpornosti i stabilnosti samog krova na kojeg se planira ugradnja FN modula.

2.5 Pretvarači (inverter)

Pretvarač (inverter) je elektronički sklop koji istosmjernu struju fotonaponskih modula pretvara u izmjeničnu koja se šalje u električnu mrežu ili koristi za napajanje trošila. Zbog još uvijek relativno visoke cijene FN sustava, potrebno je osigurati njegovu što je moguće veću djelotvornost ne samo za uvjete nazivnog opterećenja, nego i u praksi još češće situacije kad sustav radi s djelomičnim opterećenjem. Danas se pretežito koriste invertevi koji imaju visoku efikasnost cca. 98%.

Osnovne tehnologije inverteera za FN sustave spojene na mrežu mogu se podijeliti u četiri grupe:

- centralni inverter (slika 2-11 a),
- inverter integriran u FN modul (slika 2-11 b),
- inverter za niz FN modula (eng. String inverter), slika 2-11 c),
- inverter za više nizova FN modula (eng. Multi string inverter), slika 2-11 d).



Slika 2-11 Različite vrste pretvarača s obzirom na grupiranje FN modula

Za neintegrirane elektrane pretežno se koriste centralni inverteri i inverteri za više nizova FN modula (eng multi-string inverter), dok se za krovne elektrane uglavnom koriste multi-string inverteri.

Inverteri su tehnički opremljeni da zadovolje sve zahtjeve za priključenje na mrežu. Osnovna podjela inverteera prema građi ovisna je o postojanju galvanskog odvajanja AC i DC kruga:

- inverteri s ugrađenim LF ili HF transformatorom,
- inverteri bez transformatora (transformerless inverteri).

Za c-Si tehnologiju optimalni proizvod je transformerless inverter koji osigurava veću efikasnost. U slučaju tanko-slojnih FN modula, kod kojih se zbog efekta oštećenja TCO sloja u IT DC sustavu zahtjeva uzemljenje pozitivnog ili negativnog pola na istosmjernoj strani FN sustava (zahtjeva galvansko odvajanje DC i AC dijela sustava) koriste se inverteri s ugrađenim LF ili HF transformatorom.

2.6 Ostalo

U nastavku je dan popis ostalih funkcionalnih cjelina tipične fotonaponske elektrane (bez priključka na mrežu):

- razvodni ormari FN nizova i ostali distributivni ormari,
- kabeli i kabelska kanalizacija,
- uzemljenje i sustav zaštite od munje,

- SCADA sustav za daljinski nadzor fotonaponske elektrane,
- zaštita od neovlaštenog pristupa (po potrebi, ukoliko nije osigurana druga mogućnost nadzora),
- meteorološka stanica (po potrebi)...

Navedene cjeline predmet su razrade glavnog, odnosno izvedbenog projekta, te se ovom studijom neće detaljnije obrađivati.

2.7 Upravljanja i održavanje

Ovakav tip elektrane ne zahtjeva poseban program upravljanja jer se radi o potpuno automatiziranim procesima gdje je osnovni zadatak redovno nadzirati parametre rada kako bi se pravovremeno detektiralo eventualne kvarove i neusklađenosti.

Također, fotonaponske elektrane ne iziskuju zahtjevan program održavanja. Fotonaponski moduli su staklom zatvoreni, a okvir je od eloksiranog aluminija kao što je i većina montažnih konstrukcija. U održavanje modula može se svrstati redovito pranje i čišćenje staklenih površina, kontrola priključnih spojeva i periodička snimanja U/I karakteristika FN nizova, a po potrebi i termovizijska snimanja kako bi se uočili oštećeni i neispravni dijelovi. Životni vijek klasičnih FN modula se obično uzima 25 g., a većina proizvođača garantira 80% nazivne snage i nakon 25 g.

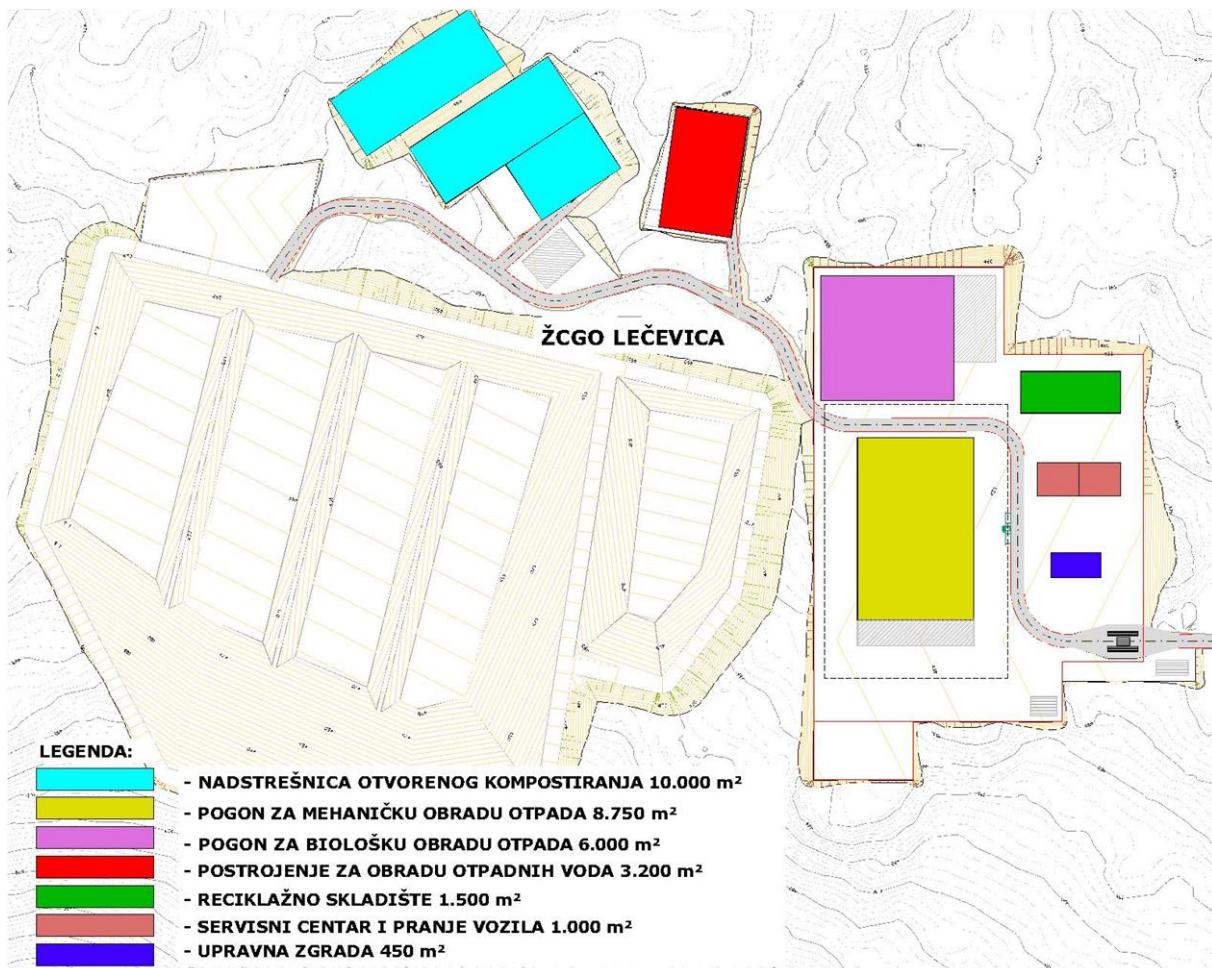
Ono što zahtjeva posebnu pažnju su pretvaračke jedinice (inverteri). Ukoliko se izaberu distribuirani transformerless string inverteri, tada nisu potrebna redovna godišnja servisiranja ovlaštenih osoba kao što je slučaj s centralnim inverterima većih snaga. U povoljnim atmosferskim uvjetima može se očekivati da ovi uređaji mogu odraditi polovinu životnog vijeka FN elektrane tako da je kod finansijske analize potrebno predvidjeti zamjenu istih.

Sa strane operativnih troškova, osim prethodno navedenih stavki, preporuča se planirati i troškove osiguranja opreme.

3 IDEJNO RJEŠENJE FOTONAPONSKE ELEKTRANE ŽCGO

3.1 Pregled potencijalnih lokacija za instalaciju FN modula

U skladu sa situacijskom nacrtu dostavljenom od strane Naručitelja, slijedećom slikom prikazane su potencijalne krovne površine ŽCGO Lećevica koje će se razmatrati za instalaciju FN modula.



Slika 3-1 Situacijski prikaz potencijalnih krovova ŽCGO Lećevica

Prehodnom slikom dane su i tlocrtne površine potencijalnih krovova, no konačno tehničko rješenje objekata unutar ŽCGO u konačnici može značajno odstupati od prikazane situacije. Međusobna udaljenost objekata, posebno udaljenost nadstrešnice otvorenog kompostiranja od lokacije trafostanice koja se može očekivati bliže ulazu u postrojenje, može biti vrlo važan faktor pri konačnoj selekciji površina za montažu FN modula. U fazi glavnog projekta potrebno je proračunati i prekontrolirati gubitke u kabelskim vodovima i padove napona. U koliko se pokaže potreba, u sklopu ŽCGO moguće je planirati i dvije dislocirane transformacije napona 0.4/20(10) kV.

Za daljnju obradu prihvatići će se priložena situacija kao relevantan ulazni podatak, a u slučaju ozbiljnijih izmjena svakako je potrebno provjeriti utjecaj na osnovne pretpostavke ovoga dokumenta.

3.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčev dijagram

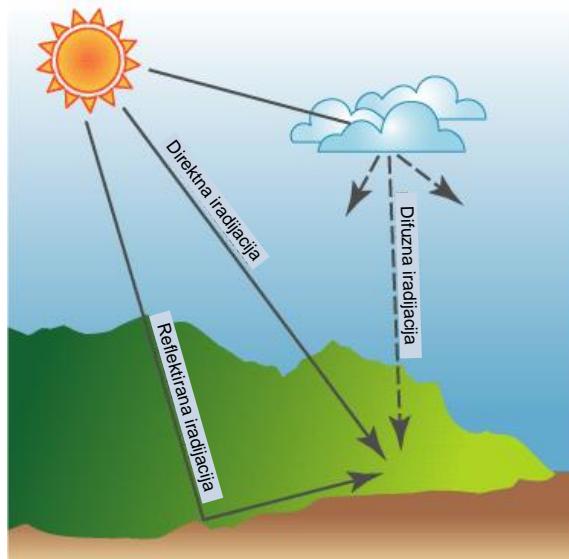
3.2.1 Opći podaci

Na Zemljinu površinu dopire izravno i raspršeno Sunčeve zračenje, koje se apsorbira ili reflektira na površini. Ukupna količina Sunčeva zračenja na plohu naziva se globalno zračenje. Globalno zračenje na horizontalnu plohu se sastoji od direktnog i raspršenog zračenja. Raspršeno (difuzno) Sunčeve zračenje nastaje raspršenjem zračenja u atmosferi i do tla dopire iz svih smjerova neba. Izravno (direktno) Sunčeve zračenje dolazi izravno iz prividnog smjera Sunca.

Osim raspršenog i difuznog zračenja postoji i reflektirano zračenje koje nastaje odbijanjem Sunčevog zračenja od zemljine površine. Najmanji iznos reflektiranog zračenja je na horizontalnu plohu, a postupno se povećava povećanjem nagiba plohe dok se difuzno zračenje istodobno smanjuje povećanjem nagiba plohe (slika 3-2).

Ovisno o klimatološkim prilikama, (prisutnost naoblaka, čestice prašine, zagađenje ...), geografskoj širini i dobu dana udio difuzne i direktne komponente u ukupnom zračenju mogu varirati u velikom rasponu. Udio difuzne komponente u ukupnoj komponenti je veći na većim geografskim širinama. Tijekom tipičnog sunčanog dana udio difuzne komponente u ukupnom zračenju iznosi 10-15%. Tijekom velikih naoblaka udio difuzne komponente u globalnoj komponenti može iznositi čak i više od 90%.

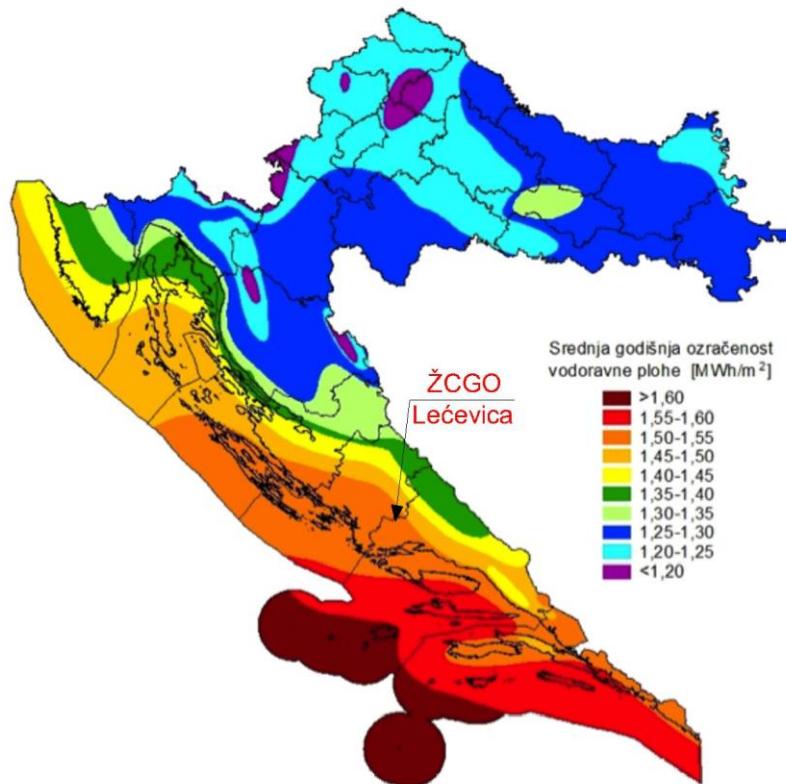
Osim dnevnih varijacija difuzne ozračenosti postoje i sezonske varijacije koje se najbolje očituju tijekom zimskih i ljetnih mjeseci. Postotni udio difuzne komponente ima manje sezonske varijacije na većim geografskim širinama nego na manjim. Budući da difuzna ozračenost dolazi iz svih smjerova neba, najveći udio difuzne komponente je na horizontalno nagnutu plohu u slučaju kad nije izražen utjecaj reljefa. Povećanjem nagiba plohe smanjuju se dijelovi neba iz kojih je moguće apsorbirati difuzno zračenje.



Slika 3-2 Prikaz globalne i difuzne ozračenosti tijekom tipičnog sunčanog dana

3.2.2 Osnovni podaci o ozračenosti iz javno dostupnih izvora

Za procjenu godišnje proizvodnje fotonaponske elektrane potrebno je poznavati višegodišnje prosjekte Sunčeve ozračenosti na najbližoj mjerenoj stanicici ili višegodišnje procjene ozračenosti na temelju satelitskih modela, a isti su dostupni iz različitih javnih izvora (EIHP, PVGIS, NASA i sl.).

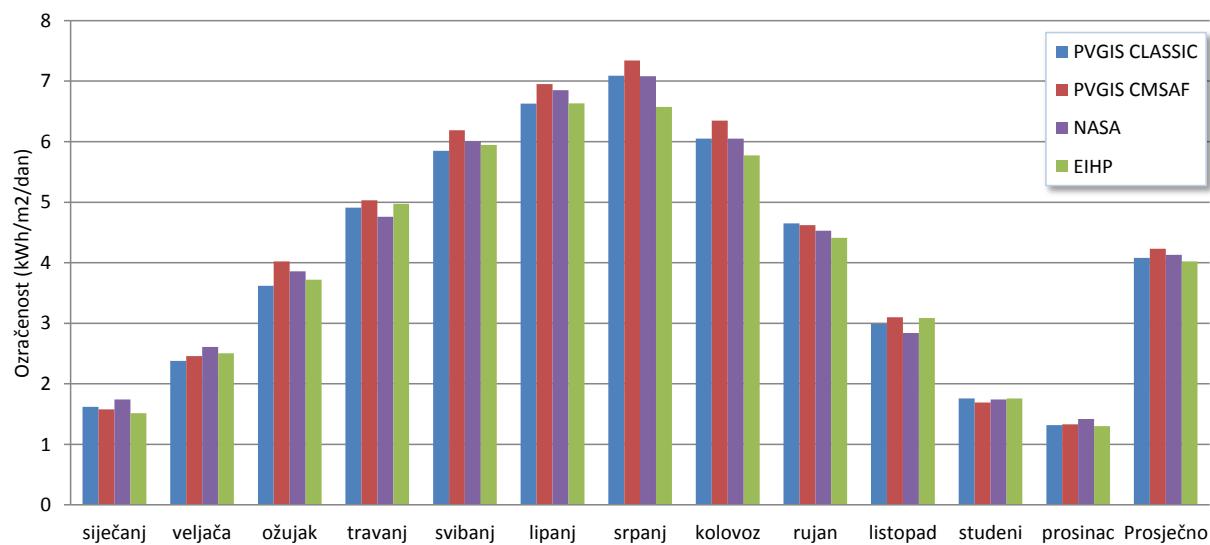


Slika 3-3 Srednja globalna godišnja ozračenost vodoravne plohe na području Republike Hrvatske

Višegodišnji podaci iz javnih izvora imaju odgovarajuće nesigurnosti u procjeni. Ako su na lokaciji dostupni kratkoročni mjerni podaci isti se mogu iskoristiti kako bi smanjile navedene nesigurnosti. Međutim, budući da nisu obavljena mjerena na lokaciji ŽCGO Lećevica, za potrebe ove studije koristit će javno dostupni podaci:

- PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) s dvije baze podataka (PVGIS –Classic i Climate SAF PVGIS),
- NASA (Surface Meteorology and Solar Energy),
- EIHP (Sunčev zračenje na području Republike Hrvatske, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, ožujak 2007.).

Navedeni izvori daju različite dugogodišnje podatke za različita vremenska razdoblja. Na slici 3-4 prikazani su mjesечni prosjeci srednje dnevne globalne ozračenosti horizontalne plohe. Očito je da postoji velika korelacija između javno dostupnih podataka. Razlike u ozračenosti posljedica su mjesecne, sezonske i godišnje varijabilnosti globalne ozračenosti zbog čega se javlja određena nesigurnost pri korištenju javno dostupnih podataka za procjenu proizvodnje fotonaponske elektrane. Nesigurnost se može do određenog iznosa smanjiti ako na lokaciji postoje mjerena ozračenosti.



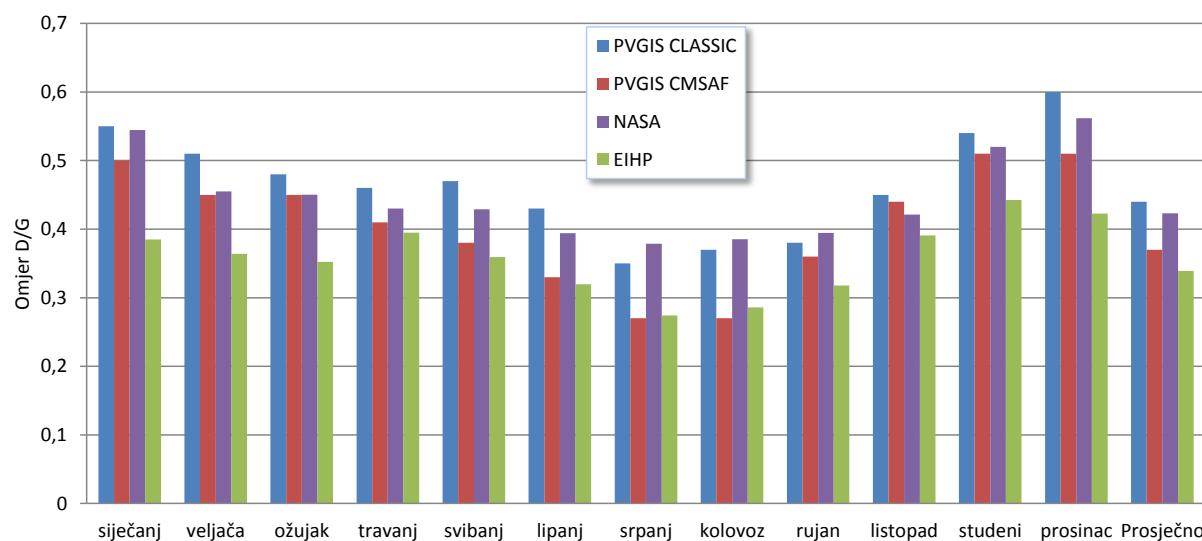
Slika 3-4 Usporedba horizontalne globalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora

Udio difuzne komponente u globalnoj komponenti (D/G) je bitan podatak zbog slijedećih razloga:

- manji udio difuzne komponente odnosno veći udio direktnе komponente uz isti iznos globalne komponente u praksi znači povećanje Sunčeve energije na plohu nagnutu pod nekim kutom prema jugu,
- difuzna komponenta općenito sadrži iznose zračenja $<600\text{W/m}^2$ i zračenje nižih valnih duljina, što je bitno pri izboru tehnologija jer različite tehnologije imaju različite odzive pri različitim udjelima difuzne komponente.

Prema javno dostupnim podacima udio difuzne komponente u globalnoj komponenti na mjesечноj razini varira u rasponu 15%-30%. Ako je riječ o ljetnim mjesecima udio difuzne komponente na

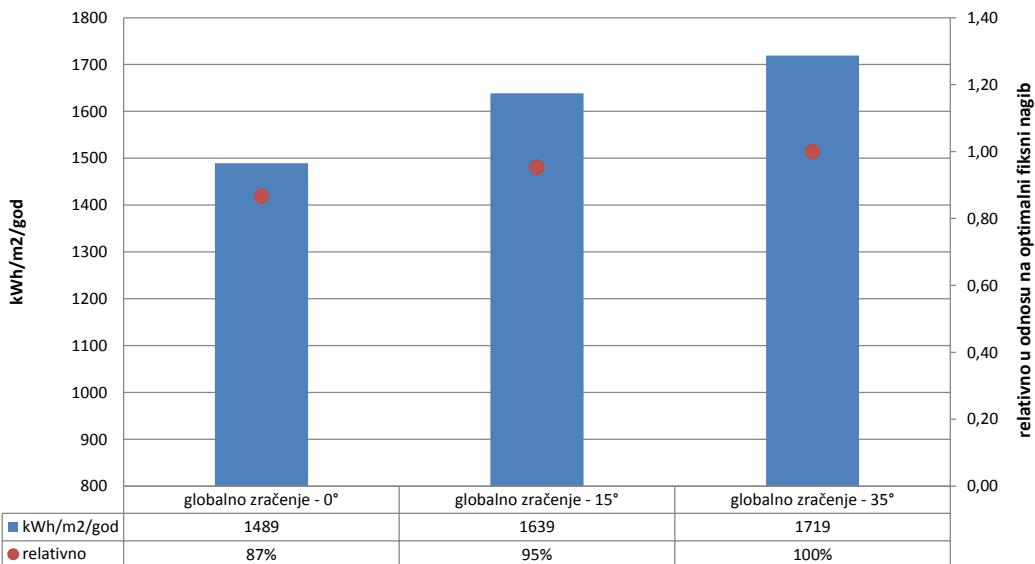
horizontalnu plohu je niži za cca 10-20% zbog pretežito sunčanih dana kada je mala prisutnost naoblaka. Tijekom zimskih mjeseci udio difuzne komponente se povećava. Na godišnjoj razini prosječni udio difuzne komponente iznosi od cca 34% na temelju podataka od NASA-e do cca 44% na temelju podatka od PVGIS Classic-a (slika 3-5). Potrebno je naglasiti da na udio difuzne komponente bitno utječe prisutnost naoblaka, zagađenosti, čestica prašine, kut nagiba plohe i reljef.



Slika 3-5 Omjer difuzne i globalne ozračenosti na temelju podataka iz javno dostupnih izvora

3.2.3 Energetski potencijal lokacije

Na osnovu javno dostupnih podataka Sunčeva zračenja napravljen je proračun ukupno dostupne energije Sunčeva zračenja na horizontalnu plohu i plohu nagnutu pod kutom od 35° , za lokaciju ŽCGO Lećevica (slika 3-6). Iz slike je vidljivo da je ukupno dostupna energija globalnog zračenja na horizontalnu plohu 13% manja nego na plohu nagnutu pod optimalnim kutom (35°), dok je ukupno dostupna energija globalnog zračenja na nagnutu plohu pod kutom od 15° manja za 5% u odnosu na optimum.



Slika 3-6 Godišnja energija globalnog zračenja na plohu pod kutom od 0°, 15° i 35°

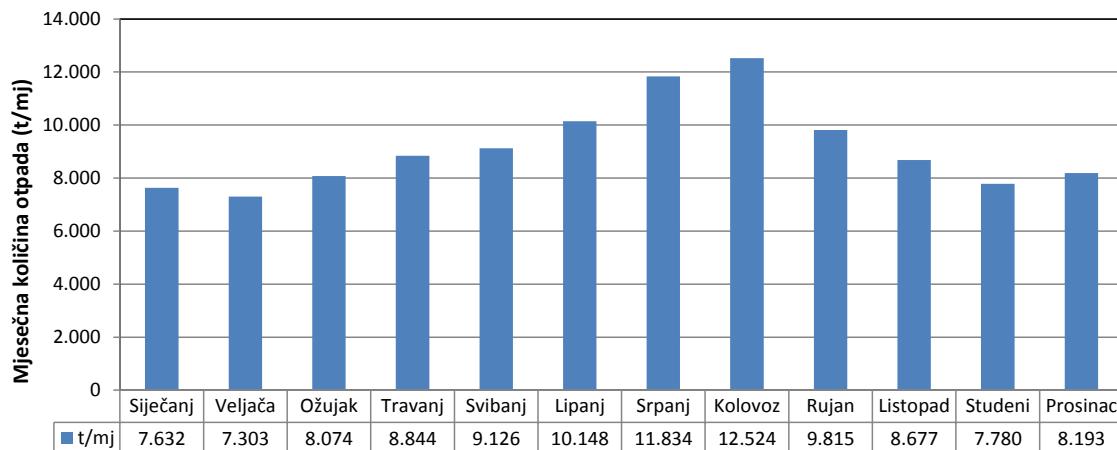
3.3 Analiza dostavljenih podataka o potrošnji električne energije ŽCGO

Dostavljeni podaci od Naručitelja na temelju kojih se procjenjuje potrošnja električne energije u ŽCGO Lećevica su:

- Očekivana potrošnja u rasponu od: 6.000 – 8.000 MWh/god,
- Očekivano vršno opterećenje: 2,75 MW
- Očekivane količine otpada za obradu po mjesecima (slika 3-7),
- Opis aktivnosti unutar postrojenja tijekom i van turističke sezone (slika 3-8),

S obzirom na dostavljeni raspon vrijednosti godišnje potrošnje pretpostavljena je srednja vrijednost od **7.000 MWh/god**. Navedena vrijednost je u proračunima pretpostavljena kao konstantna to jest nije razmatrano moguće povećanje potrošnje kroz godine rada ŽCGO. U slučaju povećanja potrošnje u budućnosti, isto će djelovati pozitivno na opravdanost investicije u FNE tako da je navedena pretpostavka na strani sigurnosti.

Uz poznatu ukupnu godišnju potrošnju objekta potrebno je procijeniti raspodjelu potrošnje kroz mjesec te se isto može procijeniti na temelju dostavljenih količina otpada koji se planiraju obraditi u ŽCGO Lećevica. Ukupne količine otpada po mjesecima dostavljene od Naručitelja su prikazane na slijedećoj slici.

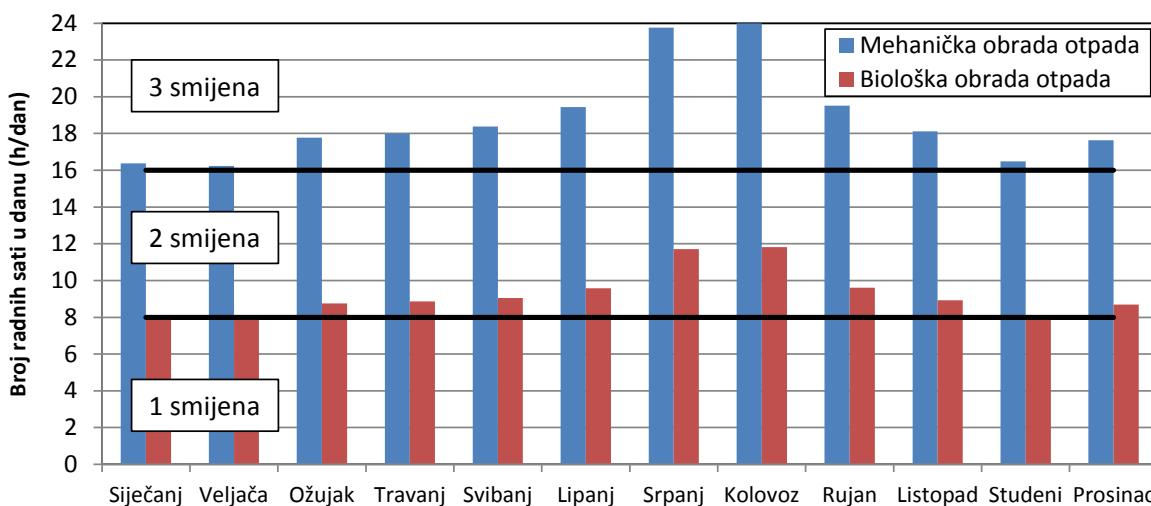


Slika 3-7 Planirane mjesečne količine otpada u ŽCGO Lećevica

Prema dostavljenim količinama može se vidjeti da je količina otpada koji se doveze u ŽCGO tijekom ljetnih mjeseci značajno veća u odnosu na ostali dio godine. Razlog navedenom je povećana turistička aktivnost pogotovo u srpnju i kolovozu.

Na osnovu dostavljenih podataka sa slike 3-7 i prepostavke da potrošnja električne energije direktno ovisi o količinama otpada, može se procijeniti mjesečna potrošnja električne energije tako da ukupna godišnja potrošnja odgovara prepostavljanom iznosu od 7.000 MWh.

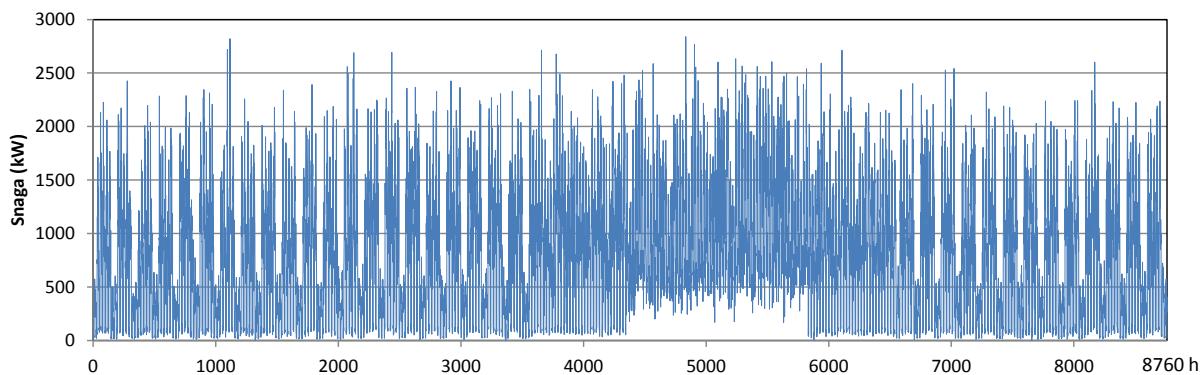
Od strane Naručitelja dostavljeno je i planirano trajanje smjenskog rada za dva najveća potrošača unutar ŽCGO a to su pogon za mehaničku i biološku obradu otpada. Dostavljeno trajanje smjenskog rada pojedinačnog postrojenja dano je na slijedećoj slici.



Slika 3-8 Broj radnih sati u danu za postrojenja mehaničke i biološke obrade otpada

Prema dostavljenim podacima očekivani rad postrojenja za mehaničku obradu otpada je u dvije radne smijene po 8 sati a tijekom vršnih ljetnih mjeseci čak i u tri smjene. Očekivani rad postrojenja za biološku obradu otpada je u jednoj smjeni od 8 sati, osim u ljetnim mjesecima gdje je procijenjeno i do 12 radnih sati na dan.

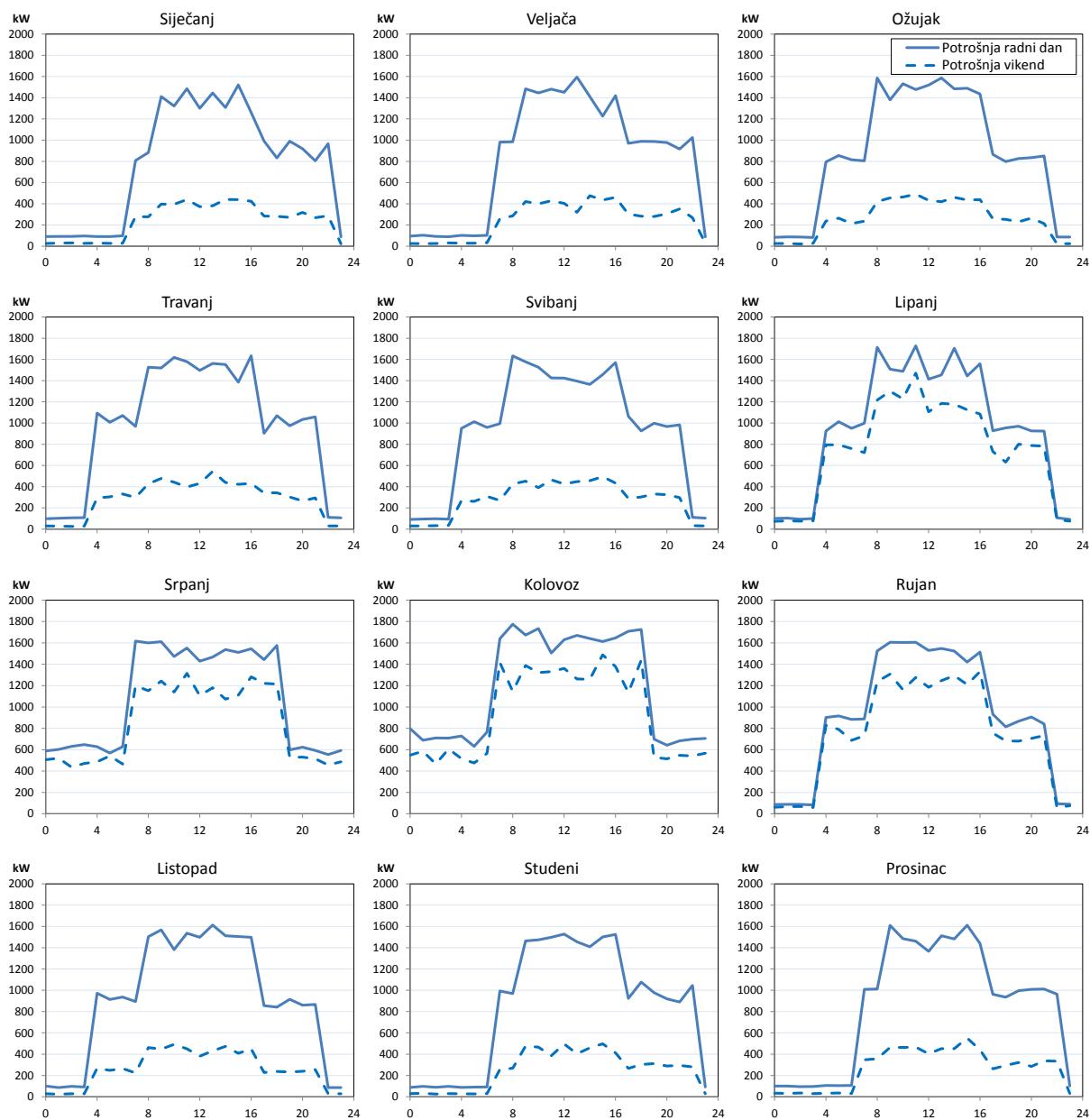
Na temelju prikazanih dostavljenih podataka simulirana je satna potrošnja električne energije pomoću programskega paketa HOMER Pro te je prikazana na slijedećoj slici.



Slika 3-9 Satene vrijednosti potrošne ŽCGO modelirane kroz cijelu godinu

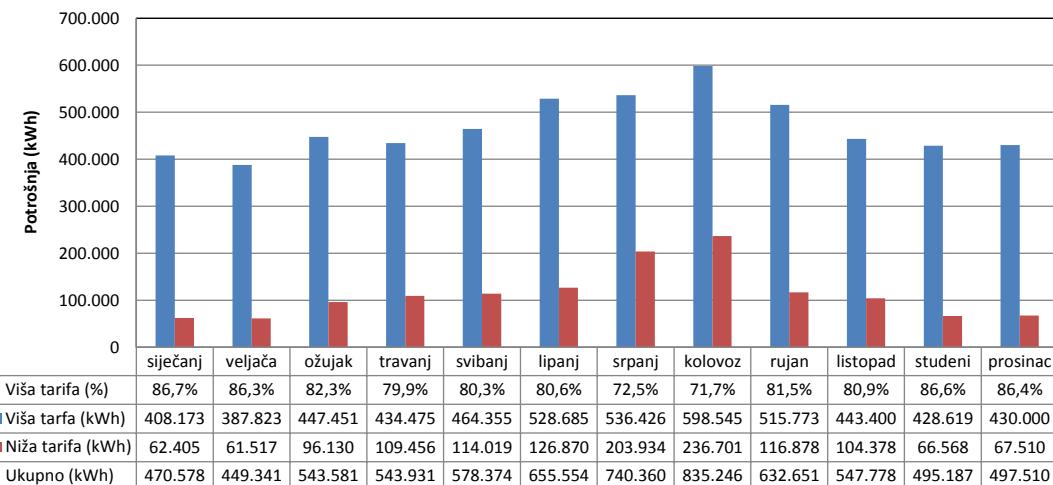
Simulirana je potrošnja objekta tako da ukupna satna potrošnja tokom godine iznosi pretpostavljenih 7.000 MWh, a vršno opterećenje oko 2,8 MW. Sa slike 3-9 vidljiv je utjecaj smjenskog rada tijekom ljetnih mjeseci kada pojedina postrojenja rade u tri smjene.

Na slici 3-10 dani su prosječni profili potrošnje za radne dane i vikende simulirani prema dostavljenim podacima.



Slika 3-10 Prosječni profili potrošnje po mjesecima za radne dane i vikende

Na temelju satnih modela proračunata je i potrošnja električne energije u višoj i nižoj tarifi za pojedine mjesecе, na slici 3-11 prikazana je konačno prepostavljena i modelirana potrošnja električne energije za ŽCGO Lećevica.



Slika 3-11 Procjena prosječne mjeseca potrošnje u VT i NT za ŽCGO

3.4 Varijantna rješenja FN elektrana i odabir osnovnog rješenja za krovne površine

Prema dostavljenim podlogama, potencijalne krovne površine ŽCGO Lećevica za montažu FN modula prikazane su u slijedećoj tablici.

Tablica 3-1 Potencijalne krovne površine ŽCGO Lećevica za montažu FN modula

Krovna površina objekata ŽCGO	Površina krova (m ²)
Nadstrešnica otvorenog kompostiranja	10.000
Pogon za mehaničku obradu otpada	8.750
Pogon za biološku obradu otpada	6.000
Postrojenje za obradu otpadnih voda	3.200
Reciklažno skladište	1.500
Servisni centar i praonica vozila	1.000
Upravna zgrada	450
Ukupna površina:	30.900

Kako bi se omogućila montaža FN modula na predviđenim krovnim površinama potrebno je krovne konstrukcije dimenzionirati za dodatno opterećenje FN modulima i montažnom konstrukcijom, što je predmet glavnog projekta, odnosno statičkog proračuna mehaničke otpornosti i stabilnosti krovne konstrukcije.

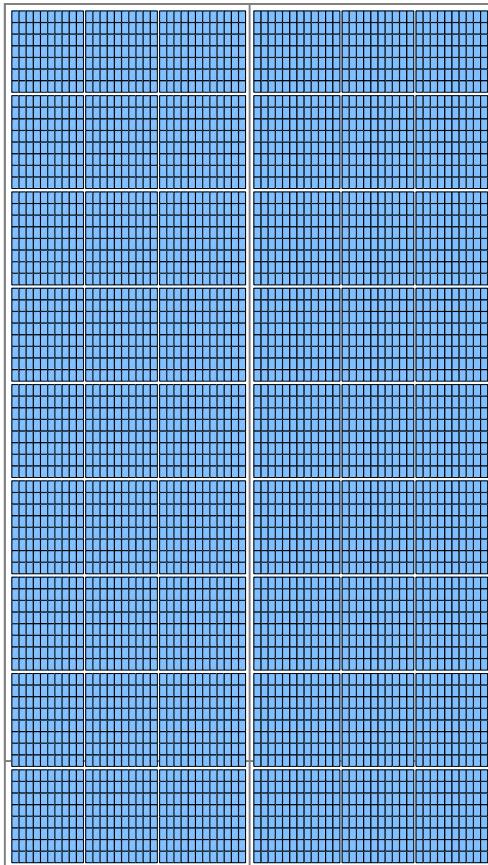
Proizvodnja fotonaponske elektrane primarno ovisi o karakteristikama ugrađenih FN modula, ozračenosti, orientaciji modula (kut i azimut modula), temperaturi, zasjenjenjima i karakteristikama invertera. Imajući u vidu da je postavljanje modula na krovnoj površini ograničeno površinom, predložene su dvije varijante postavljanja FN modula na prethodno navedenim krovnim površinama, i to:

- Varijanta 1 – FN moduli položeni na kosi krov na dvije vode (istok-zapad), na način da prate nagib krova, odnosno pod kutom od 5°, i azimut -90° (prema istoku) odnosno 90° (prema zapadu),

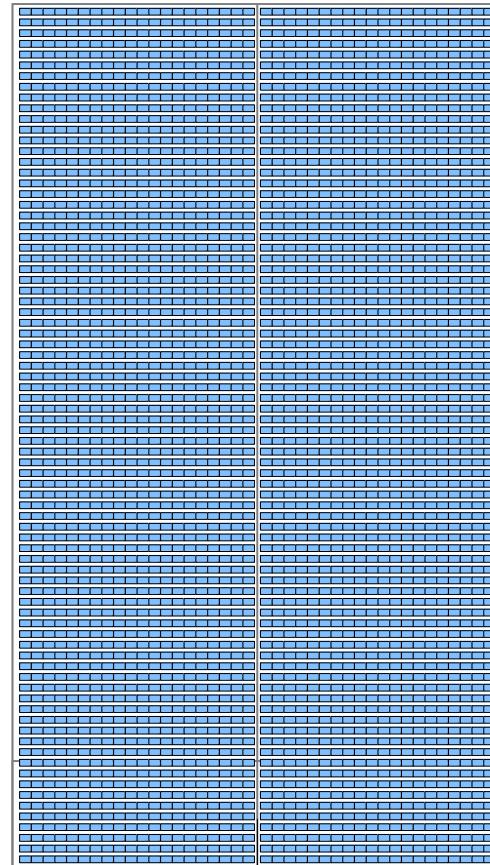
- Varijanta 2 – FN moduli položeni pod kutom od uz azimut 0° (prema jugu).

Slikama 3-12 i 3-13 prikazan je tlocrt odnosno presjek kosog krova pogona za mehaničku obradu otpada, prema predloženim varijantama.

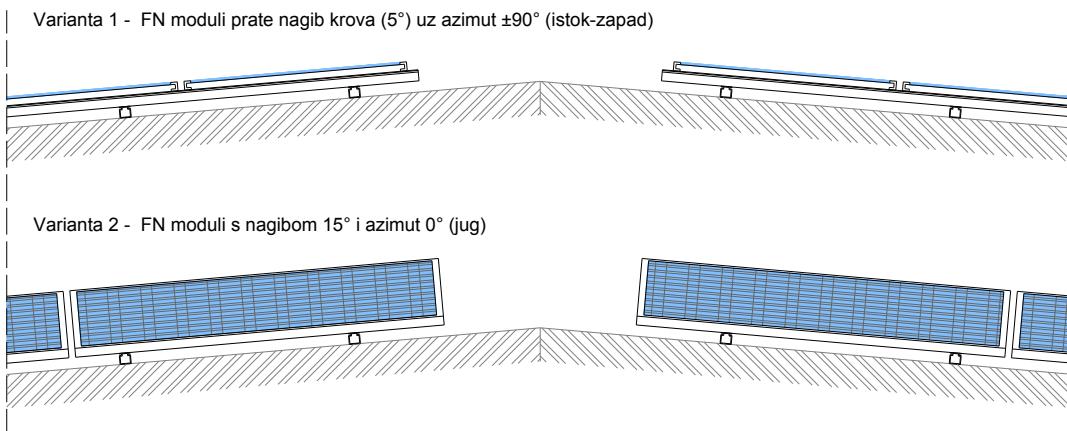
Varijanta 1 - FN moduli s nagibom 0° i azimut $\pm 90^\circ$



Varijanta 2 - FN moduli s nagibom 15° i azimut 0°



Slika 3-12 FN moduli na kosom krovu (5°) – tlocrt pogona za mehaničku obradu otpada



Slika 3-13 FN moduli na kosom krovu (5°) – presjek krova pogona za mehaničku obradu otpada

U skladu sa energetskim potencijalom lokacije, na temelju računalnih simulacija, može se dati okvirna procjena potrebne površine po jediničnoj snazi kao i specifična proizvodnja za svaku varijantu.

Za varijantu 1 – dvostrešni kosi krov istok-zapad s nagibom 5°, analizirane su slijedeće podvarijanate:

- FN moduli prate nagib krova (azimut -90°,+90°)
- FN moduli se postavljaju pod gutom 15° (azimut 0°)

Za varijantu 2 – ravni krov, analizirane su slijedeće podvarijanate:

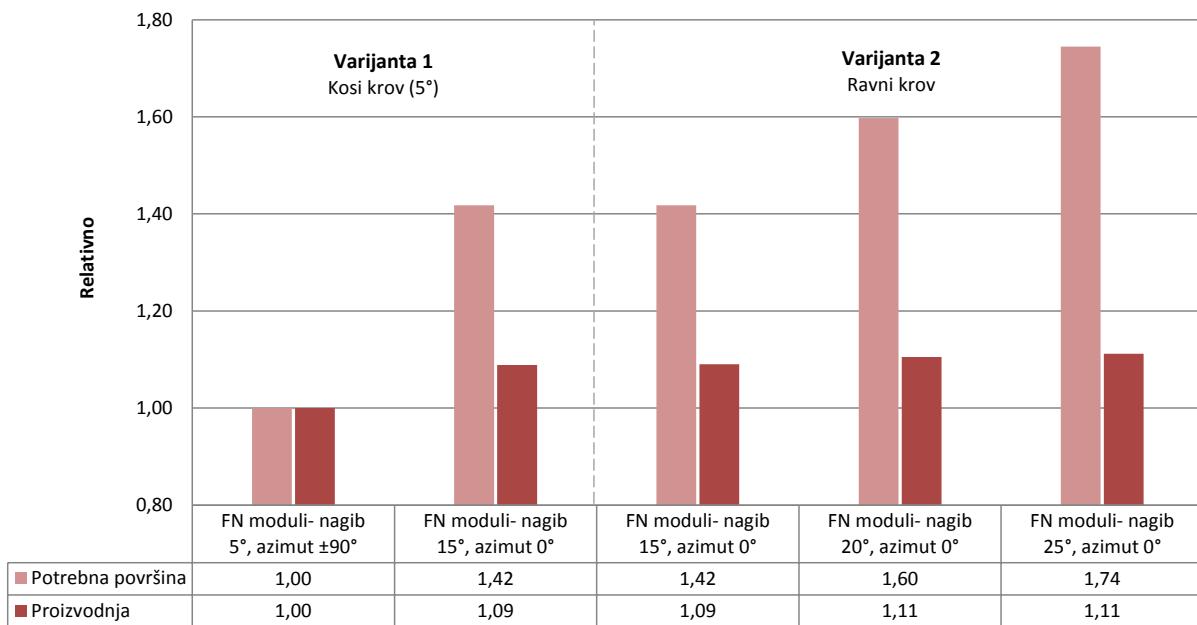
- FN moduli se postavljaju pod gutom 15° (azimut 0°)
- FN moduli se postavljaju pod gutom 20° (azimut 0°)
- FN moduli se postavljaju pod gutom 25° (azimut 0°)

U slijedećoj tablici dan je prikaz orientacijskih vrijednosti specifične proizvodnje i potrebne površine u odnosu na način montaže FN modula prema kojima će se vršiti osnovna procjena kapacitete ŽCGO Lećevica po pitanju maksimalne instalirane snage i proizvodnje iz FN sustava.

Tablica 3-2 Procjena potrebne površine i specifične proizvodnje u odnosu na način montaže FN modula

Način montaže FN modula		Potrebna površina (m ² /kWp)	Proizvodnja (kWh/kWp)
Varijanta 1 - Kosi krov s nagibom 5°	FN moduli prate nagib krova (azimut -90°,+90°)	8,2	1.180
	FN moduli pod kutom od 15° (azimut 0°)	11,7	1.285
Varijanta 2 - Ravni krov	FN moduli pod kutom od 15° (azimut 0°)	11,7	1.287
	FN moduli pod kutom od 20° (azimut 0°)	13,2	1.304
	FN moduli pod kutom od 25° (azimut 0°)	14,4	1.313

Relativni odnosi između ponuđenih varijanti prikazani su grafički na slijedećoj slici.



Slika 3-14 Relativni odnosi između ponuđenih varijanti za montažu FN modula

Za daljnju obradu razmatrati će se dvije osnovne varijante:

- Varijanta 1) – dvostrešni kosi krov - FN moduli prate nagib krova (azimut -90°,+90°)
- Varijanta 2) – ravni krov - FN moduli se postavljaju pod gutom 15° (azimut 0°)

Prema podacima o krovnim površinama u tablici 3-1 i procjeni potrebnih površina prema tablici 3-2, tablicom 3-3 prikazana je ukupna maksimalno moguća instalirana snaga prema podacima o krovnim površinama za dvije osnovne varijante.

Tablica 3-3 Procjena instalirane snage potencijalnih krovnih površina ŽCGO Lećevica

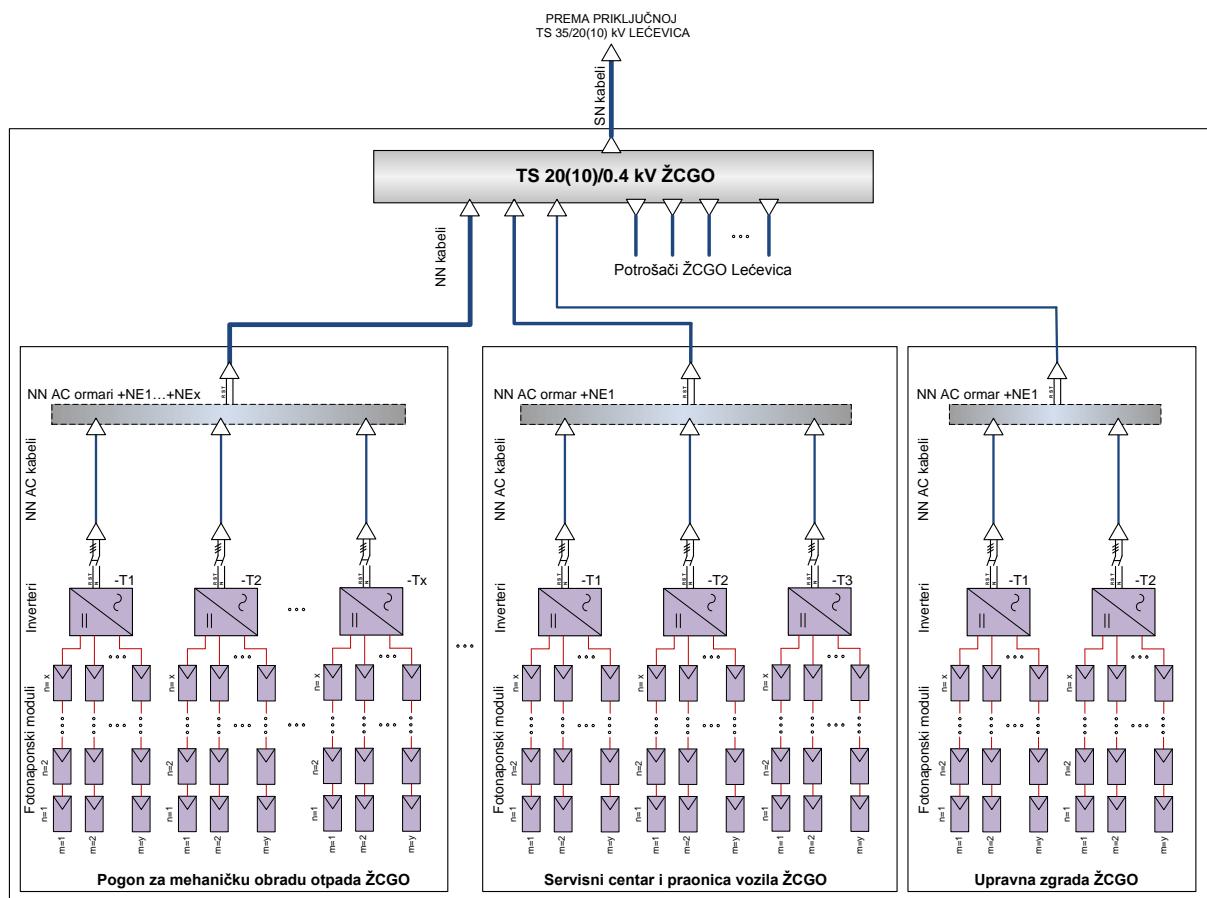
Krovna površina ŽCGO	Instalirana snaga FN sustava (kWp)	
	Varijanta 1 – nagib 5° i azimut ±90°	Varijanta 2 – nagib 15° i azimut 0°
Nadstrešnica otvorenog kompostiranja	1.213	853
Pogon za mehaničku obradu otpada	1.061	749
Pogon za biološku obradu otpada	728	510
Postrojenje za obradu otpadnih voda	388	273
Reciklažno skladište	182	126
Servisni centar i pronaonica vozila	121	86
Upravna zgrada	55	39
ŽCGO Lećevica UKUPNO:	3.748	2.636

Za montažu FN modula planirano je iskoristiti cijeli krov, no sama izvedba FN modula na krovu odnosno ukupna instalirana snaga ovisit će o izvedbi samog krova kao i predviđenim objektima na istom. Naime, važno je ostaviti dovoljne razmake od objekata na krovu (nadzida objekta, dimnjaci, stepenice i ljestve za pristup krovnim površinama, itd...) kako isti svojom sjenom ne bi negativno utjecali na proizvodnju FN modula.

3.5 Preporuka za tehničke karakteristike sastavnica SE

Rješenje energetskog razvoda fotonaponske elektrane ŽCGO Lećevica definirat će se glavnim, odnosno izvedbenim projektom, a načelni prikaz dan je na slijedećoj slici gdje je prikazana načelna shema jednog od mogućih rješenja.

Moduli se spajaju serijski u nizove za dobivanje željenog napona koji mora biti prilagođen karakteristikama invertera. Spajanjem više nizova paralelno dobiva se željena snaga na pojedinom inverteru. Inverteri se na izmjeničnoj strani grupiraju regrupacijskim AC ormarima koji se dalje povezuju sa niskonaponskim sklopnim blokom unutar TS 20(10)/0.4 kV gdje se transformacijom napona ostvaruje veza sa srednjenačenskom mrežom.

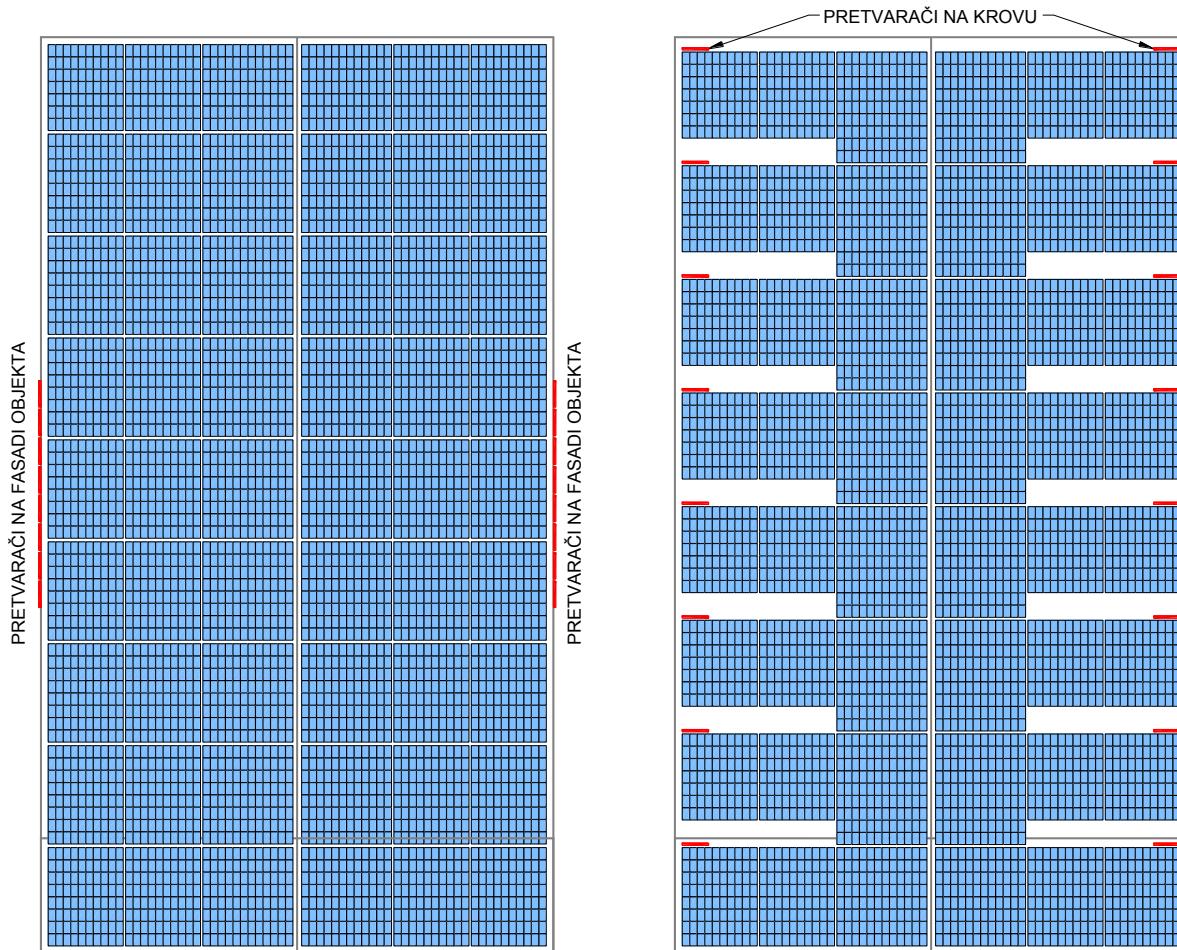


Slika 3-15 Načelna shema FNE ŽCGO Lećevica

Pretvarač (inverter)

U skladu s odabranim reprezentativnim FN modulom p-Si tehnologije, u daljnjoj razradi podrazumijeva se korištenje inverteera bez transformatora predviđen za više nizova FN modula (multi string transformerless inverter) predviđen za DC sustav do 1.000 V, no zbog rane faze razvoja projekta neće se isključiti i opcija s centralnim pretvaračima (za objekte na koje je moguće instalirati preko cca 300 kWp), a konačni odabir konkretnog proizvoda provesti će se u skladu s zatečenim stanjem tržišta, novim tehničkim spoznajama, i konkretnoj projektnoj razradi na razini glavnog, odnosno izvedbenog projekta.

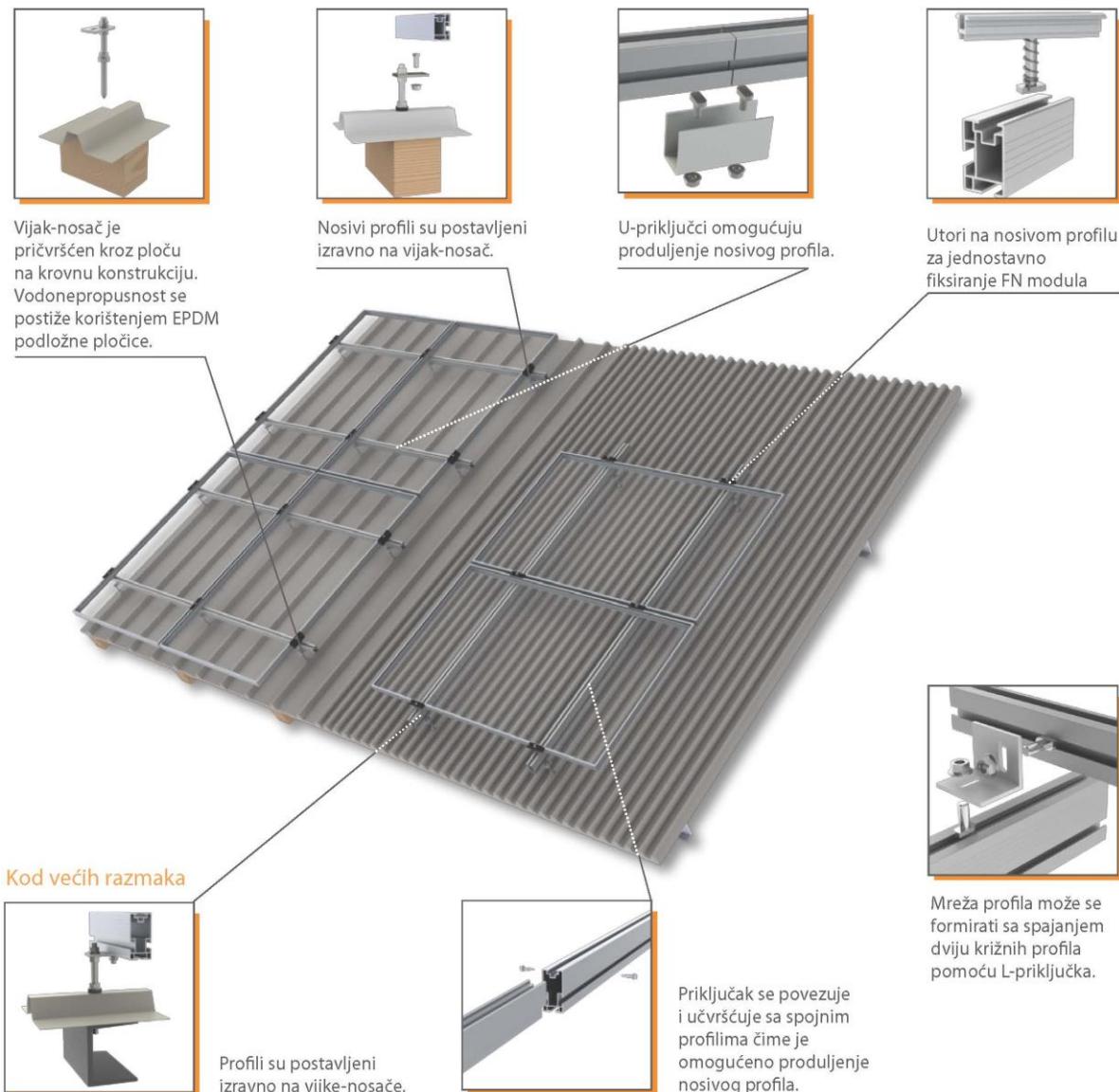
Slikom 3-16 na primjeru varijante 1) prikazane su dvije potencijalne lokacije montaže pretvarača, na fasadi objekta (lijevo) odnosno na samom krovu objekta (desno). Iz slike je vidljivo da je u slučaju montaže pretvarača na krovu objekta ukupna instalirana snaga FN modula manja, i to za cca 10-15% ovisno o odabiru samog invertera, njegovim dimenzijsama te preporukama Proizvođača za montažu istog. Također, u koliko bi se daljnjom razradom dokumentacije odabrao centralni pretvarač, njega nije moguće smjestiti na samom krovu objekta te bi se mogla iskoristiti cijela krovna površina za montažu FN modula (slika 3-16, lijevo). Za napomenuti je da opcija s pretvaračima na krovu značajno smanjuju potrebne duljine solarnih DC kabela.



Slika 3-16 Prikaz pozicije montaže pretvarača, na fasadi objekta (lijevo) te na krovu objekta (desno)

Konstrukcija za montažu FN modula

Poglavljem 2.4 prikazani su različiti načini montaže FN modula na kosim krovovima, dok su poglavljem 3.4 odabrane po dvije varijante za svaki objekt predviđen za montažu FN modula. Varijantom 1) FN modul je postavljen na krov na način da prate nagib i azimut krovne površine, dok se Varijantom 2) FN modul postavlja okomito na azimut krova, odnosno s azimutom 0° te nagibom od 15° , većim od samog nagiba krova (5°). Ovisno o samoj izvedbi kosog krova mogući su različiti načini učvršćenja montažne konstrukcije. Slikama 3-17 i 3-18 prikazan je način izvedbe montažne konstrukcije na limenim kosim krovovima za Varijantu 1), a slikama 3-19 i 3-20 za Varijantu 2).



Slika 3-17 Izvedba montažne konstrukcije na limenim kosim krovovima za Varijantu 1



Slika 3-18 Prikaz montažne konstrukcije i ugrađenih FN modula na kosom limenom krovu za Varijantu 1)



Slika 3-19 Izvedba montažne konstrukcije na limenim kosim krovovima za Varijantu 2)



Slika 3-20 Prikaz montažne konstrukcije i ugrađenih FN modula na kosom limenom krovu za Varijantu 2)

3.6 Proračun proizvodnje električne energije

3.6.1 Proračun proizvodnje električne energije za prvu godinu rada SE

3.6.1.1 Osnovne postavke

U cilju procjene proizvodnje fotonaponske elektrane, potrebno je poznavati dugogodišnje mjesечne prosjeke Sunčeva zračenja na lokaciji. Poglavljem 3.2 prikazani su javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja na lokaciji ŽCGO Lećevica. Kako bi procijenjena proizvodnja električne energije bila na strani sigurnosti, mjesечni prosjeci dnevnih vrijednosti srednjih temperatura, difuzne ozračenosti te globalne ozračenosti horizontalne plohe, preuzeti su iz izvora PVGIS Classic. Korišteni podaci su prikazani u tablici 3-4.

Tablica 3-4 Mjesečni projekti temperature i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji ŽCGO Lećevica

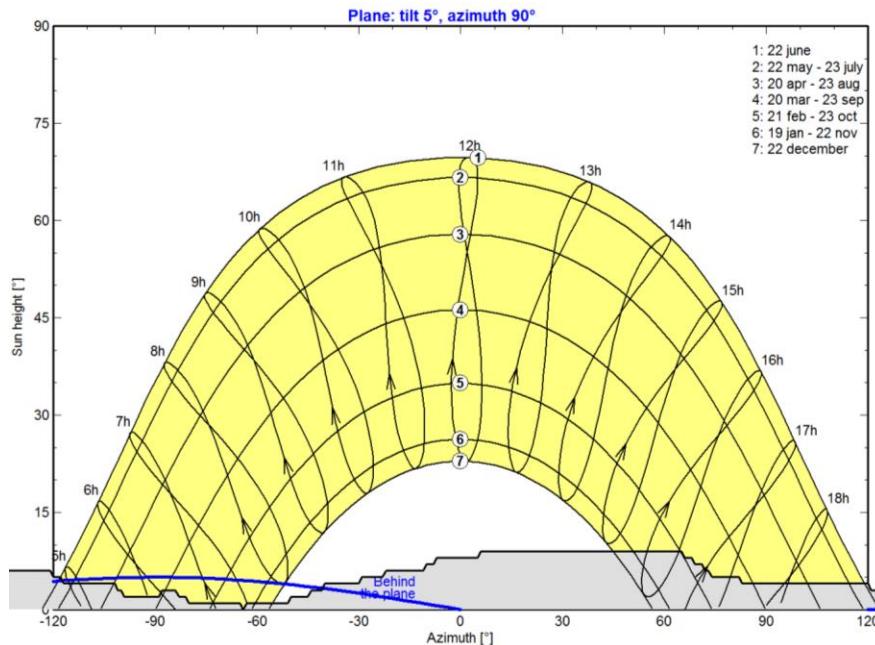
Mjesec	Prosjek dnevne temperature zraka [°C]	Prosjek globalne dnevne ozračenosti horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]	Prosjek difuzne dnevne ozračenosti horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]
siječanj	2.6	1.62	0.89
veljača	3.0	2.38	1.21
ožujak	6.9	3.62	1.74
travanj	11.1	4.91	2.26
svibanj	15.6	5.85	2.75
lipanj	19.8	6.63	2.85
srpanj	22.7	7.09	2.48
kolovoz	22.8	6.05	2.24
rujan	17.2	4.65	1.77
listopad	12.6	2.99	1.35
studeni	8.4	1.76	0.95
prosinac	3.9	1.32	0.79
prosjek	12.2	4.08	1.78

Procjena proizvodnje električne energije je napravljena u programu PVSYST na osnovu prethodno navedenih ulaznih podataka. PVSYST je računalni program koji omogućava dimenzioniranje, proračun proizvodnje, 3D simulacije zasjenjenja, analizu i obradu klimatološki podataka i osnovnu ekonomsku

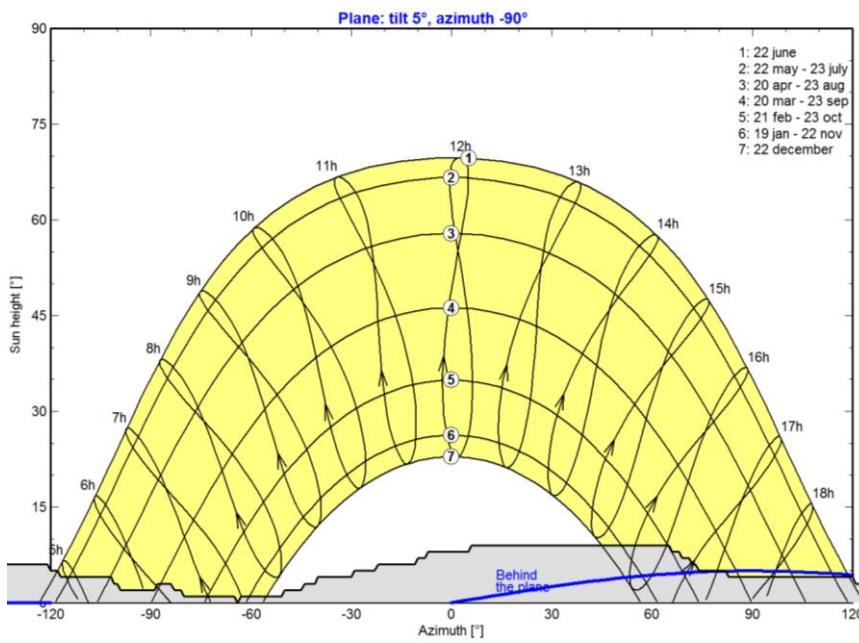
analizu fotonaponskog sustava. U programu PVSYST se detaljno računaju svi gubici fotonaponskog sustava, a to su:

a) Gubici zbog utjecaja reljefa na lokaciji

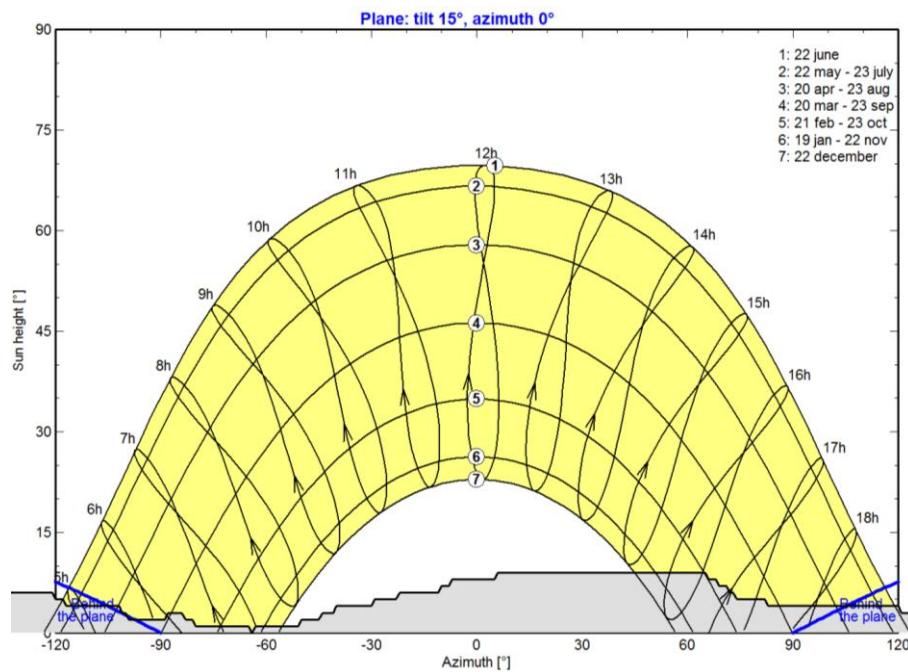
Na slikama 3-21 i 3-22 prikazan je utjecaj reljefa na trajanje sunčanog dana prema predloženoj Varijanti 1), odnosno slikom 3-23 prema Varijanti 2), s preklopljenim nagibom modula, iz koje je vidljivo da reljef nema značajan utjecaja na proizvodnju sustava osim zimi predvečer prije zalaska sunca.



Slika 3-21 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji ŽCGO Lećevica za FN module nagiba 5° s azimutom +90°



Slika 3-22 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji ŽCGO Lećevica za FN module nagiba 5° s azimutom -90°



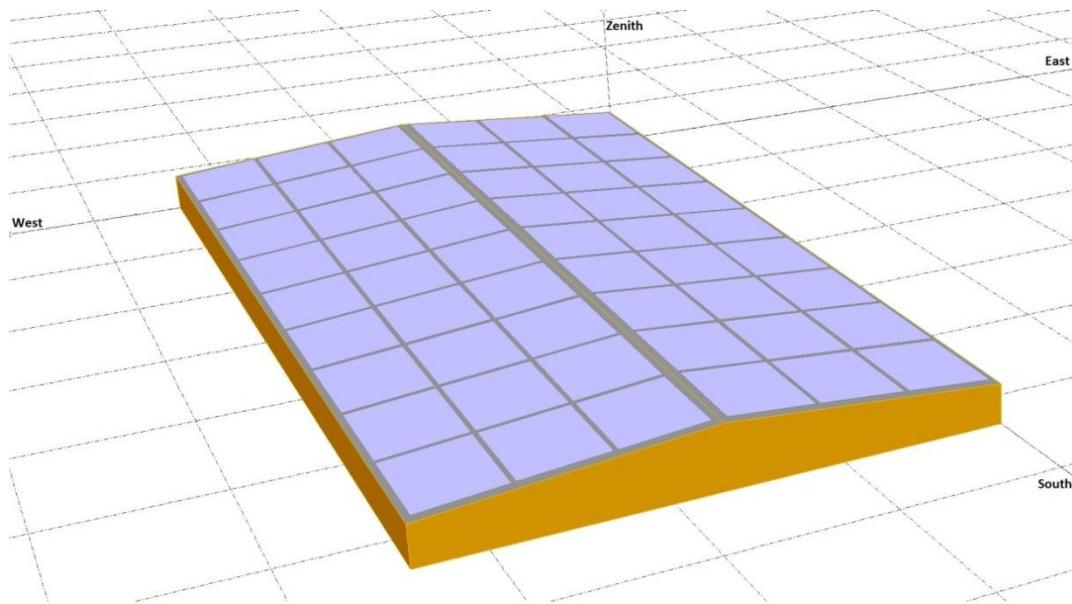
Slika 3-23 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji ŽCGO Lećevica za FN module nagiba 15° s azimutom 0°

b) Gubici zbog zasjenjenja

Gubici zbog zasjenjenja se dijele u dvije glavne kategorije:

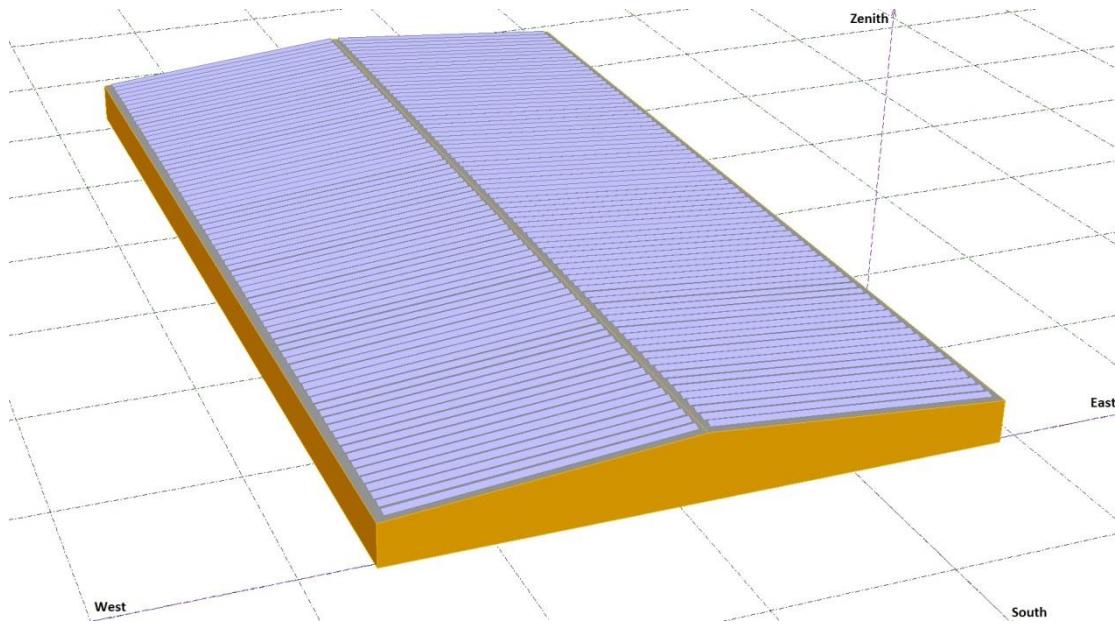
- gubici zbog međusobnog zasjenjenja redova fotonaponskih nizova,
- gubici zbog zasjenjenja okolnih objekata i uzvišenih dijelova građevine.

U slučaju Varijante 1) (FN moduli s nagibom 5° , i azimutom $\pm 90^{\circ}$) gubici zbog međusobnog zasjenjenja redova fotonaponskih nizova ne postoje jer moduli prate nagib krova. Gubici zasjenjenja zbog najviše kote kosog krova građevine su neizbjegni, a odnose se samo na period neposredno nakon izlaska te neposredno prije zalaska sunca. Na slici 3-24 prikazan je 3D model objekta pogona za mehaničku obradu otpada s rasporedom modula prema Varijanti 1).



Slika 3-24 3D model objekta MO i FNE – Varijanta 1) (FN modul s nagibom 5° i azimutom $\pm 90^\circ$)

U slučaju Varijante 2) (FN moduli s nagibom 15° , i azimutom 0°) potrebno je gubitke zbog međusobnog zasjenjenja redova fotonaponskih nizova svesti na najmanju moguću mjeru. Najniža podnevna visina sunca na lokaciji je 22.XII i iznosi 23° tako da su odabrane zaštitne zone konstruirane prema kutu zasjenjenja od 23° , što je u skladu sa zabilježenom praksom. U skladu s navedenim međusobni razmaci između redova modula iznosit će minimalno 0,6 m. Na slici 3-25 prikazan je 3D model objekta pogona za mehaničku obradu otpada s rasporedom modula prema Varijanti 2).



Slika 3-25 3D model objekta MO i FNE – Varijanta 2) (FN modul s nagibom 15° i azimutom 0°)

c) Gubici zbog utjecaja temperature

Nominalna radna temperatura modula (NOCT) definira se od strane Proizvođača FN modula. Kako se ovom studijom samo preliminarno odabire tip FN modula u proračunima će se prepostaviti NOCT

50°C što je na strani sigurnosti. U praksi se očekuje u rasponu od (45°C-50°C).

d) Gubici zbog smanjenja efikasnosti uslijed varijacije ozračenja u odnosu na STC

Gubici se odnose na promjenu odziva tehnologije modula odnosno efikasnosti pri promjeni intenziteta zračenja u odnosu na STC (1.000 W/m^2).

e) Gubici zbog utjecaja prljavštine

Ovi gubici se odnose na gubitke uzrokovane prljavštinom na modulima. Za potrebe proračuna se pretpostavlja da će čišćenje modula biti redovito, pogotovo za vrijeme sušnih mjeseci. U proračunima će se pretpostaviti utjecaj ovih gubitaka na smanjenje proizvodnje za 2% prema klasičnom dijagramu gubitaka fotonaponske elektrane. Procijenjeni iznos pretpostavlja pranje modula barem jednom mjesечно, a u suprotnom gubici mogu biti u rasponu od 3-6%.

f) Gubici zbog nepodudarnosti karakteristika FN modula

Zbog dozvoljenih proizvođačkih odstupanja uvjetovanih proizvodnim procesima, FN moduli se međusobno razlikuju u U/I karakteristikama zbog čega se javljaju određeni gubici uslijed nepodudarnosti. U ovom slučaju predmetni gubitci se iskustveno procjenjuju na 2%.

g) Gubici u kabelima na istosmjernoj i izmjeničnoj strani

Na istosmjernoj strani gubici se određuju prema broju nizova, radnom naponu, dužini i presjeku kabela. Na izmjeničnoj strani gubici će se računati na osnovu presjeka, tipa i dužine priključnog kabela.

h) Gubici u inverterima (pretvaračima)

Gubici se procjenjuju prema deklariranoj efikasnosti od strane proizvođača. Kako se ovom studijom ne planira odabir tipa invertera pretpostaviti će se efikasnost u iznosu od 97 %.

i) Gubici zbog spektralne osjetljivosti

Gubici su prvenstveno karakteristični za a-Si (amorfni silicij - thin film tehnologija) FN module, dok se za preliminarno odabrane p-Si FN module neće razmatrati.

j) IAM (eng. Incidence angle modifier) gubici zbog refleksije i transmisije na nagnutu plohu

Gubici su prvenstveno vezani za smanjenje zračenja na nagnutu plohu uzrokovani transmisijom i refleksijom zaštitnog sloja (npr. stakla) i površine celije. Procjenjuje se modelom u programu PVSYST.

k) Utjecaj vjetra

Vjetar može imati značajan utjecaj za smanjenje gubitaka jer djeluje pozitivno na odvođenje topline odnosno hlađenje modula, a posebno je izražen u vjetrovitim područjima (npr. bura u Dalmaciji). Međutim, u ovom slučaju isti se neće razmatrati zbog kompleksnosti modela koji bi zahtijevao procjenu brzine vjetra na lokaciji FNE samo tijekom perioda kada elektrana proizvodi. Ovakav pristup je na strani sigurnosti procjene proizvodnje.

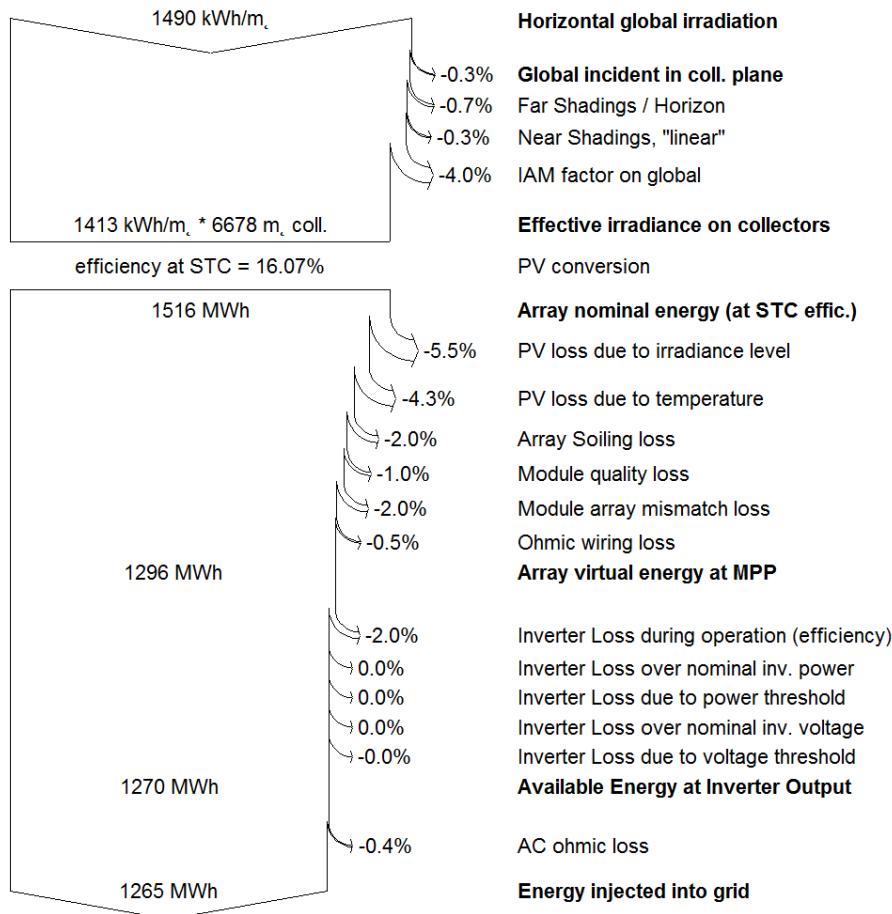
l) Dodatni gubici

Osim prethodno navedenih gubitaka u fotonaponskom sustavu se mogu javiti i dodatni gubici koji se vrlo teško mogu procijeniti. Prije svega radi se o gubicima zbog neraspoloživosti mreže nastalih zbog kvarova u mreži, održavanja ili neadekvatno udešenih odnosno neselektivnih zaštita u srednjenačkom dijelu mreže u vlasništvu HEP-ODS-a. Riječ je o gubicima na koje Vlasnik elektrane najčešće ne može utjecati, rijetko se događaju, a mogu uzrokovati dodatne gubitke posebno u

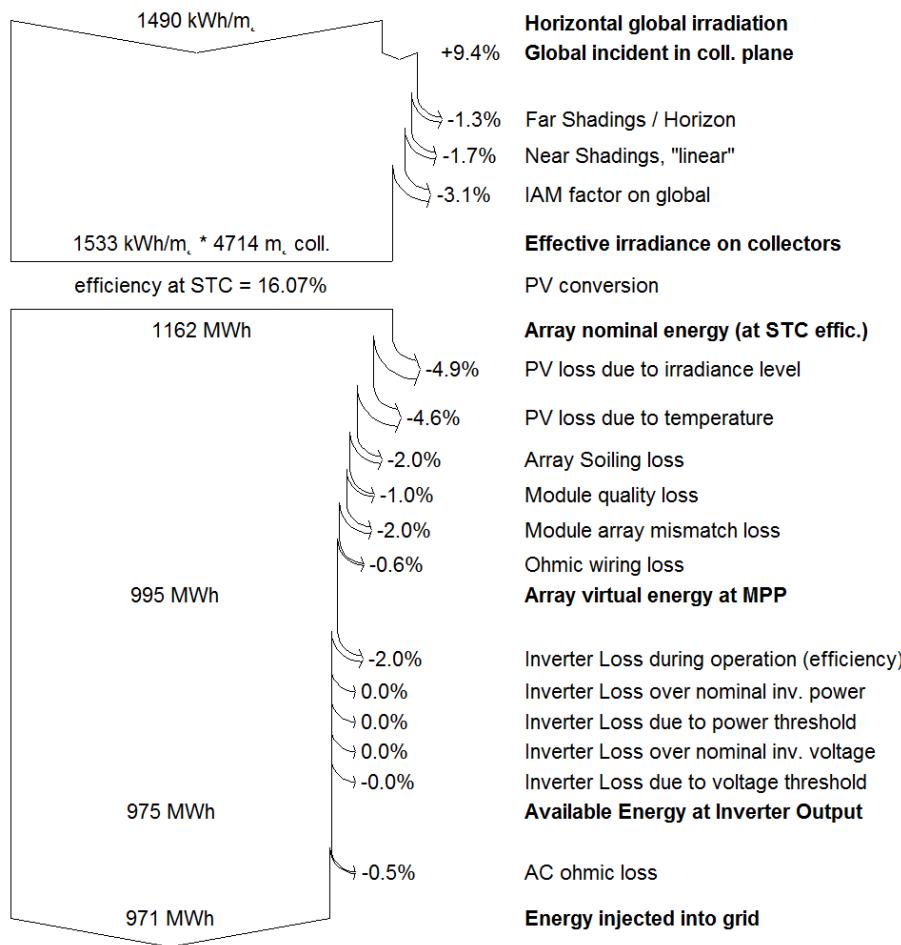
slučajevima ozbiljnijih kvarova (kvar na transformatoru i sl.). Ovi gubici obuhvaćaju i periode održavanja elektrane. Prepostavka je da se kvarovi neće često događati. U proračunima proizvodnje pretpostaviti će se dodatni gubici iznosa 1% od ukupne proizvodnje.

3.6.1.2 Pogon za mehaničku obradu otpada

Uvažavajući prethodno navedeno, napravljen je proračun proizvodnje za prethodno navedene ulazne podatke. Analiza svih gubitaka na lokaciji za Varijantu 1) prikazana je na slici 3-26, dok je za Varijantu 2) prikazana slikom 3-27.



Slika 3-26 Procjena proizvodnje – Varijanta 1) (FN modul s nagibom 5° i azimutom ±90°)



Slika 3-27 Procjena proizvodnje – Varijanta 2) (FN modul s nagibom 15° i azimutom 0°)

Za napomenuti je da su u pogonskim uvjetima apsolutne raspoloživosti sustava u praksi očekivane zamjetne oscilacije iskazanih vrijednosti, ponajviše zbog godišnjih varijacija sunčevog zračenja.

Tablicom 3-5, prikazani su izlazni rezultati procijene godišnje proizvodnje FNE Pogona za mehaničku obradu otpada ŽCGO Lećevica za obje varijante montaže modula.

Tablica 3-5 Proračun proizvodnje električne energije FNE Pogona za mehaničku obradu otpada ŽCGO Lećevica - sažetak

Podaci	Očekivana proizvodnja	
	Varijanta 1)	Varijanta 2)
Maksimalno moguća instalirana snaga [kWp]	1.061	749
Ukupno bez dodatnih gubitaka [MWh]	1.265	971
Dodatni gubici [%]	1%	1%
Ukupno [MWh]	1.252	962
Vrijeme angažiranja za baznu godinu [kWh/kWp]	1.180	1.285
Faktor angažiranja za baznu godinu [%]	13,47	14,67

3.6.1.3 Nadstrešnica otvorenog kompostiranja

Tablicom 3-6 prikazani su izlazni rezultati procijene godišnje proizvodnje FNE nadstrešnica otvorenog kompostiranja ŽCGO Lećevica.

Tablica 3-6 Proračun proizvodnje električne energije FNE Nadstrešnica otvorenog kompostiranja ŽCGO Lećevica - sažetak

Podaci	Očekivana proizvodnja	
	Varijanta 1)	Varijanta 2)
Maksimalno moguća instalirana snaga [kWp]	1.213	853
Ukupno bez dodatnih gubitaka [MWh]	1.445	1.107
Dodatni gubici [%]	1%	1%
Ukupno [MWh]	1.431	1.096
Vrijeme angažiranja za baznu godinu [kWh/kWp]	1.180	1.285
Faktor angažiranja za baznu godinu [%]	13,47	14,67

3.6.1.4 Pogon za biološku obradu otpada

Tablicom 3-7 prikazani su izlazni rezultati procijene godišnje proizvodnje FNE Pogona za biološku obradu otpada ŽCGO Lećevica.

Tablica 3-7 Proračun proizvodnje električne energije FNE Pogona za biološku obradu otpada ŽCGO Lećevica - sažetak

Podaci	Očekivana proizvodnja	
	Varijanta 1)	Varijanta 2)
Maksimalno moguća instalirana snaga [kWp]	728	510
Ukupno bez dodatnih gubitaka [MWh]	868	662
Dodatni gubici [%]	1%	1%
Ukupno [MWh]	859	655
Vrijeme angažiranja za baznu godinu [kWh/kWp]	1.180	1.285
Faktor angažiranja za baznu godinu [%]	13,47	14,67

3.6.1.5 Postrojenje za obradu otpadnih voda

Tablicom 3-8 prikazani su izlazni rezultati procijene godišnje proizvodnje FNE Postrojenje za obradu otpadnih voda ŽCGO Lećevica.

Tablica 3-8 Proračun proizvodnje električne energije FNE Postrojenje za obradu otpadnih voda ŽCGO Lećevica - sažetak

Podaci	Očekivana proizvodnja	
	Varijanta 1)	Varijanta 2)
Maksimalno moguća instalirana snaga [kWp]	388	273
Ukupno bez dodatnih gubitaka [MWh]	463	355
Dodatni gubici [%]	1%	1%
Ukupno [MWh]	458	351
Vrijeme angažiranja za baznu godinu [kWh/kWp]	1.180	1.285
Faktor angažiranja za baznu godinu [%]	13,47	14,67

3.6.1.6 Reciklažno skladište

Tablicom 3-9 prikazani su izlazni rezultati procijene godišnje proizvodnje FNE Reciklažno skladište ŽCGO Lećevica.

Tablica 3-9 Proračun proizvodnje električne energije FNE Reciklažnog skladišta ŽCGO Lećevica - sažetak

Podaci	Očekivana proizvodnja	
	Varijanta 1)	Varijanta 2)
Maksimalno moguća instalirana snaga [kWp]	182	126
Ukupno bez dodatnih gubitaka [MWh]	217	164
Dodatni gubici [%]	1%	1%
Ukupno [MWh]	215	162
Vrijeme angažiranja za baznu godinu [kWh/kWp]	1.180	1.285
Faktor angažiranja za baznu godinu [%]	13,47	14,67

3.6.1.7 Servisni centar i praonica vozila

Tablicom 3-10 prikazani su izlazni rezultati procijene godišnje proizvodnje FNE Servisni centar i praonica vozila SE ŽCGO Lećevica.

Tablica 3-10 Proračun proizvodnje električne energije FNE Servisni centar i praonica vozila ŽCGO Lećevica - sažetak

Podaci	Očekivana proizvodnja	
	Varijanta 1)	Varijanta 2)
Maksimalno moguća instalirana snaga [kWp]	121	86
Ukupno bez dodatnih gubitaka [MWh]	144	111
Dodatni gubici [%]	1%	1%
Ukupno [MWh]	143	110
Vrijeme angažiranja za baznu godinu [kWh/kWp]	1.180	1.285
Faktor angažiranja za baznu godinu [%]	13,47	14,67

3.6.1.8 Upravna zgrada

Tablicom 3-11 prikazani su izlazni rezultati procijene godišnje proizvodnje FNE Pogona za mehaničku obradu otpada ŽCGO Lećevica.

Tablica 3-11 Proračun proizvodnje električne energije FNE Upravna zgrada ŽCGO Lećevica - sažetak

Podaci	Očekivana proizvodnja	
	Varijanta 1)	Varijanta 2)
Maksimalno moguća instalirana snaga [kWp]	55	38
Ukupno bez dodatnih gubitaka [MWh]	65	50
Dodatni gubici [%]	1%	1%
Ukupno [MWh]	64	49
Vrijeme angažiranja za baznu godinu [kWh/kWp]	1.180	1.285
Faktor angažiranja za baznu godinu [%]	13,47	14,67

3.6.2 FNE ŽCGO Lećevica -sumarno

Na osnovu prethodno navedenih pretpostavki Sunčevog zračenja na lokaciji FNE ŽCGO Lećevica, proračunima izvedenim na osnovi zabilježenih meteoroloških podataka, tipa fotonaponskih modula i predložene dispozicije, te uvažavajući dodatne gubitke (kvarovi, neraspoloživost mreže, itd.) u iznosu minimalno cca 1%, procjenjuje se:

- Varijanta 1 (FN moduli na kosom krovu, nagib FN modula 5° s azimutom $\pm 90^\circ$) - za maksimalno moguću instaliranu snagu 3.748 kWp - godišnja proizvodnja u iznosu od 4.422 MWh
- Varijanta 2 (FN moduli na kosom krovu, nagib FN modula 15° , s azimutom 0°) - za maksimalno moguću instaliranu snagu 2.636 kWp - godišnja proizvodnja u iznosu od 3.385 MWh

Rezultati su prikazani slijedećom tablicom.

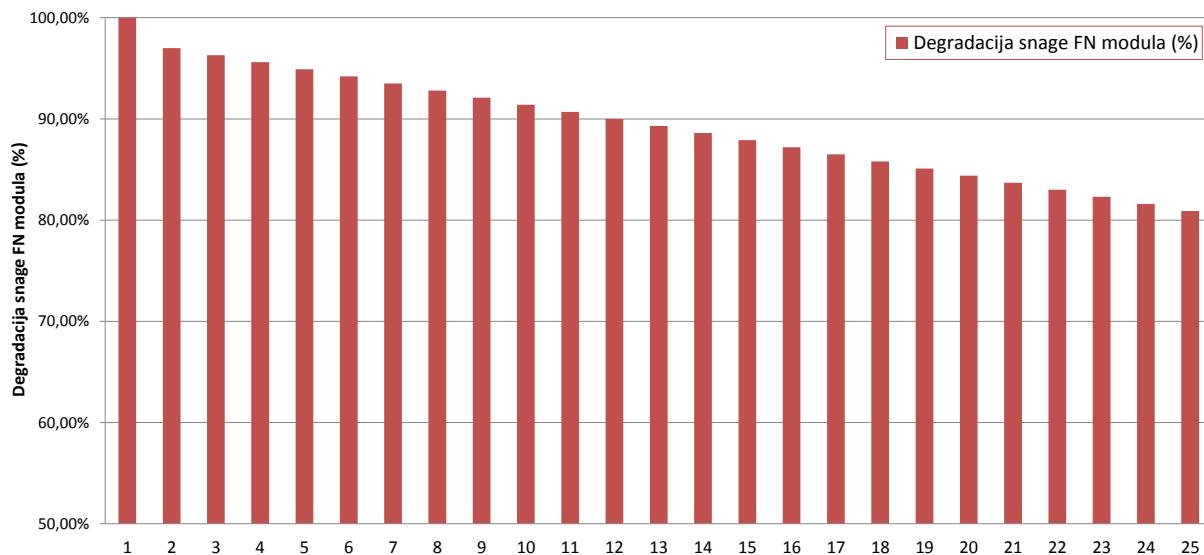
Tablica 3-12 Maksimalna instalirana snaga i proizvodnja električne energije ŽCGO Lećevica - sumarno

Objekt	Varijanta 1)		Varijanta 2)	
	Max. Instalirana snaga [kWp]	Godišnja proizvodnja [kWh]	Max. Instalirana snaga [kWp]	Godišnja proizvodnja [kWh]
Nadstrešnica otvorenog kompostiranja	1.213	1431	853	1.096
Pogon za mehaničku obradu otpada	1.061	1252	749	962
Pogon za biološku obradu otpada	728	859	510	655
Postrojenje za obradu otpadnih voda	388	458	273	351
Reciklažno skladište	182	215	126	162
Servisni centar i praonica vozila	121	143	86	110
Upravna zgrada	55	64	39	49
ŽCGO Lećevica UKUPNO:	3.748*	4.422	2.636*	3.385

Napomena* - Sve snage, a posebno snage iznad procijenjene maksimalne snage potrošnje od 2.8 MW treba posebno provjeriti spram aspekta priključka na mrežu

3.6.3 Procjena utjecaja degradacije na dugoročnu proizvodnju ŽCGO Lećevica

Tijekom životnog vijeka proizvodnja će opadati zbog utjecaja degradacije, a ovisno o konačno odabranim modulima. Za c-Si module uobičajena degradacija iznosi 2-4% za prvu godinu, a zatim linearno opada i do 12 godine iznosi 90% nominalne snage odnosno do 25 godine iznosi 80% nominalne snage, što je i prikazano slijedećom slikom te u skladu s time očekuje se smanjenje proizvodnje sustava.



Slika 3-28 Degradacija snage FN modula za pretpostavljeni 25-godišnji životni vijek elektrane

S obzirom na prethodno navedeno i uvažavajući degradaciju modula prema dostupnim podacima od Proizvođača modula, izvršen je proračun proizvodnje za 25-godišnji životni vijek elektrane uz pretpostavljenu degradaciju FN modula te nepromijenjene ostale gubitke u sustavu.

3.7 Planiranje optimalne instalirane snage fotonaponske elektrane

U prethodnim poglavljima dane su analize dostupnih krovnih površina za postavljanje FN modula te je na osnovu istih procijenjena maksimalna moguća instalirana snaga FN modula na pojedinim objektima u promatranih varijantama 1) i 2). Procijenjena maksimalna moguća instalirana snaga FN modula na krovovima promatranih građevina je po varijantama:

- Varijanta 1) – dvostrešni krov u smjeru istok zapad (nagib FN modula 5° , azimut $\pm 90^\circ$) – maksimalna instalirana snaga: 3.748 MW,
- Varijanta 2) – ravni krov (nagib 15° , i azimut 0°) – maksimalna instalirana snaga: 2.636 MW.

Treba napomenuti da se navedena instalirana snaga odnosi na maksimalno moguću uz pretpostavku da na se krovnim površinama ne planiraju dodatni objekti koji bi sprječavali postavljanje određenog dijela modula ili bi stvarali sjenu na istim te je stoga potrebno držati razmak modula od tih objekata. U tom slučaju instalirana snaga FN modula bi bila manja od maksimalno mogućih za varijante 1) i 2).

Treba napomenuti da se FN elektrana planira u svrhu pokrivanja vlastite potrošnje sa mogućnošću predaje viška proizvedene energije u mrežu. Ovisno o instaliranoj snazi FN elektrane udjeli proizvodnje koja se koristit za vlastite potrebe i udio proizvodnje koji se isporuči u mrežu značajno će varirati. Također, isto značajno ovisi i o samom profilu potrošnje (dnevni/mjesečni) koji je pretpostavljen na osnovu ulaznih podataka, prikazanih u poglavlju 3.3.

Budući da je cijena električne energije koju će ŽCGO plaćati kao potrošač značajno veća (2 do 3 puta) od cijene koju može postići prodajom viška proizvodnje u mrežu, jasno je da treba optimirati snagu instalirane FN elektrane tako da se postigne optimalan omjer proizvodnje koji se koristi za vlastite potrebe i dijela koji se predaje u mrežu. U slučaju prevelike instalirane snage veći dio proizvodnje će se isporučivati u mrežu po nižim cijenama što će u konačnici produljiti vrijeme povrata uloženog

kapitala i smanjiti pozitivne finansijske pokazatelje isplativosti projekta. Stoga je potrebno napraviti proračune bilance proizvodnje i osnovne finansijske analize za određeni raspon instalirane snage FN elektrane kako bi se odredila varijanta sa najpovoljnijim vremenom povrata investicije.

Na osnovu izračunatih energetskih pokazatelja (bilance proizvodnje i potrošnje) i otkupnih cijena električne energije, kao i pretpostavljenih prodajnih cijena za višu i nižu tarifu iz mreže, napravljena je i odgovarajuća finansijska analiza isplativosti projekta, pri čemu se prihodi ostvaruju:

- kao izbjegnuti troškovi na račun električne energije koja se koristi za pokrivanje vlastite potrošnje (troškovi energije + mrežarina + naknada za OIE + ostale naknade koje se računaju po kWh),
- prihodi od prodaje viškova električne energije.

Osnovni ulazni finansijski parametri korišteni u analizi prihoda i odabiru optimalne varijante prikazani su u sljedećem poglavljju.

3.7.1 Ulazni parametri

Za potrebe osnovne finansijske analize projekta pretpostavljeni su ulazni parametri, a u prvom redu isto se odnosi na cijenu električne energije (bez PDV-a) na srednjem naponu koja je dana u tablici 3-13. Prikazane cijene za potrošnju električne energije (uključujući mrežarinu i ostale naknade koje se obračunavaju po kWh) su formirane prema dostupnim informacijama za potrošače na srednjem naponu. Cijene električne energije ovise o tržišnim kretanjima te se iste definiraju u kupoprodajnom ugovoru za električnu energiju sa nekim od opskrbljivača na tržištu. Iz navedenih razloga trenutno ne mogu biti poznate cijene električne energije koje će postići ŽCGO Lećevica sa opskrbljivačem te iste mogu u konačnici manje ili više varirati u odnosu na prikazane.

Treba napomenuti da se analiza isplativosti dalje u dokumentu odnosi samo na potrebe odabira optimalne instalirane snage FN elektrane, a da će se detaljna analiza isplativosti FN elektrane za odabranu snagu obraditi u sveobuhvatnoj studiji izvodljivosti za projekt ŽCGO Lećevica.

Tablica 3-13 Procjena cijena električne energije za kupnju iz mreže i prodaju u mrežu

	Cijena električne energije		Cijena		
	Stavka	kn/kWh	kn/kWh	€/MWh	
POTROŠNJA	Viša tarifa - VT	El. energija	0,361	0,57	74,80
		Mrežarina	0,170		
		Ostale naknade*	0,039		
	Niža tarifa - NT	El. energija	0,241	0,36	47,18
		Mrežarina	0,080		
		Ostale naknade*	0,039		
PRODAJA	Otkupna tarifa (kWh)	El. energija	0,250	0,250	32,89

Ostale naknade navedene u višoj i nižoj tarifi uključuju naknade za obnovljive izvore energije (OIE) i trošarine za poslovnu upotrebu električne energije.

Prema saznanjima izrađivača elaborata, otkupna cijena električne energije na tržištu iz FN sustava kreće se u rasponu od 0,25 – 0,35 kn/kWh te je u proračunu konzervativno preuzeta cijena od 0,25 kn/kWh. Uvažavajući ovakav konzervativan pristup otkupne cijene električne energije rezultira u proračunu optimalne instalirane snage odabir sustava sa većim udjelom proizvodnje koja se koristi za pokrivanje vlastitih potreba. Razlog navedenom je cijena potrošnje u višoj tarifi koja je oko 2,28 puta veća od otkupne cijene za višak proizvodnje koji se predaje u mrežu.

Treba naglasiti da gledajući razliku cijene električne energije VT (0,361 kn/kWh) i pretpostavljene otkupne cijene električne energije (0,25 kn/kWh) radi o razlici od cca 30% te da postoji mogućnost i povoljnijeg dogovora s opskrbljivačima. Međutim u slučaju da se dogovori nešto povoljnija cijena otkupa viška proizvedene el. energije, u ovom slučaju isti biti presudan za isplativost projekta jer se FN sustav za ŽCGO Lećevica dimenzionira da se što više energije troši unutar objekta.

3.7.2 Procjena investicijskih troškova

Razvoj projekta fotonaponske elektrane uključuje tehničke elemente razvoja projekta, ishođenje potrebnih dozvola, osiguranja i financiranje konstrukcije za izgradnju elektrane, tj.:

- sve tehničke istražne radnje/aktivnosti, odabir tehnologije, definiranje idejnog rješenja fotonaponske elektrane u cijelosti i sl.,
- izradu projektne i prateće dokumentacije (idejno rješenje, idejni i glavni-izvedbeni projekt, prateći elaborati i studije),
- ishođenje dozvola i ugovora za priključak na elektroenergetsku mrežu te potrebnu dokumentaciju i dozvole za izgradnju elektroenergetskih objekata,
- osiguranje vlastitih sredstava i zatvaranje finansijske konstrukcije,
- izradu tendera, ugovaranje opreme i radova,
- menadžment i vođenje projekta u cjelini.

Osim gore navedenih troškova razvoja projekta do faze u kojoj je SE spremna za gradnju, tijekom izgradnje i puštanja u pogon javljaju se dodatni troškovi vezani za tehničku dokumentaciju, ishođenje dozvola i ugovora, nadzor te ispitivanje u pokusnom radu.

Priključak na mrežu u sklopu planirane TS u ovom slučaju procjenjuje na iznos od 45.000 €. Isti uključuje troškove proširenje planirane TS za potrebe priključka i ugradnja dodatne elektro opreme za prihvrat proizvodnje FN sustava i radova na priključku.

Za potrebe procijene ukupnih investicijskih troškova za potrebe modela optimizacije instalirane snage potrebno je razlikovati varijabilne i fiksne troškove u investiciji. Fiksni troškovi su troškovi koji ne ovise o veličini FN elektrane za promatrani raspon snaga a to su troškovi priključka na mrežu i ishođenja projektne dokumentacije. Varijabilni troškovi su troškovi koji direktno ovise o veličini same elektrane a uključuju komponente kao što su FN moduli, konstrukcija za FN module, pretvarači (inverteri), elektro-materijal i radovi postavljanja.

U sljedećoj tablici prikazani su jedinični varijabilni i fiksni troškovi izgradnje FN elektrane za dvije promatrane varijante. S obzirom da se u Varijanti 2) planira postavljanje modula pod većim kutom u

odnosu na Varijantu 1) procijenjeni su veći troškovi za konstrukciju FN modula koja uključuje i postavljanje zaštite od udara vjetra na dio konstrukcije.

Tablica 3-14 Procjena investicijskih troškovi za FNE prema Varijanti 1) i 2)

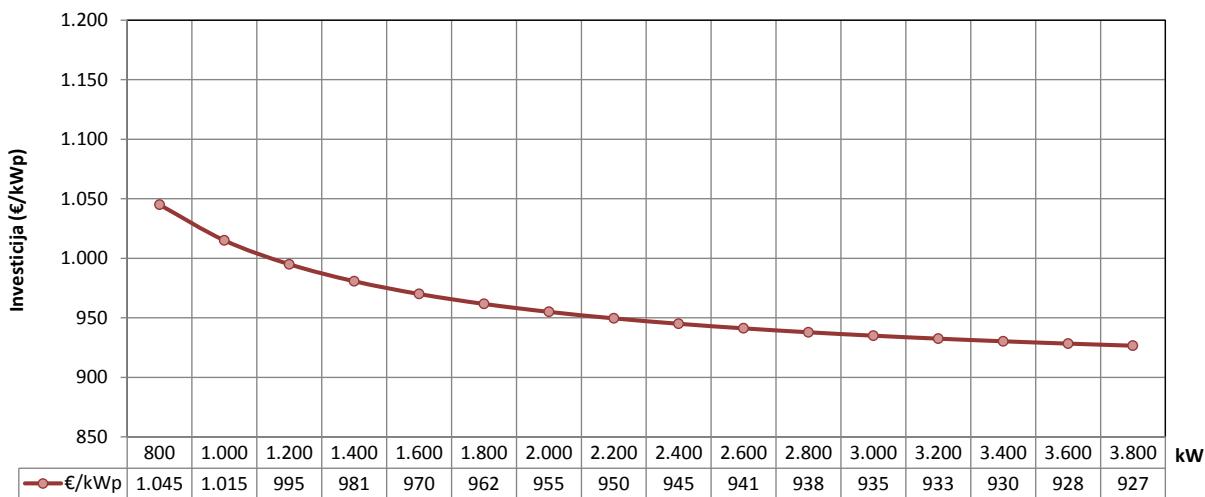
Procjena troškova fotonaponske elektrane	Varijanta 1) nagib 5°, azimut ±90°	Varijanta 2) nagib 15°, azimut 0°
Varijabilni troškovi	€/kW	€/kW
FN modul	600	
Konstrukcija	150	200
Pretvarači (Inverteri)	120	
Ostale instalacije*	25	
Fiksni troškovi	€	
Priključak na mrežu u sklopu planirane TS	45.000	
Ostale instalacije i radovi – fiksni dio*	25.000	
Projektna dokumentacija	50.000	

Napomene:

- * - ostale instalacije i radovi sačinjeni su od varijabilnih i fiksnih troškova
- varijabilni troškovi podrazumijevaju dopremu i izvođenje radova te su uključeni u cijenu,
- priključak na mrežu u sklopu planirane TS podrazumijeva proširenje planirane TS za potrebe priključka i ugradnja dodatne elektro opreme za prihvrat proizvodnje FN sustava

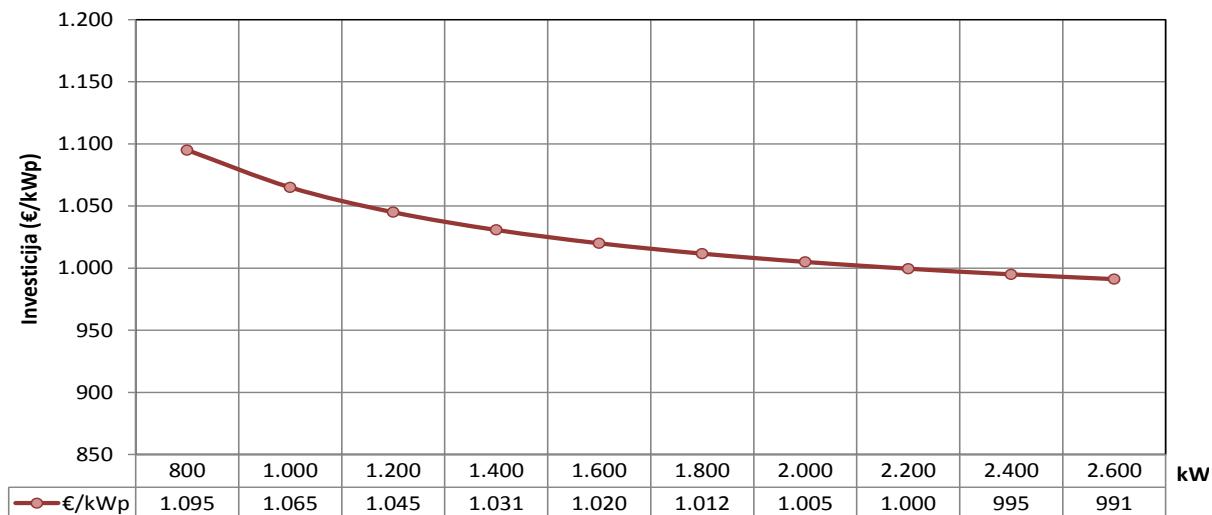
Koristeći opisani postupak i udio varijabilnih i fiksnih troškova, investicijski troškovi su proračunati za određeni raspon instaliranih snaga FN elektrane za Varijante 1) i 2). Pri tome se kao gornja granica razmatranja koristi maksimalno moguća instalirana snaga za pojedinu varijantu to jest cca 3.800 kW za Varijantu 1) i 2.800 kW za Varijantu 2). Minimalna promatrana instalirana snaga pretpostavljena je na 800 kW.

Za promatrane Varijante 1) i 2) dana je procjena vrijednost investicijskih troškova za različite instalirane snage FN elektrane na slikama 3-29 i 3-30 respektivno.



Slika 3-29 Procjena kretanja investicijskih troškova ovisno o instaliranoj snazi – Varijanta 1)

Procjena kretanja investicijskih troškova ovisno o instaliranoj snazi za Varijantu 2) dano je slijedećom slikom.



Slika 3-30 Procjena kretanja investicijskih troškova ovisno o instaliranoj snazi – Varijanta 2)

3.7.3 Procjena operativnih troškova

Operativni troškovi FNE podrazumijevaju troškove održavanja i upravljanja te troškove osiguranja. Fotonaponske elektrane ne iziskuju zahtjevan program održavanja te se troškovi održavanja izražavaju najčešće u postocima od ukupne investicije. Osnovni opis zahtijeva za održavanjem dan je u poglavlju 2.7.

Troškovi održavanja FN elektrane svode se na pranje i čišćenje fotonaponskih modula, koje je u slučaju Varijante 1), odnosno kada se FN moduli polažu na način da prate nagib krova (5°) potrebno češće obavljati nego u slučaju kad se FN moduli postavljaju s većim nagibom (Varijanta 2 – 15°), zbog nešto slabijeg otjecanja vode (kišnice) sa samih modula, što uzrokuje onečišćenjem modula uslijed isparavanja vode. Također, u slučaju FNE ŽCGO Lećevica očekuje povećano onečišćenje FN modula ptičjim izmetom. Preporuka je da se redovno pranje i čišćenje modula obavlja jednom u dva mjeseca, a i češće u dužim sušnim periodima ili po potrebi nakon što se isto utvrdi vizualnom inspekcijom.

Nadalje, kako je ovom studijom predviđena instalacija distribuiranih multi-string invertera održavanje istih je svedeno na kontrolu rada i otklanjanje eventualnih kvarova, dok je u slučaju centralnih invertera održavanje nešto zahtjevnije i pored kontrole rada i otklanjanje kvarova zahtjeva redovno godišnje servisiranje od strane ovlaštenih osoba. Također kako je životni vijek invertera upola manji od životnog vijeka FN modula, iste je potrebno zamijeniti novim nakon 12-13 godina od početka rada FNE.

Za ostale komponente FNE održavanje se svodi na periodičke vizuelne preglede te po potrebi zamjenu dotrajalih komponenti što se najviše odnosi na zamjenu rastalnih osigurača i odvodnika prenapona/struje munje.

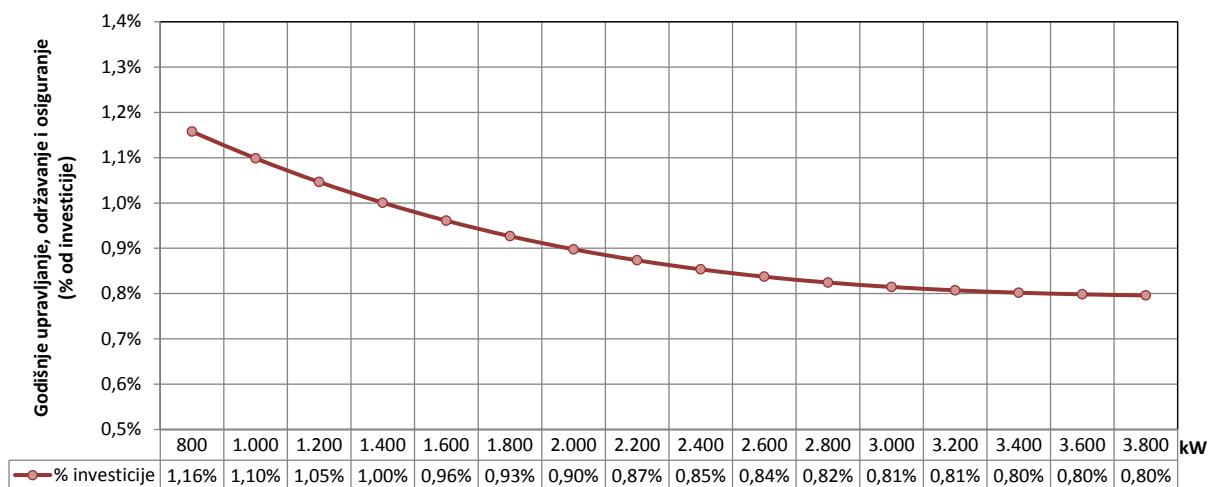
Za ispravan rad FNE iznimno je bitan sustav nadzora rada FNE, kojim se pravovremeno može otkriti neispravnost dijela FNE te gubitke uslijed kvara svesti na najmanju moguću mjeru.

Prema navedenom, za FNE je potrebno izraditi plan održavanja koji okvirno uključuje program temeljen na slijedećim aktivnostima:

- tjedno praćenje rada elektrane (efikasno praćenje preko sustava nadzora FNE),
- mjeseca vizualna inspekcija elektrane,
- redovito pranje i čišćenje modula – preporuča se čišćenje najmanje jednom u dva mjeseca (po mogućnosti jednom mjesечно u duljim sušnim periodima),
- izrada mjesecnih izvještaja proizvedene energije FNE i energije proizvedene na svakom pojedinom inverteru,
- izrada godišnje analize ostvarene proizvodnje, što uključuje:
 - usporedba sa podacima sunčevog zračenja i procjenama proizvodnje,
 - korekcija dugoročne procjene proizvodnje,
 - analiza tehničke raspoloživosti elektrane.

Kako bi se osiguralo što manje odstupanje od planirane proizvodnje FNE, uslijed potrebe za zamjenom pojedinih komponenti, ispada distribucijske mreže HEP ODS-a i sl., ugovara se polica osiguranja elektrane, koja ovisno o željama Investitora može uključivati i naknadu gubitka uslijed ispada distribucijske mreže, itd.

Troškovi upravljanja i održavanja te osiguranja najčešće se procjenjuju prema visini investicije te za FNE snage 1 MW iznose cca 1,1 % godišnje. Procjene kretanja godišnjih troškova održavanja (izraženih kao postotak investicije) prikazan je slijedećom slikom. Navedeni iznosi održavanja dobiveni su interpolacijom iskustvenih vrijednosti za više iznosa instalirane snage FN elektrana.

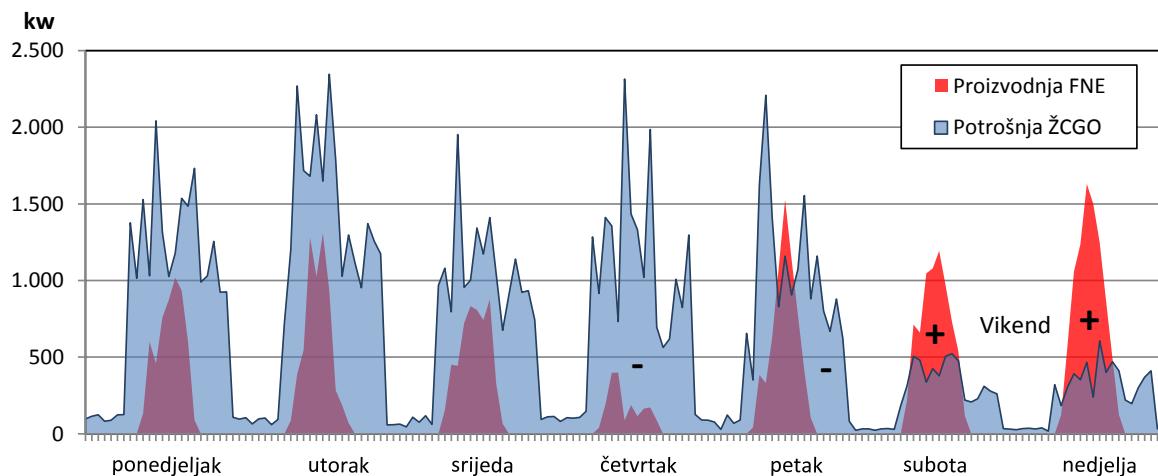


Slika 3-31 Procjena kretanja troškova upravljanja, održavanja i osiguranja ovisno o instaliranoj snazi

Prikazane proračunate vrijednosti % iznosa održavanja u odnosu na investiciju koristiti će se u modelu proračuna optimalno instalirane snage FN modula.

3.7.4 Bilanca proizvodnje i potrošnje

Kao što je već prije navedeno planirana FN elektrane se dimenzionira na način da se veći dio proizvedene energije FN sustava koristi direktno za pokrivanje vlastite potrošnje ŽCGO Lećevica. Na slici 3-32 prikazan je preklopljeni dijagram potrošnje i proizvodnje na kojem se može vidjeti neistovremenost proizvodnje i potrošnje te situacije u kojima se višak proizvodnje predaje u mrežu (oznaka +) i dio koji se kupuje iz mreže (oznaka -).



Slika 3-32 Prekloppljeni dijagrami potrošnje i proizvodnje kroz jedan tjedan – ilustrativni primjer

U pojedinim danima, ovisno o profilu potrošnje, cijelokupna proizvodnja će se iskoristiti unutar ŽCGO kao što u ilustrativnom primjeru vrijedi za ponedjeljak, utorak, srijedu i četvrtak. U danima kada je potrošnja ŽCGO manja ili je proizvodnja FNE značajna javljaju se viškovi proizvodnje koji se isporučuju u mrežu (oznaka +). Također na prikazanom grafu može se primjetiti značajno variranje proizvodnje što ovisi o pojavi oblačnih dana, te je u navedenom primjeru proizvodnja najmanja u četvrtak kada se većina potrošnje preuzima iz mreže.

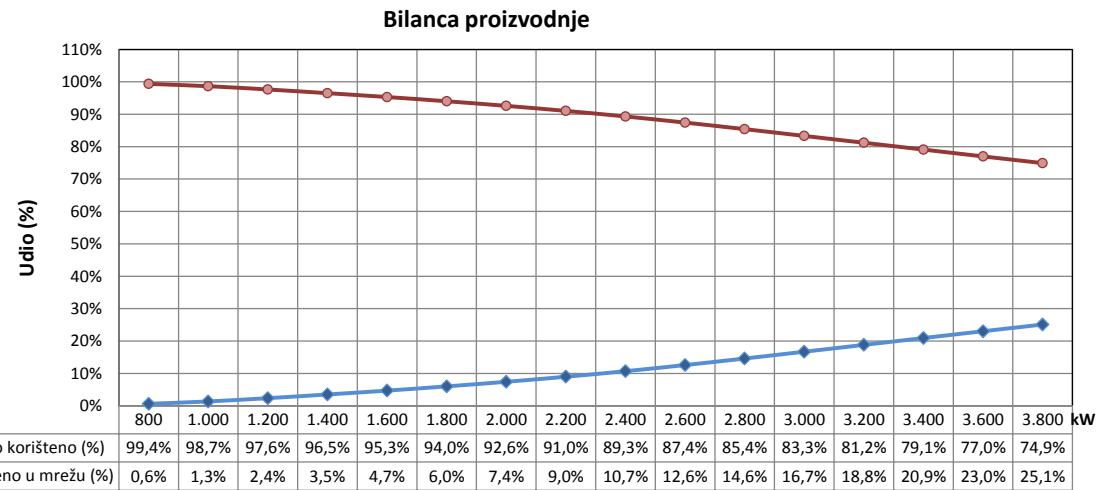
Prikazane vrijednosti su simulirane u satnim vrijednostima a za potrebe proračuna potrebno je također proračunati bilance proizvodnje i potrošnje na godišnjoj razini.

Uz upotrebu programskega paketa HOMER Pro proračunati su godišnje bilance proizvodnje i potrošnje na temelju javno dostupnih podataka sunčeva zračenja prikazanih u poglavlju 3.2 i analiziranih podataka o potrošnji prikazanih u poglavlju 3.3.

U nastavku su dani proračuni bilance proizvodnje i potrošnje za promatrane Varijante 1) i 2).

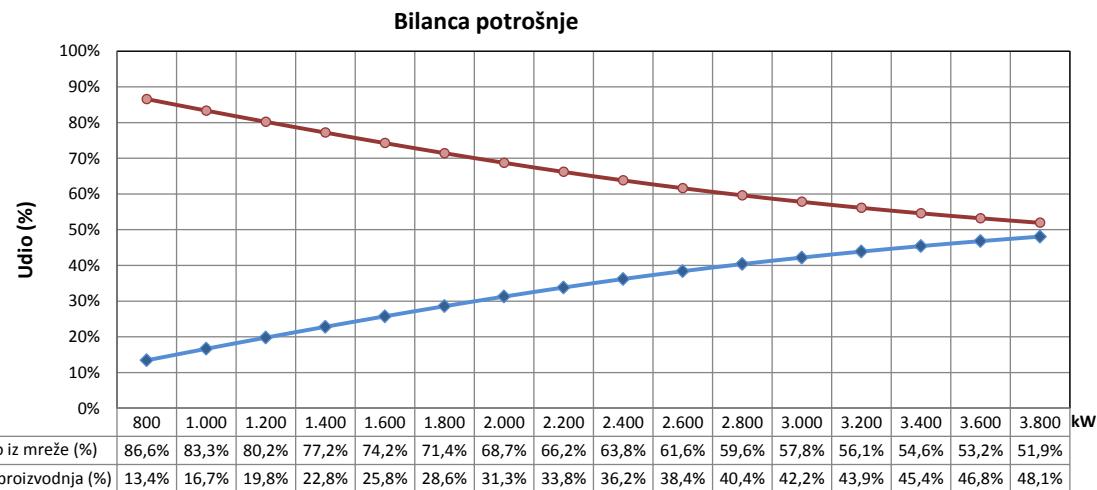
3.7.4.1 Bilanca proizvodnje i potrošnje - Varijanta 1)

Uvažavajući nagib (5°) i azimut ($\pm 90^\circ$) modula u ovoj varijanti proračunate su satne vrijednosti proizvodnje pomoću programskega paketa HOMER Pro. Na temelju proračunatih satnih vrijednosti proizvodnje za različite instalirane snage FN elektrane proračunate su godišnje bilance proizvodnje i potrošnje iz kojih je moguće iščitati udio ukupne proizvodnje koji se direktno koristi u ŽCGO Lećevica i dio koji se proda u mrežu. Na slikama 3-33 i 3-34 prikazana je bilanca proizvodnje i potrošnje za različite instalirane snage FN elektrane.



Slika 3-33 Bilanca proizvodnje električne energije ovisno o instaliranoj snazi – Varijanta 1)

Iz prikazanog grafa može se vidjeti da se relativno veliki dio proizvodnje koristi za vlastite potrebe za promatrani raspon snage FNE, ali također da se i porastom instalirane snage povećava udio proizvodnje koji se isporučuje u mrežu. U slučaju instalirane snage FN elektrane od 2 MW ukupno bi se 92,6% proizvedene energije koristilo za vlastite potrebe, a tek 7,4% isporučilo u mrežu. Navedeni iznosi predstavljaju visoke vrijednosti proizvodnje koja se koristi za vlastite potrebe, a posljedica su velike potrošnje ŽCGO Lećevica u odnosu na ukupnu proizvodnju FN elektrane za promatrane raspone instalirane snage.



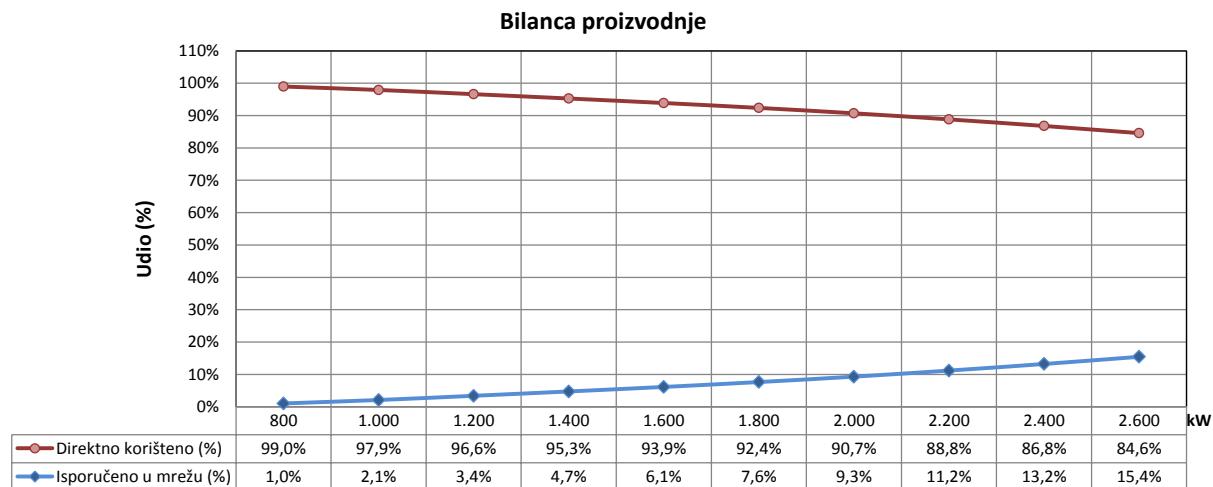
Slika 3-34 Bilanca potrošnje električne energije ovisno o instaliranoj snazi – Varijanta 1)

Povećanjem instalirane snage FN elektrane smanjuje se potreba za električnom energijom iz mreže. Ukupna proizvodnja 2 MW instalirane snage FN modula u ovoj varijanti pokriva oko 31,3 % godišnjih potreba za električnom energijom ŽCGO.

Treba napomenuti da se isto treba uzeti sa rezervom s obzirom na prepostavljene podatke potrošnje od 7.000 MWh/god i prepostavljene dnevne profile potrošnje.

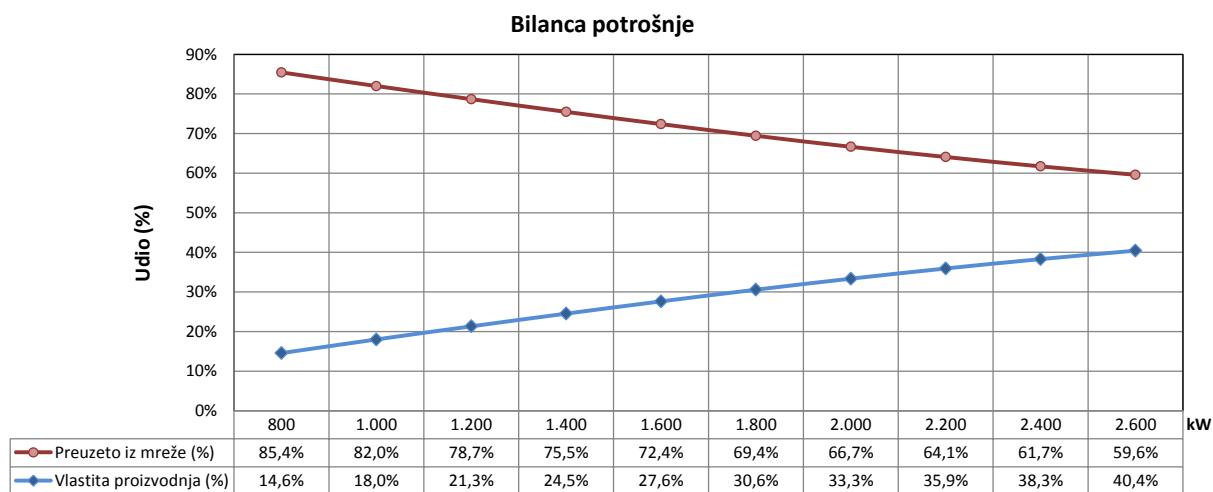
3.7.4.2 Bilanca proizvodnje i potrošnje - Varijanta 2)

Uvažavajući nagib (15°) i azimut (0°) modula u ovoj varijanti proračunate su satne vrijednosti proizvodnje pomoću programskog paketa HOMER Pro. Na temelju proračunatih satnih vrijednosti proizvodnje za različite instalirane snage FN elektrane proračunate su godišnje bilance proizvodnje i potrošnje iz kojih je moguće iščitati udio ukupne proizvodnje koji se direktno koristi u ŽCGO Lećevica i dio koji se proda u mrežu. Na slikama 3-35 i 3-36 prikazana je bilanca proizvodnje i potrošnje za različite instalirane snage FN elektrane.



Slika 3-35 Bilanca proizvodnje električne energije ovisno o instaliranoj snazi – Varijanta 2)

U slučaju instalirane snage FN elektrane od 2 MW ukupno bi se $90,7\%$ energije koristilo za vlastite potrebe a tek $9,3\%$ isporučilo u mrežu. Navedeni primjer instalirane snage, u odnosu na Varijantu 1) ima nešto veći udio proizvodnje koji se isporučuje u mrežu. Isto je posljedica povoljnijeg kuta nagiba modula s obzirom na proizvodnju FN elektrane.



Slika 3-36 Bilanca potrošnje električne energije ovisno o instaliranoj snazi – Varijanta 2)

Proizvodnja 2 MW instalirane snage FN modula u ovoj varijanti bi pokrila oko $33,3\%$ godišnjih potreba za električnom energijom ŽCGO Lećevica. Iznos je nešto veći u odnosu na Varijantu 1) iz razloga povoljnijeg nagiba modula.

Treba napomenuti da se isto treba uzeti sa rezervom s obzirom na pretpostavljene podatke potrošnje, kao i za Varijantu 1).

3.7.5 Pokazatelji isplativosti

Zbog ovisnosti bilance proizvodnje o instaliranoj snazi FN elektrane potrebno napraviti osnovne finansijske proračune kako bi se dobili osnovni pokazatelji isplativosti za različite instalirane snage FN elektrane. Također, zbog utjecaja dijela proizvodnje koji se isporučuje u mrežu potrebno je odrediti optimalnu instaliranu snagu tako da osnovni pokazatelji isplativosti daju maksimalne rezultate povrata investicije.

Slijedećom tablicom dani su korišteni osnovni finansijski ulazni parametri.

Tablica 3-15 Zajednički ulazni finansijski parametri

Zajednički ulazni finansijski parametri		
Diskontna stopa	%	5,0%
Stopa inflacije	%	2,0%
Tečaj	kn/€	7,6
Godišnji faktor rasta cijene električne energije	%	3,0%
Životni vijek projekta	god	25
Udio kredita u investiciji	%	0%

Na temelju bilance proizvodnje za različite instalirane snage FNE, dane u prethodnom poglavlju proračunat će se pokazatelji isplativosti i to interna stopa povrata (IRR), sadašnja vrijednost projekta (NPV) i vrijeme povrata investicije.

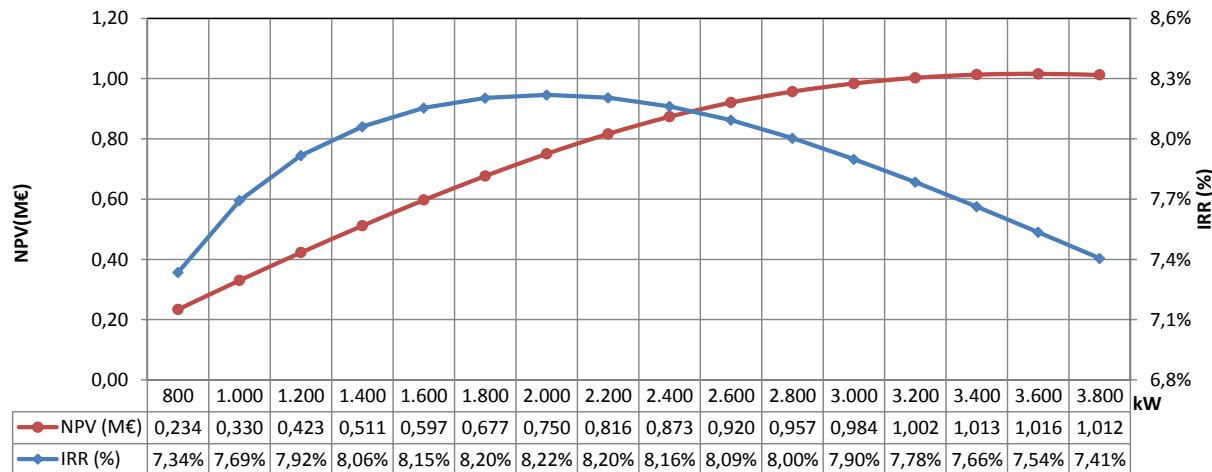
Navedeni finansijski proračuni koriste se za odabir optimalne varijante, a detaljni proračuni isplativosti za odabranu varijantu bit će obrađeni u sveobuhvatnoj studiji izvodljivosti ŽCGO Lećevica. Investicijski troškovi proračunati su u poglavlju 3.7.2 te su dani odvojeno za Varijante 1) i 2). Također, promatrani su i operativni troškovi koji su opisani u poglavlju 3.7.3. te su dani kao % iznos od početne investicije.

Za proračun osnovnih finansijskih parametra isplativosti pretpostavljeni su i jednokratni troškovi izmjene pretvarača na polovini životnog vijeka u 12 godini rada FNE. Pretpostavljeni iznos troškova zamjene pretvarača je pretpostavljen na polovinu (50%) početnih investicijskih troškova za pretvarače. Budući da se prema tablici 3-14 pretpostavljena cijena pretvarača 120 €/kWp u prvoj godini, u 12 godini zamjene pretvarača ista je pretpostavljena na vrijednost od 60 €/kWp.

3.7.5.1 Analiza optimalne instalirane snage FNE - Varijanta 1)

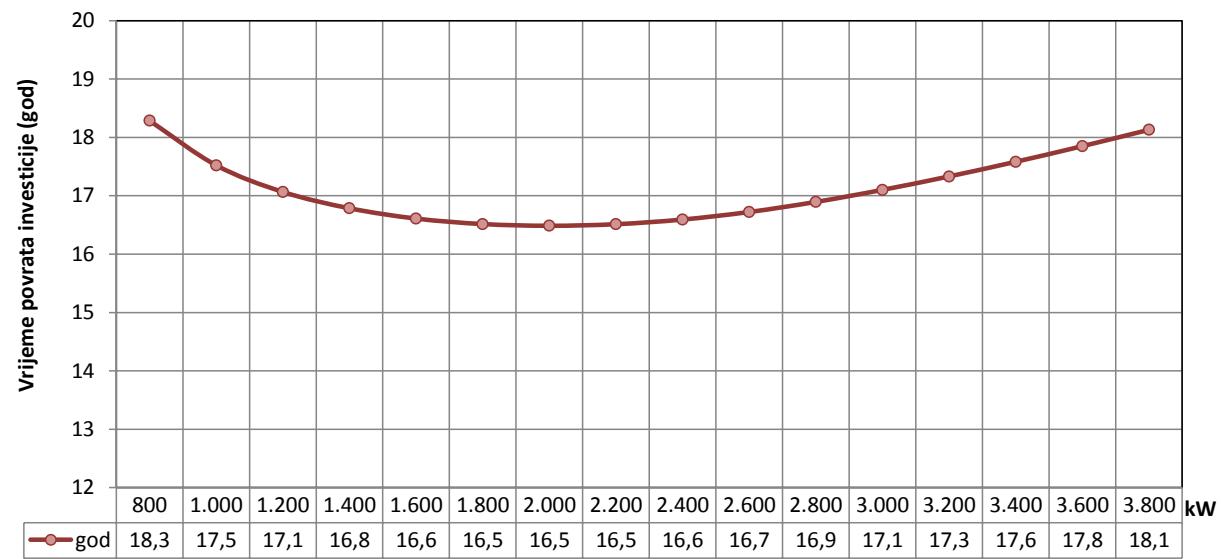
Na slici 3-37 prikazana je ovisnost interne stope povrata (IRR) i sadašnje vrijednosti projekta (NPV) ovisno o instaliranoj snazi FN elektrane. Prema prikazanim grafovima, a prvenstveno vrijednosti IRR može se zaključiti da se povećanjem instalirane snage FN sustava povećavaju i osnovni pokazatelji isplativosti u pozitivnom smjeru, gledao iz smjera malih snaga FNE. Razlog pozitivnog povećanja osnovnih pokazatelja isplativosti u promatranom području instalirane snage FNE je kulminacija smanjenja investicijskih i troškova održavanja, dok isto povećanje instalirane snage ne uzrokuje

značajno povećanje dijela proizvodnje koji se predaje u mrežu. Također, na grafu IRR može se uočiti blagi maksimum vrijednosti u intervalu od 1.800 – 2.200 kWp, a nakon daljnog povećanja instalirane snage slijedi pad vrijednosti osnovnih pokazatelja isplativosti. Razlog navedenom je povećanje udjela proizvodnje koji se predaje u mrežu dalnjim povećanjem instalirane snage FNE.



Slika 3-37 Ovisnost interne stope povrata (IRR) i sadašnje vrijednosti projekta (NPV) o instaliranoj snazi

Na slijedećoj slici je prikazano vrijeme povrata investicije uz zadane finansijske ulaze, te se može vidjeti da je očekivano vrijeme povrata investicije oko 16-17 god.



Slika 3-38 Ovisnost vremena povrata o instaliranoj snazi

Zaključno, za Varijantu 1) prema prikazanim grafovima nakraće vrijeme povrata investicije daje elektrana s instaliranom snagom 2.000 kWp, a gledajući trendove krivulje sadašnje vrijednosti projekta (NPV) interne stope povrata (IRR), može se dati ocjena da povećanjem snage iznad 2 MW opadaju pozitivni finansijski efekti investicije. Razlog navedenom je nešto značajnije povećanje udjela proizvedene eklektične energije koja se prodaje u mrežu.

Konačno, za Varijantu 1) daje se inicijalna preporuka za instaliranu snagu od 2 MW.

U tablici 3-16 dani su osnovni investicijski i operativni troškovi kao i osnovne karakteristike FNE predložene snage od 2 MWp.

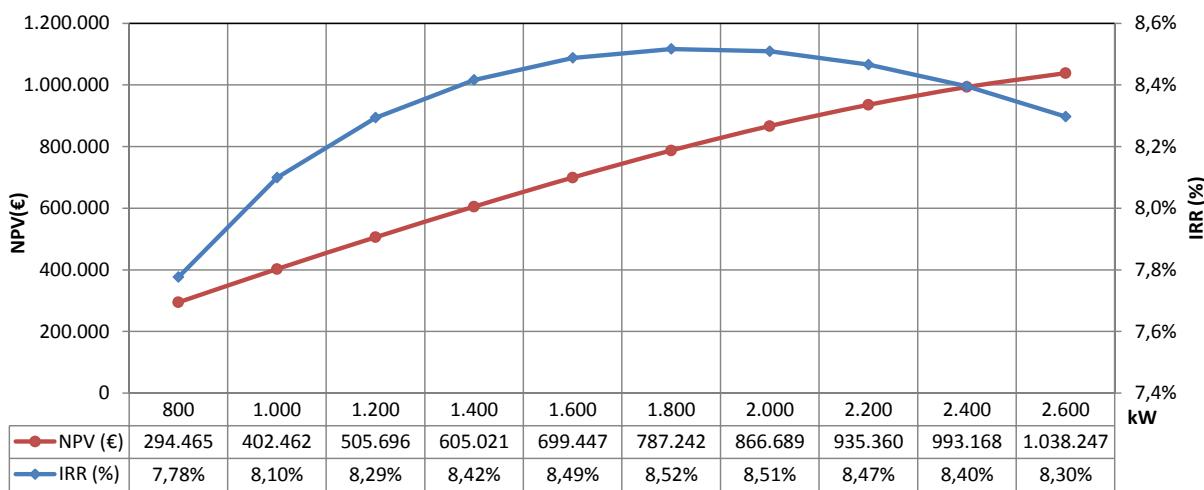
Tablica 3-16 Sumarni pregled parametara predložene FNE u Varijanti 1)

Sumarni pregled - Varijanta 1)	
Preporučena instalirana snaga	2 MWp
Potrebna površina za instalaciju FN modula	16.400 m ²
Ukupna godišnja proizvodnja za preporučenu snagu FNE (1.god)	2.360 MWh
Korišteno za vlastite potrebe (prema slici 3-33) – 92,6%	2.185 MWh
Isporučeno u mrežu (prema slici 3-33) – 7,4%	175 MWh
Udio korištene proizvodnje FNE u ukupnoj potrošnji ŽCGO (prema slici 3-34)	31,3%
Ukupni investicijski troškovi (prema slici 3-29)	1.910.000 €
Ukupni operativni troškovi za 1. god.(prema slici 3-31) – 0,90%	17.190 €/god
Jednokratni troškovi zamijene pretvarača u 12. god.	120.000 €
Interna stopa povrata IRR*	8,22 %
Neto sadašnja vrijednost NPV*	750.000 €
Vrijeme povrata investicije (god)*	16,5 god

* Rezultati osnovne analize za potrebe odabira optimalne instalirane snage.

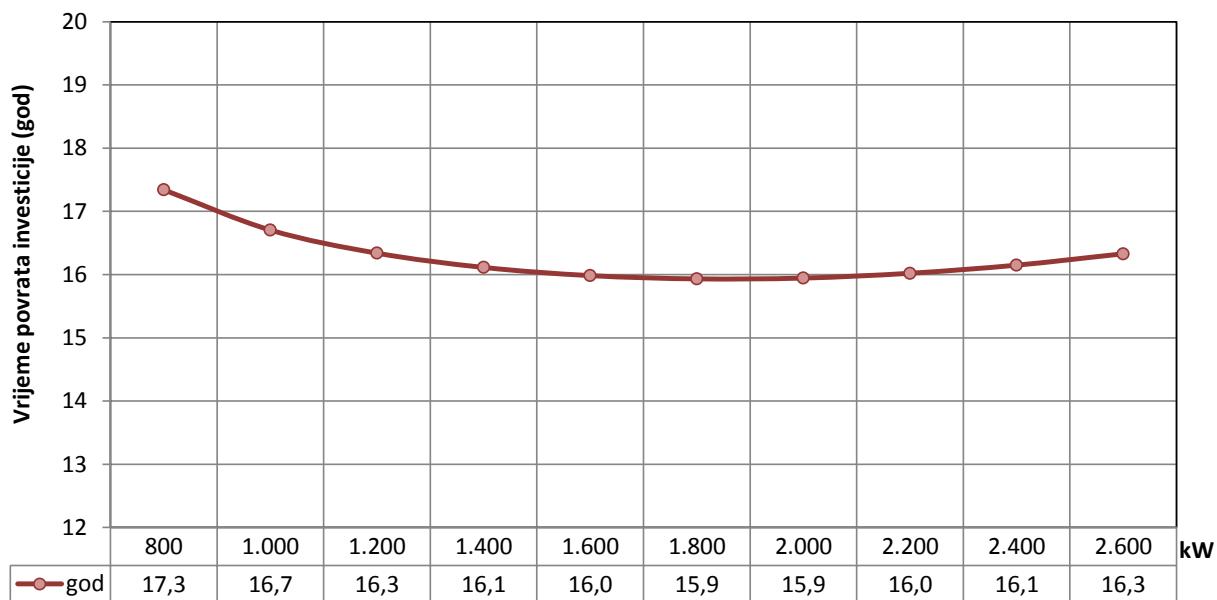
3.7.5.2 Analiza optimalne instalirane snage FNE - Varijanta 2)

Na slici 3-39 prikazana je ovisnost interne stope povrata (IRR) i sadašnje vrijednosti projekta (NPV) ovisno o instaliranoj snazi FN elektrane. Trendovi ponašanja krivulja osnovnih pokazatelja isplativosti su slični kao i za Varijantu 1). Povećanjem instalirane snage gledano od malih vrijednosti, finansijski pokazatelji isplativosti pozitivno rastu, te ostvaruju svoj maksimum za instalirane snage u rasponu od 1.600 – 2.000 kWh. Nakon navedenog maksimuma daljnjim povećanjem instalirane snage isti opadaju.



Slika 3-39 Ovisnost interne stope povrata (IRR) i sadašnje vrijednosti projekta (NPV) o instaliranoj snazi

Na slijedećoj slici je prikazano vrijeme povrata investicije uz zadane finansijske ulaze, te se može vidjeti da je očekivano vrijeme povrata investicije oko 16 god.



Slika 3-40 Ovisnost vremena povrata o instaliranoj snazi

Zaključno, za Varijantu 2) prema prikazanim grafovima nakraće vrijeme povrata investicije daje elektrana s instaliranom snagom 1.800 kW_p, a gledajući trendove krivulje sadašnje vrijednosti projekta (NPV) interne stope povrata (IRR), može se dati ocjena da povećanjem snage iznad 1,8 MW opadaju pozitivni finansijski efekti investicije. Razlog navedenom je nešto značajnije povećanje udjela proizvedene eklektične energije koja se prodaje u mrežu.

Konačno, za Varijantu 2) daje se inicijalna preporuka za instaliranu snagu od 1,8 MW.

U tablici 3-17 dani su osnovni investicijski i operativni troškovi kao i osnovne karakteristike FNE predložene snage od 1,8 MW_p.

Tablica 3-17 Sumarni pregled parametara predložene FNE u Varijanti 2)

Sumarni pregled - Varijanta 2)	
Preporučena instalirana snaga	1,8 MW _p
Potrebna površina za instalaciju FN modula	21.034 m ²
Ukupna godišnja proizvodnja za preporučenu snagu FNE (1.god)	2.313 MWh
Korišteno za vlastite potrebe (prema slici 3-35) – 92,4%	2.137 MWh
Isporučeno u mrežu (prema slici 3-35) – 7,6%	176 MWh
Udio korištene proizvodnje FNE u ukupnoj potrošnji ŽCGO (prema slici 3-36)	30,6%
Ukupni investicijski troškovi (prema slici 3-30)	1.821.600 €
Ukupni operativni troškovi za 1. god.(prema slici 3-31) – 0,93%	16.935 €/god
Jednokratni troškovi zamijene pretvarača u 12. god.	108.000 €
Interna stopa povrata IRR*	8,52 %
Neto sadašnja vrijednost NPV*	787.242 €
Vrijeme povrata investicije (god)*	15,9 god

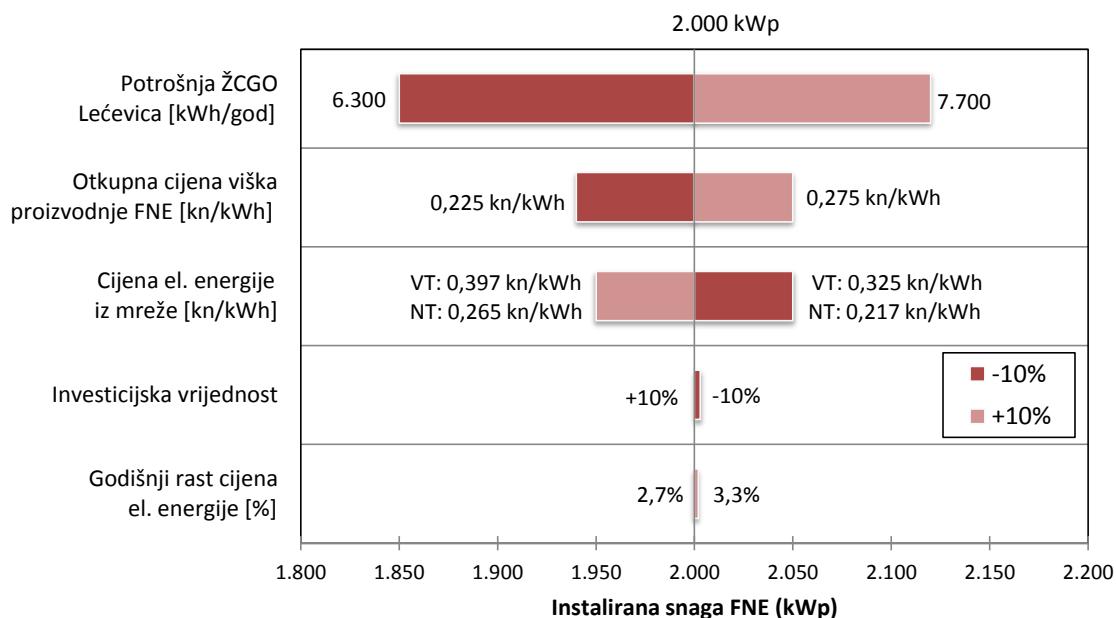
* Rezultati osnovne analize za potrebe odabira optimalne instalirane snage.

3.7.6 Analiza osjetljivosti odabira optimalne instalirane snage FNE

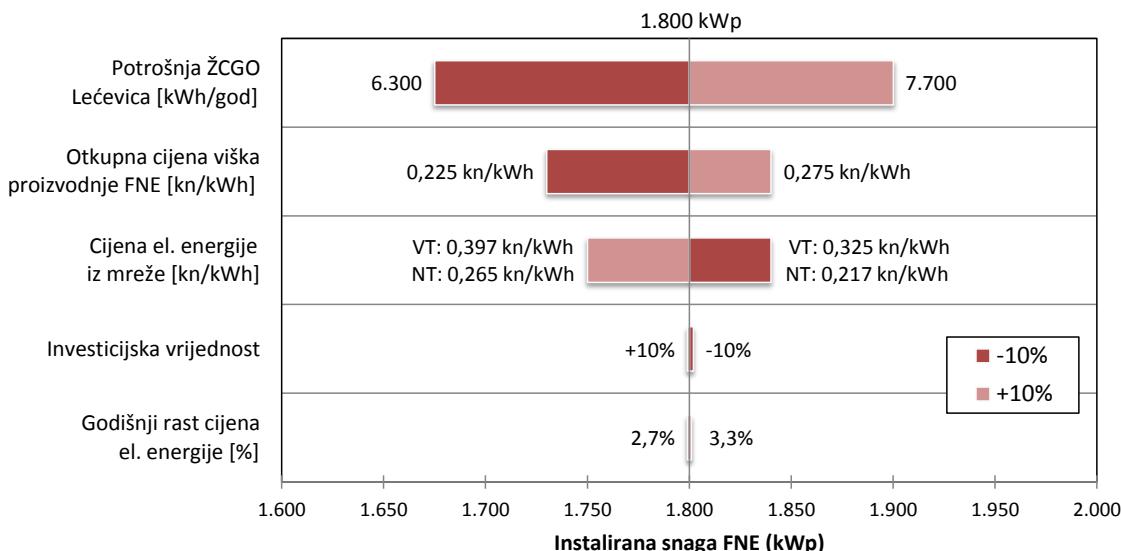
Analiza osjetljivosti optimalne instalirane snage FNE ŽCGO Lećevica napravljena je na temelju modela odabira optimalne instalirane snage prikazanih u prethodnim poglavljima. Budući da je u modelu preporučena snaga odabrana prema kriteriju maksimuma funkcije IRR, promatrana je osjetljivost instalirane snage FNE variranjem ulaznih veličina. Analiza je provedena mijenjanjem najosjetljivijih ulaznih veličina u modelu proračuna optimalne instalirane snage FNE u rasponu od $\pm 10\%$ bazne vrijednosti:

- potrošnje ŽCGO Lećevica u rasponu 6.300 - 7.700 kWh/god (bazna vrijednost 7.000 kWh),
- ugovorena otkupna cijene el. energije u rasponu 0,225–0,275 kn/kWh (bazna vrijednost 0,25 kn/kWh),
- cijene el. energije iz mreže za potrošnju ŽCGO Lećevica na srednjem naponu (samo energija):
 - o Viša tarifa – VT u rasponu 0,325 – 0,397 kn/kWh (bazna vrijednost 0,361 kn/kWh),
 - o Niža tarifa – NT u rasponu 0,217 – 0,265 kn/kWh (bazna vrijednost 0,241 kn/kWh),
- vrijednosti cjelokupne investicije u rasponu 90% do 110% (bazna vrijednost 100%),
- faktor godišnjeg rasta cijena el. energije u rasponu 2,7% do 3,3% (bazna vrijednost 3%).

Prilikom analize osjetljivosti optimalne instalirane snage za pojedinu varijantu variran je samo jedan parametar u proračunu za relativan iznos od $\pm 10\%$, dok su ostali parametri postavljeni na bazne vrijednosti. Dobiveni rezultati proračuna za Varijante 1) i 2) prikazani su na slikama 3-41 i 3-42 respektivno.



Slika 3-41 Grafički prikaz ovisnosti instalirane snage FNE o promjeni ulaznih parametara - Varijanta 1)



Slika 3-42 Grafički prikaz ovisnosti instalirane snage FNE o promjeni ulaznih parametara - Varijanta 2)

Na temelju prikazanih rezultata za Varijante 1) i 2) može se zaključiti slijedeće:

- Najznačajniji utjecajni parametar za odabir instalirane snage FNE je potrošnja električne energije ŽCGO Lećevica. Velika ovisnost modela o ovom ulaznom parametru je очekivana jer je početna pretpostavka dimenzioniranja FN sustava takva da se najveći dio proizvodnje koristi direktno unutar ŽCGO Lećevica, a da se manji dio isporuči u mrežu što direktno ovisi o iznosu i profilu potrošnje. Također, osim samog iznosa potrošnje bitan utjecaj ima i oblik dnevnih profila koji su prikazani u poglavljiju 3.3. Za potrebe analize osjetljivosti isti su linearno skalirani u odnosu na bazne vrijednosti bez dodatnih variranja u generiranim satnim vrijednostima potrošnje. Porastom potrošnje za +10% optimalna instalirana snaga poraste za oko 6-7%, a smanjenjem potrošnje za -10% optimalna instalirana snaga se smanji za 7-8%, promatrano u odnosu na bazne vrijednosti.
- Otkupna cijena viška proizvedene električne energije je drugi značajan parametar za odabir optimalne instalirane snage FN elektrane. Povećanje otkupne cijene rezultira i povećanjem optimalne instalirane snage FNE, i obrnuto. Treba naglasiti da je otkupna cijena električne energije konzervativno pretpostavljena na vrijednost od 0,25 kn/kWh za baznu vrijednost. U slučaju povećanja otkupne cijene za +10% tj na iznos od 0,275 kn/kWh optimalna instalirana se povećava za oko 2,5%.
- Cijena električne energije (bez mrežarine i ostalih naknada koje se obračunavaju po kWh) za potrošnju ŽCGO Lećevica također utječe na optimalnu instaliranu snagu FNE budući da većina prihoda dolazi uštedama zbog vlastite proizvodnje FNE, tj. izbjegnutih troškova el. energije. Stoga je najveći utjecaj variranja cijene el. energije na promjenu NPV-a, koji ovisi o financijskim parametrima cjelokupnog projekta ŽCGO Lećevica. U slučaju cijena električne energije za 10% većih od baznih, optimalna instalirana snaga FNE je za oko 2-3% manja od početno pretpostavljenih. Razlog pada optimalne instalirane snage povećanjem cijena električne energije posljedica je veće razlike između kupovne i prodajne cijene el. energije što ide u korist većih ušteda za direktno korišteni dio proizvodnje.

- Variranje investicijskih troškova i faktora godišnjeg rasta cijena električne energije u rasponu od $\pm 10\%$ nema značajan utjecaj na odabir optimalne instalirane snage FNE. Razlog tome je što se promjenom ukupnih investicijskih troškova isti jednolikom mijenjaju za razmatrani raspon instaliranih snaga što u konačnici djeluje na promjenu NPV-a, a manje na optimalan iznos instalirane snage FNE. Isti zaključak vrijedi i za variranje godišnjeg porasta (%) cijena električne energije, jer se isti faktor koristi za sve razmatrane varijante instalirane snage FNE u modelu, pa nema značajnijeg utjecaja na promjenu optimalne instalirane snage.

3.7.7 Zaključne preporuke

Uspoređujući obje varijante, može se istaknuti da Varijanta 2 (nagib 15, azimut 0°) za optimalne instalirane snage daje nešto bolje rezultate u odnosu na Varijantu 1 (nagib 0, azimut $\pm 90^\circ$).

U slijedećoj tablici dana je usporedba osnovnih pokazatelja isplativosti za predložene snage dviju promatranih varijanti.

Tablica 3-18 Sumarni pregled varijanti i osnovni pokazatelji isplativosti za predložene instalirane snage

Varijanta	Varijanta 1)	Varijanta 2)
Preporučena instalirana snaga	2,0 MW	1,8 MW
Potrebna površina	16.400 m ²	21.034 m ²
Ukupna godišnja proizvodnja	2.360 MWh	2.313 MWh
Omjer proizvodnje/potrošnje (7.000 MWh)	33,7%	33,0%
Udio proizvodnje koji se direktno koristi	92,6%	92,4%
Udio proizvodnje koji se prodaje u mrežu	7,4%	7,6%
Procijenjeno smanjenje preuzete energije iz mreže	31,3%	30,6%
Procijenjeni investicijski troškovi - CAPEX	1.910.000 €	1.821.600 €
Procijenjeni operativni troškovi - OPEX (1. god. rada)	17.190 €	16.935 €
Jednokratni troškovi zamjene pretvarača (u 12.god)	120.000 €	108.000 €
Neto sadašnja vrijednost projekta (disk. 5%)*	750.000 €*	787.242 €*
Interna stopa povrata – IRR (%)*	8,22 %*	8,52 %*
Vrijeme povrata investicije *	16,5 god*	15,9 god*

* Provedena finansijska analiza izvršena je za potrebe optimizacije i usporedbe predloženih varijanti i nije mjerodavna za konačno vrednovanje isplativosti odabranih rješenja jer navedeno nije predmet ove studije

Prema rezultatima proračuna načelno se preporuča se Varijanta 2) sa instaliranom snagom 1,8 MW. Međutim, uvažavajući male razlike u osnovnim finansijskim pokazateljima, u kasnijim fazama razvoja projekta također se može razmatrati i Varijanta 1) sa instaliranom snagom od 2 MW, posebno u slučaju da se ista pokaže tehnički prihvatljivija s obzirom na buduća rješenja krovnih površina.

Prema preporučenoj varijanti smanjenje preuzete energije iz mreže je oko 30,6%. Budući da se manji dio proizvodnje u iznosu od 7,6% predaje u mrežu, prihodi se mogu iskoristiti za podmirenje dijela troškova električne energije. Uzimajući u obzir kupovnu i prodajnu cijenu električne energije može se procijeniti da će se izgradnjom FNE efektivno smanjiti računi za električnu energiju (ne uvažavajući troškove angažirane snage i ostalih fiksnih naknada) za oko 34,9%.

Također, treba napomenuti da je proračun temeljen na pretpostavljenoj potrošnji ŽCGO Lećevica od 7.000 kWh/god. te pretpostavljenim profilima prosječne potrošnje za radne dane i vikende. U praksi

ove dvije pretpostavke mogu varirati što može utjecati na rezultate ovog poglavlja. Kao dodatne mjere, kojim bi se poboljšali dobiveni rezultati pokazatelja isplativosti, odnose se na mogućnost usklađivanja potrošnje tj. prebacivanje rada potrošača ŽCGO u vrijeme kada FNE proizvodi el. energiju. Na ovaj način dodatno bi se smanjio iznos preuzete energije iz mrežu, a samim time i poboljšali rezultati pokazatelja isplativosti.

Kao važan kriterij odabira sustava Investitor svakako treba istaknuti i nastojanja da umanji potrošnju električne energije iz mreže i samim time negativne okolišne aspekte svoga rada kao što je npr. količina emisije CO₂.

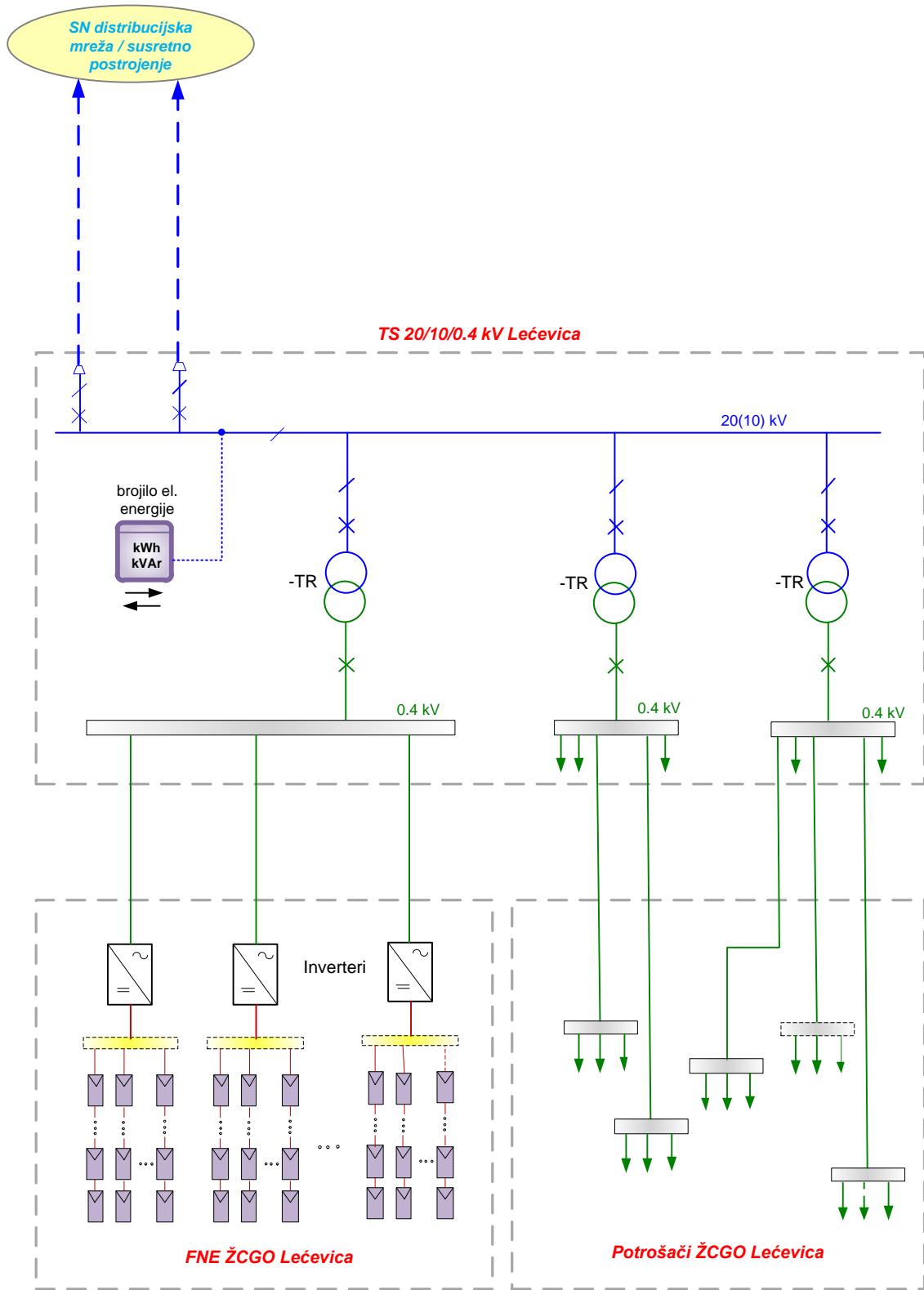
3.8 Analiza osnovnih zahtjeva za priključak FNE na elektroenergetsku mrežu

Prema zaključcima prethodnih poglavlja, potrebno je planirati priključak FNE u sklopu ŽCGO Lećevica do cca 2 MW. Kako je već spomenuto, vršna snaga potrošnje ŽCGO se očekuje od cca 2.8 MW te je za potrebe napajanja ŽCGO Lećevica u svakom slučaju potrebno planirati priključak od minimalno cca 3 MW vršne snage.

Problematika priključka na mrežu nije predmet ove studije, međutim jasno je da je priključak FNE snage 2 MW isključivo moguće realizirati na srednjenačinskom nivou distribucijske mreže te se očekuje izgradnja TS 20(10)/0.4 kV u sklopu ŽCGO. U postupku priključenja na mrežu potrebno je proći određenu proceduru sa HEP ODS d.o.o. te je već u ovoj fazi uputno uključiti problematiku priključenje FNE u razmatranja. Za potrebe priključena FNE standardna procedura propisuje izradu Elaborata optimalnog rješenja priključenja (EOTRP) kojim se procjenjuje utjecaj na distribucijsku mrežu i definiraju uvjeti priključenja.

Sa stanovišta investicijskih troškova priključenja FNE, kako je za ŽCGO potrebna snaga priključka na mrežu veća od preporučene snage FNE, relevantni su samo troškovi opreme unutar TS 20(10)/0.4 kV koji se direktno odnose na opremu vezanu za FNE. Ovo je veoma značajno za samu opravdanost investicije jer se na ovaj način radi o vrlo niskom relativnim troškovima priključka.

Kako se u ovoj fazi predviđa proizvodnja električne energije primarno za pokrivanje vlastitih potreba, priključak FNE sa stanovišta obračunskih mjerena izveo bi se u istoj točci zajedno sa ostalom potrošnjom ŽCGO. Ovisno o rješenjima priključka, obračunsko mjerjenje može biti izvedeno u postrojenju u nadležnosti HEP ODS d.o.o. u ŽCGO Lećevica ili u vanjskoj nabojnoj stanici (susretnom postrojenju). Načelna shema priključka dana je na slijedećoj slici.



Slika 3-43 Shematski prikaz priključka na mrežu FNE u sklopu ŽCGO

3.9 Rekapitulacija (izlazni podaci za studiju izvodljivosti)

Pema rezultatima razrade ovog poglavlja, u slijedećim tablicama dani su osnovni podaci preporučenog sustava koji su relevantni za daljnje analize.

U tablici 3-19 prikazana je očekivana (prepostavljena) potrošnja ŽCGO Lećevica, kao i vršna snaga.

Tablica 3-19 Prepostavljena potrošnja i vršna snaga ŽCGO Lećevica

Korišteni osnovni ulazni podaci o potrošnji ŽCGO Lećevica	
Potrošnja el. energije [MWh]	7.000
Vršna snaga [MW]	2,8

U tablici 3-20 prikazane su korištene cijene električne energije za ŽCGO Lećevica koji se planira priključiti na mrežu na srednjem naponu.

Tablica 3-20 Prepostavljene cijene električne energije za ŽCGO Lećevica

Cijena električne energije		Cijena	
	Stavka	kn/kWh	€/MWh
POTROŠNJA	Viša tarifa - VT	0,57	74,8
	Niža tarifa - NT	0,36	47,18
PRODAJA	Otkupna tarifa (kWh)	0,25	32,89

Optimalna instalirana snaga FNE u sklopu ŽCGO uz procjenu proizvodnje i potrebnu površinu prikazana u tablici 3-21.

Tablica 3-21 Optimalna instalirana snaga FNE, te procijenjena proizvodnja i površina

Preporučena instalirana snaga i varijanta montaže FN modula		
Preporučena instalirana snaga		1,8 MW
Ukupna godišnja proizvodnja		2.313 MWh
Potrebna površina za montažu		21.034 m ²

U skladu s preporučenom instaliranim snagom, u tablici 3-22 prikani su investicijski i operativni troškovi.

Tablica 3-22 Investicijski i operativni troškovi FNE

Stavka	Iznos [€]
Procijenjeni investicijski troškovi	1.821.600 €
Procijenjeni godišnji operativni troškovi (1. godina rad)	16.935 €
Jednokratni troškovi zamjene pretvarača u 12 god rada FNE	108.000 €

Očekivani utjecaj pogona FNE na potrošnju ŽCGO Lećevica, prikazani su slijedećom tablicicom. Prikazana je bilanca proizvodnje i potrošnje te udio proizvodnje koje se direktno koristi odnosno predaje u mrežu. Ukupno se cca 95% energije proizvodi u višoj tarifi, a cca 5% u nižoj tarifi. Također, prikazano je i očekivano smanjenje preuzete el. energije iz mreže.

Tablica 3-23 Bilance proizvodnje FNE ŽCGO Lećevica

Bilanca proizvodnje FNE ŽCGO Lećevica		
Stavka	Udio [%]	Iznos [MWh]
Proizvodnja koji se direktno koristi unutar ŽCGO	92,4%	2.137 MWh
Proizvodnja koja se prodaje u mrežu	7,6%	176 MWh
Ukupna proizvodnja	100%	2.313 MWh

Bilanca proizvodnje FNE ŽCGO Lećevica		
Stavka	Udio [%]	Iznos [MWh]
Procijenjeno smanjenje preuzete energije iz mreže	30,6%	2.137 MWh
Preuzeta električna energija iz mreže	69,4%	4.863 MWh
Ukupno potrošnja	100%	7.000 MWh

4 IDEJNO RJEŠENJE FOTONAPONSKIH ELEKTRANA PRETOVARNIH STANICA

U sklopu projekta centara za županijsko gospodarenje otpadom (ŽCGO) Splitsko-dalmatinske županije predviđena je izgradnja šest pretovarnih stanica, i to na lokacijama u Splitu, Sinju, Zagvozdu, te na otocima Braču, Hvaru i Visu.

U narednim poglavljima opisati će se osnovni tehnološki procesi unutar tipske PS, te analizirati mogućnosti napajanja električnom energijom svake PS zasebno ovisno o zahtjevima za električnom energijom i troškovima priključka na elektroenergetsku mrežu.

4.1 Opis osnovnih tehničkih procesa u pretovarnoj stanici s obzirom na potrošnju el. energije

Namjena pretovarnih stanica je privremeno skladištenje, priprema i pretovar otpada namijenjenog transportu prema županijskom centru za gospodarenje otpadom (ŽCGO Lećevica). Otpad se na pretovarnu stanicu dovozi komunalnim vozilima koja su specijalizirana za skupljanje otpada ili drugim vozilima koja mogu prevoziti otpad. Sastavni dijelovi pretovarne stanice su:

- prilazni put, cestovna infrastruktura unutar PS, manipulativne površine za vozila i parkiralište,
- kontejner-portirnica za zaposlene,
- kolska ili mosna vaga za vozila (preko 40 t),
- pretovarna rampa s prihvatnim prostorom za otpad i sustavom video nadzora sastava istovarenog otpada,
- pretovarni sklop s platformom za prihvat komunalnih vozila, trakastim transporterom i poluprikolicom za prihvat i zbijanje otpada,
- separator ulja i masti,
- protupožarni sustav,
- obodni kanal,
- električne i vodovodne instalacije,
- sustav odvodnje/kanalizacije,
- ograda s video-nadzorom oko prostora PS-a,
- nadstrešnica iznad radnih strojeva PS.

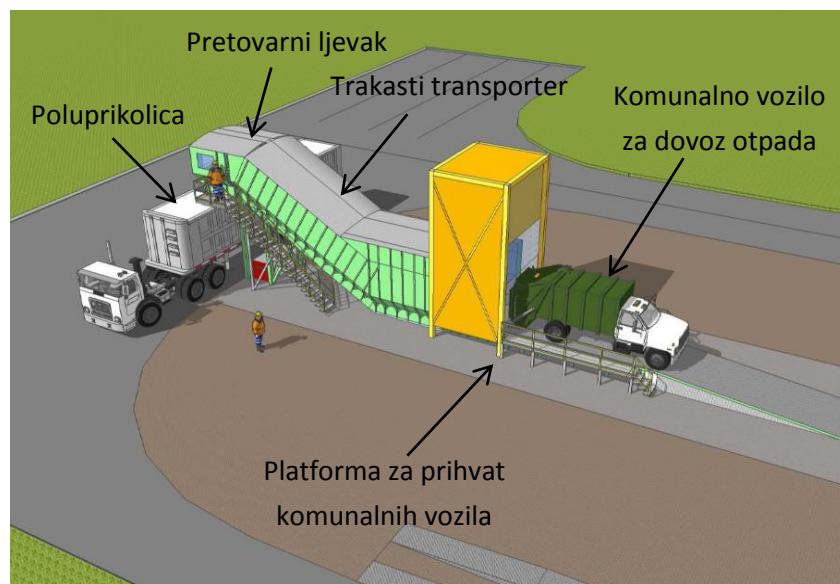
Platforma za prihvat vozila s komunalnim otpadom je čelične konstrukcije, izdignuta od okolnog terena cca 0,85 m, ograđena metalnom ogradom. Ovaj se prostor može sastojati od jednog ili više istovarnih mesta radi omogućavanja istovremenog istovara većeg broja kamiona tamo gdje je potrebno.

Proces pretovara se vrši na način da se poluprikolica s potisnom pločom smješta prije početka pretovara ispod pretovarnog lijevka transportera. Nakon vaganja, komunalna vozila prilaze pretovarnoj rampi vožnjom unatrag te istovaruju komunalni otpad na ravni dio trakastog

transportera. Trakasti transporter istovareni otpad uzdiže do pretovarnog lijevka, koji otpad usmjerava u gornji otvor poluprikolice. S vremenom na vrijeme trakasti se transporter zaustavlja, a potisna ploča kontinuirano vrši sabijanje otpada duž cijele dužine poluprikolice, sve dok ne dođe u kontakt s prethodno zbijenim komunalnim otpadom. Kada se poluprikolica potpuno napuni, trakasti transporter se zaustavlja. Iscjedjena onečišćena voda iz otpada prikuplja se u posebnom spremniku koji je sastavni dio trakastog transportera, a iz njega se pomoću hidrauličke pumpe prenosi u poluprikolicu preko tlačne cijevi i tako vraća u otpad iz kojega je potekla. Tegljač se spoji na punu poluprikolicu u cilju daljnog transporta otpada na odlagalište, a pod utovarnu rampu se postavlja prazna poluprikolica.

Sve navedene radnje može izvršavati jedan operator uz korištenje daljinskih komandi.

Na slici 4-1 shematski su prikazani osnovni elementi PS. Treba napomenuti da se u sklopu projekta ŽCGO Lećevica pretovarni prostor PS planira natkriti nadstrešnicom sa ravnim krovom.



Slika 4-1 Shematski prikaz osnovnih dijelova pretovarne stanice

4.1.1 Trakasti transporter

Trakasti transporter služi za pretovar otpada u poluprikolicu iz komunalnih vozila a sastoji od nekoliko dijelova:

- ravnog dijela na kojemu se zaprima otpad,
- kosog dijela na kojemu se komunalni otpad podiže prema utovarnom lijevku pomoću fiksnih člankovitih elemenata povezanih bočnim lančanicima, pokretanih s dva pogonska lančanika smještena na krajevima samog transportera. Kut za podizanje komunalnog otpada je 30°,
- vršnog dijela u kojem se nalazi pretovarni lijevak opremljen gumenom zavjesom za usmjeravanje otpada,
- plitkog bazena opremljenog hidrauličkom pumpom ispod trakastog transportera za sakupljanje otpadne vode koja nastaje cijeđenjem komunalnog otpada prilikom pretovara, odakle se prebacuje u poluprikolicu.

Dostavljeni tehnički podaci trakastog transportereta dani su u tablici 4-1.

Tablica 4-1 Dostavljeni tehnički podaci trakastog transportereta

TRAKASTI TRANSPORTER	
Kapacitet transportereta	4 t/min
Brzina trake	16-20 m/min
Nosivost trake	15 t/m ²
Zapremina ravnog dijela prije početka pretovara	20 t
Pogonski četverotaktni dizel motor (bešumni s direktnim ubrizgavanjem)	
Snaga	32,6 kW/44,3 ks pri 2600 o/min
Ekološka kategorija	EURO 5
Zapremina	2547 cm ³
Broj cilindara	3
Spremnik goriva	50 litara
Maksimalna potrošnja goriva po satu rada	6,0 litara (iskustveni podatak)
Maksimalna potrošnja po jednom punjenju (20t)	2,49 litre
Pogonski elektromotor	
Snaga el. motora	32 kW
Potrošnja energije tijekom jednog punjenja (20t)	17,89 kWh

4.1.2 Poluprikolica

Poluprikolica se koristi kao sabirni spremnik za veće količine otpada pri prijevozu na veće udaljenosti radi efikasnijeg transporta. Osnovni tehnički podaci poluprikolice dostavljeni od naručitelja su prikazani u tablici 4-2.

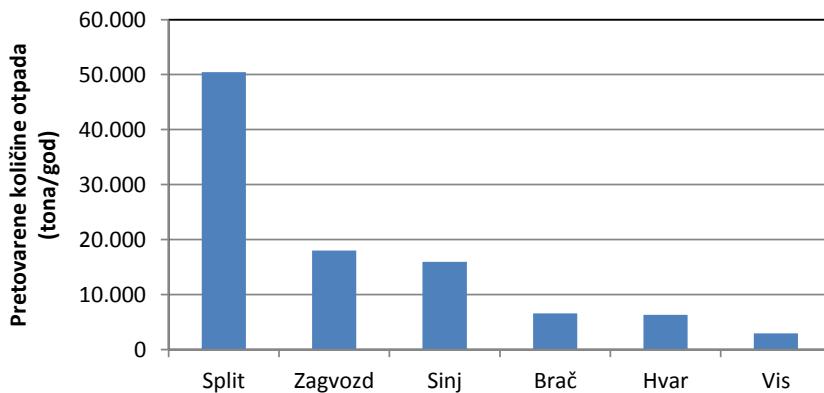
Tablica 4-2 Dostavljeni tehnički podaci poluprikolice

POLUPRIKOLICA	
Zapremina poluprikolice	55 m ³
Dozvoljena masa otpada	20 t
Duljina poluprikolice	12,6 m
Volumen jednog ciklusa punjenja	11,29 m ³
Sila zbijanja potisne ploče	65 t
Potrebno vrijeme utovara	35-50 min
Potrebno vrijeme istovara	4-5 min
Dnevno pranje	4-5 min
Pogonski četverotaktni dizel motor (bešumni s direktnim ubrizgavanjem)	
Snaga	40 kW/54,4 ks pri 2000 o/min
Ekološka kategorija	EURO 5
Zapremina	3432 cm ³
Broj cilindara	4
Spremnik goriva	80 litara
Maksimalna potrošnja goriva po satu rada	8,0 litara (iskustveni podatak)
Potrošnja pri jednom punjenju (20t)	3,32 litre
Potrošnja pri jednom pražnjenju (20t)	0,3 litre
Pogonski elektromotor	
Snaga el. motora	43 kW
Potrošnja energije tijekom jednog punjenja (20t)	17,85 kWh
Potrošnja energije tijekom jednog pražnjenja (20t)	1,61 kWh

4.1.3 Potrošnja električne energije, angažirana snaga radnih strojeva i ostala opreme PS

Procjena potrošnje električne energije pretovarnih stanica napraviti će se prema dostavljenim podlogama od strane Naručitelja. Pri izradi ulaznih podloga korištena su iskustva sa sličnih postrojenja, dostavljene prosječne mjesečne i godišnje količina otpada za pretovar za svaku PS, dostavljeni popis potrošača unutar pretovarnih stanica i opis radnog procesa u istoj.

Na slijedećoj slici prikazane su dostavljene godišnje količine otpada za pojedine pretovarne stanice.



Slika 4-2 Planirane pretovarne količine otpada za pretovarne stanice

Unutar pretovarne stanice potrošnja energenata može se podijeliti na dvije osnovne skupine, i to:

- Opća potrošnja – je osnovna skupina manjih potrošača koji koriste električnu energiju. U prvom redu to su nadzorne kamere, računalo, rasvjeta, frižider i povremeno vaga, klima i uređaj za pranje kamionskih guma. Potrošnja ovih uređaja u manjoj mjeri ovisi o pretovarenoj količini otpada u mjesecu. Ukupna vršna snaga potrošača procijenjena je do 5 kW na svim PS osim PS Split gdje je duplo veća i iznosi oko 10 kW. Procijenjena prosječna dnevna potrošnja ove skupine trošila za pojedine PS je u rasponu od 25-70 kWh/dan.
- Radni strojevi – su veliki strojevi unutar pretovarne stanice kao što su trakasti transporter i poluprikolica čija potrošnja direktno ovisi o količini pretovarenog otpada. Budući da isti imaju ugrađene elektro i dizel motore mogu se pogoniti na električnu energiju ako je dostupna ili direktno na dizelsko gorivo. Ukupna vršna snaga potrošača je do 43 kW (snaga poluprikolice), a ukupna potrošnja se dobije analizom pretovarene količine otpada po mjesecima i jedinične potrošnje električne energije/goriva po jednom pretovaru prikazanih u prethodnim poglavljima.

Na osnovu ulaznih podataka o planiranoj mjesecnoj količini otpada za pretovar, napravljeni su modeli potrošnje električne energije za dvije varijante potrošnje:

- Varijanta a) – cijelokupna potrošnja PS napaja se električnom energijom, bilo iz mreže ili sustava napajanja u otočnom pogonu,
- Varijanta b) – električnom energijom napaja se samo opća potrošnja, a radni strojevi rade na dizel gorivo.

Za potrebe analize rada sustava, pogotovo u otočnom pogonu sa FN modulima i baterijama za skladištenje energije, potrebno je predvidjeti karakteristične dnevne profile potrošnje i njihove sezonske oscilacije. Dnevne oscilacije se dijele na potrošnju tijekom radnog dijela dana i noću. Karakteristike modeliranih dnevnih profila su:

- Tijekom radnog dijela dana od 7 – 15(18) h očekuje se povećana opća potrošnja u vidu dnevnih aktivnosti kao što su rad računala, klima uređaja, vase i uređaja za pranje kotača vozila te eventualno ostalih trošila koje može koristiti radno osoblje PS (kuhalo, dodatno računalo, itd.). Prepostavljena vršna snaga ovih trošila je 5 - 10 kW, a oscilacije iste tijekom dana su teško predvidive i ovisne su o vremenu dolaska komunalnih kamiona na pretovar.

- Tijekom noćnih sati očekuje se maksimalna potrošnja sustava snage do 1 kW što uključuje rad nadzornog sustava, rasvjete i povremeni rad frižidera.
- Profili potrošnje su modulirani u 10 min rezoluciji sa ukupno 52.560 intervala u godini.
- Ukupna mjeseca potrošnja dobivena je zbrajanjem potrošnje modeliranih 10 min intervala za promatrani mjesec.
- Na prepostavljene dnevne profile dodan je i udio varijabilne potrošnje kako bi ista što vjernije odgovarala stvarnim oscilacijama tokom dana.

Budući da je potrošnja definirana na temelju dostavljenih teorijskih podataka potrošnje radnih strojeva i ostalih trošila, u praksi se mogu očekivati određena odstupanja te će se stoga, a i zbog eventualnih budućih povećanja količina otpada, prepostaviti dodatni sigurnosni faktor povećanja potrošnje od 20%.

4.2 Mogućnosti napajanja električnom energijom

4.2.1 Osnovne varijante

S obzirom na mogućnost napajanja potrošača u planiranim pretovarnim stanica razmatrane su četiri osnovne varijante:

- Varijanta 1) – klasični priključak na elektroenergetsku mrežu PS kao kupca električne energije – moguće su podvarijante:
 - Varijanta 1a) - svi potrošači PS napajaju se električnom energijom,
 - Varijanta 1b) - električnom energijom napaja se samo opća potrošnja, a radni strojevi rade na dizel gorivo.
- Varijanta 2) – priključak na elektroenergetska mreža sa dodatnim instaliranim FN sustavom kupca/proizvođača električne energije – moguće su podvarijante:
 - Varijanta 2a) - Svi potrošači PS napajaju se električnom energijom,
 - Varijanta 2b) - električnom energijom napaja se samo opća potrošnja a radni strojevi rade na dizel gorivo,
- Varijanta 3) – otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom iz FN sustava /baterija /dizel generatora uz rad velikih strojeva u PS direktno na dizel gorivo,
- Varijanta 4) – otočni pogon, napajanje cjelokupne potrošnje PS električnom energijom iz FN sustava /baterija /dizel generatora.

4.2.2 Varijanta 1) - klasični priključak na elektroenergetsku mrežu

U ovoj varijanti razmatrani su troškovi priključka PS na elektroenergetsku mrežu. Svi uređaji i strojevi u PS pogonjeni su električnom energijom.

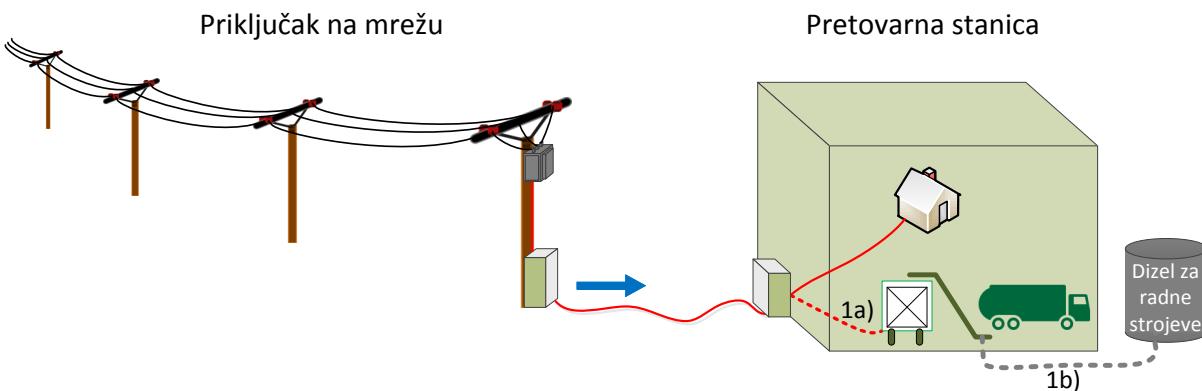
Priklučenje PS može se vršiti na postojeću mrežu niskog 0,4 kV ili srednjeg napona 10(20) kV, ovisno o udaljenosti istih od mjesta priključenja te ostalim tehničkim i ekonomskim uvjetima.

Metodologija izračuna troškova priključka dana je pravilnikom o naknadi za priključenje na elektroenergetsku mrežu i povećanje vršne snage Hrvatske energetske regulatorne agencije (HERA). U slučaju priključka na mrežu niskog i srednjeg napona troškovi priključka računaju se umnoškom priključne snage P (kW) i jedinične cijene $C_{NN}(\text{kn}/\text{kW}) = 1.350,00 \text{ kn/kW}$ (178 €/kW). U koliko stvarni troškovi priključka više od 20% prelaze cijenu priključka koja je proračunata prema gornjim izrazima, naknada za priključenje se određuje prema stvarnim troškovima priključenja.

Za izračun stvarnih troškova priključka korištene su uobičajene jedinične cijene roba, radova i usluga u distribucijskoj mreži (tablica 4-3). Ukupni troškovi priključka dobiju se množenjem veličine pojedine stavke sa jediničnom cijenom te u ovisnosti o udaljenosti mjesta priključka troškovi mogu značajno varirati i biti će proračunati za svaku PS posebno. Uz navedene troškove potrebno je predvidjeti i troškove izrade projektne dokumentacije koji ovise o kompleksnosti i veličini priključnih radova te će se zasebno procijeniti za svaku promatranoj situaciju.

Tablica 4-3 Tipske cijene izgradnje priključka

Tipske cijene – stavka	Cijena (kn)	Cijena (€)
Stupna TS 10/0,4 kV - 100kW (kn)	200.000	26.320
Kabel 10 kV (kn/km)	300.000	39.470
Dalekovod 10 kV (kn/km)	300.000	39.470
Kabel 0,4 kV (kn/km)	200.000	26.320
Preinake na 10 kV stupu za T odcjep (kn)	50.000	6.580



Slika 4-3 Načelna shema napajanja PS - Varijanta 1)

Pri razradi ove varijante za svaku PS, ovisno o postojećem stanju okolne distribucijske mreže i mogućim rješenjima priključenja, razmatrati će se jedna od dvije podvarijanate:

- 1a) - svi potrošači PS napajaju se električnom energijom,
- 1b) - električnom energijom napaja se samo opća potrošnja, a radni strojevi rade na dizel gorivo.

Podvarijanata 1a) ima prednost kod PS sa većim količinama otpada zbog veće efikasnosti strojeva koji rade na električnu energiju. U suprotnom, u koliko je riječ o PS sa manjim količinama otpada sa rijetkim dnevnim vršnim opterećenjima, prednost ima varijanta 1b). Razlog tome je što se osim električne energije (kWh) mjesečno plaća i angažirana vršna snaga (kW) tako da je u tom slučaju opravdano ići na pogon radnih strojeva na dizel gorivo s obzirom da isti angažiraju snagu od cca 43 kW ili cca 90% maksimalne angažirane snage.

Za svaku PS potrebno posebno je na osnovu količina otpada i pretpostavljenih dnevnih profila potrošnje odabrati optimalnu varijantu. Također može se odrediti i orientacijska količina otpada do koje je isplativo pogoniti strojeve na dizel gorivo uvažavajući pretpostavljene ulazne veličine. Tako za profil potrošnje u kojem se 90% potrošnje događa za vrijeme više, a 10 % za vrijeme niže tarife, sa prosječnom vršnom angažiranom snagom radnih strojeva oko 43 kW, uvažavajući cijene električne energije dane u tablici 4-4 i cijene dizel goriva od 8 kn/l (1,053 €/l), može se procijeniti da bi za godišnje količine otpada **ispod cca 20.000 t/god, za rad PS optimalna bila varijanta b).**

Treba napomenuti da konačni odabir rada u varijanti a) ili b) značajno ovisi o pretpostavljenim cijenama električne energije i naknade za angažiranu snagu te cijena dizel goriva, kao i specifikaciji samih strojeva tj. njihovoj potrošnji i angažiranoj snazi. Odluke o odabiru varijante napajanja radnih strojeva mogu se planirati i na mjesечноj razini za svaku PS ovisno o sezonskim varijacijama količine otpada (u tom slučaju potrebno je planirati priključak snage 48 kW). U mjesecima sa manjom količinom otpada optimalno je da radni strojevi rade na dizel gorivo, a u mjesecima sa većom količinom otpada na električnu energiju. Navedeno optimiranje rada PS u varijanti a) ili b) je posljedica pretpostavljenih profila potrošnje i visoke angažirane snage radnih strojeva.

Dodatna razlika između ove dvije podvarijante je i u troškovima realizacije priključka. U koliko se radi o PS u urbaniziranom dijelu sa razvijenom okolnom distribucijskom NN mrežom, troškovi priključka se mogu procijeniti prema jediničnoj cijeni od 1.350,00 kn/kW (178 €/kW). U koliko se podrazumijeva priključna snaga varijante 1a) od 48 kW, a priključna snaga varijante 1b) od 10 kW, razlika u troškovima bi iznosila 51.300 kn (6.750 €). Međutim u koliko je riječ o području udaljenom od postojeće mreže, troškovi priključka se računaju po stvarnom trošku realizacije. U tom slučaju, zbog specifičnih troškova koji ne ovise u znatnoj mjeri o snazi priključka, ova razlika bi bila neznatna.

Zaključno, za svaku pojedinu PS odabrati će se rješenje u prvom redu bazirano na procijenjenim količinama otpada, a u uvažiti će se i utjecaj troškova izvedbe priključka.

4.2.3 Varijanta 2) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom

4.2.3.1 Karakteristike varijante

Ova varijanta je proširena varijanta 1) gdje se za potrebe napajanja PS radi priključak na mrežu, ali se i na slobodne krovne površine instalira FN sustav koji služi za pokrivanje vlastite potrošnje dok se višak proizvodnje isporučuje u mrežu. Sva oprema i veliki strojevi unutar PS rade na električnu energiju.

U ovakovom sustavu na račun instaliranog FN sustava ostvaruju se prihodi na dva načina:

- Kao izbjegnuti troškovi na račun električne energije koja se koristi za pokrivanje vlastite potrošnje. Vrijednost svakog kWh proizvodnje koji se trenutno koristi i ne isporučuje u mrežu jednaka je cijeni električne energije iz mreže koja uključuje cijenu energije, naknade za mrežu, naknade za OIE i ostalih naknada koje se obračunavaju po potrošenom kWh.
- Prihodi od prodaje viškova električne energije u mrežu koji se obračunavaju po tržišnoj cijeni energije. Navedena cijena je nekoliko puta manja od ukupne cijene koja se plaća za potrošeni kWh iz mreže.
- Dodatni izbjegnuti troškovi javljaju se u obliku smanjenje angažirane snage (kW) zbog vlastite proizvodnje koji se obračunavaju po vršnoj angažiranoj snazi u promatranom obračunskom periodu. Budući da je za smanje angažirane snage u obračunskom periodu (mjesec) mjerodavan dan sa najmanje sunca, kada je proizvodnja FN sustava najmanja, procjena utjecaja istog na smanjenje troškova za električnu energiju je nepouzdana, pogotovo ako se vršna snaga javlja u ranim jutarnjim satima ili večernjim kada je proizvodnja ionako mala. Zbog navedenih nesigurnosti u procjeni ovih prihoda isti će se izostaviti iz analize isplativosti što stavlja proračun na stranu sigurnosti.

Cijena električne energije za kupnju, odnosno prodaju, ugovara se s opskrbljivačima te iste mogu uvelike varirati. Temeljem dostupnih informacija i iskustava za potrebe studije dane su procijenjene cijene za tarifni model NN Crveni prema tablici 4-4. Navedeni iznosi su bez PDV-a.

Tablica 4-4 Procjena cijena električne energije za kupnju iz mreže i prodaju u mrežu

	Cijena električne energije		Cijena		
	Stavka	kn/kWh	kn/kWh	€/kWh	
POTROŠNJA NN Crveni	Viša tarifa - VT	El. energija	0,431	0,72	0,095
		Mrežarina	0,250		
		Ostale naknade*	0,039		
	Niža tarifa - NT	El. energija	0,331	0,49	0,064
		Mrežarina	0,120		
		Ostale naknade*	0,039		
	Angažirana snaga (kW)			44,5	5,855
PRODAJA	Otkupna tarifa (kWh)	El. energija	0,250	0,250	0,033

Ostale naknade navedene u višoj i nižoj tarifi uključuju naknade za obnovljive izvore energije (OIE) i trošarine za poslovnu upotrebu električne energije.

Prema saznanjima prodajna cijena električne energije kreće se u rasponu od 0,25 – 0,35 kn/kWh te je u proračunu konzervativno preuzeta cijena od 0,25 kn/kWh (0,033 €/kWh). Cijena se dogovara sa opskrbljivačima ili trgovcima električne energije te se u konačnici može očekivati i povoljnija otkupna cijena. Može se napomenuti i kako je trenutno u pripremi Zakon o obnovljivim izvorima energije i visokoučinkovite kogeneracije koji bi trebao preciznije regulirati tržišne odnose za otkup viškova proizvodnje malih proizvođača snage do 300 kW. Međutim, prema nacrtu zakona otkupna cijena se neće značajnije promijeniti u odnosu na pretpostavljeni raspon od 0,25 – 0,35 kn/kWh.

Osnovni dijelovi ovakvih sustava uz elemente priključka na mrežu su:

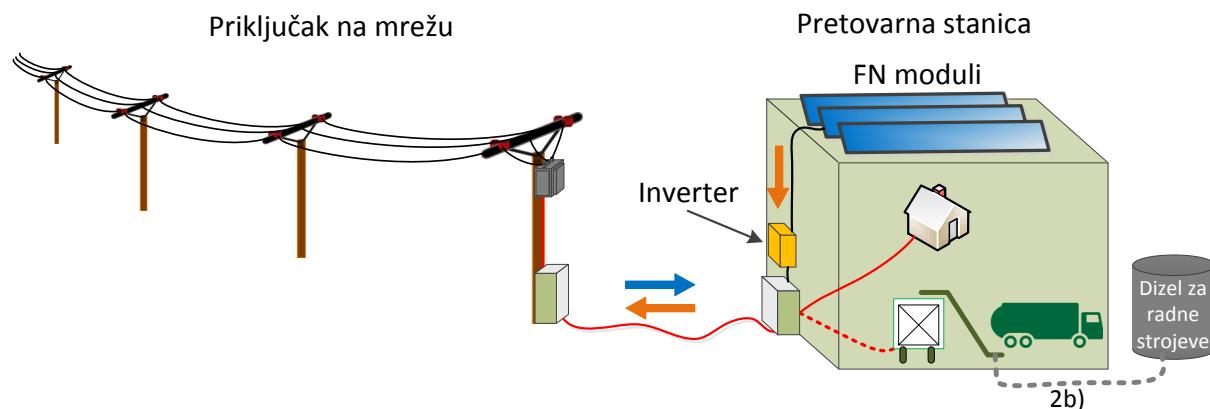
- FN moduli,
- konstrukcija za FN module,
- pretvarači.

U koliko ne dođe do neplaniranih kvarova i oštećenja sustava, potrebe za održavanjem u pogonu su minimalne. Osim planirane zamjene pretvarača na polovici životnog vijeka, potrebno je redovito nadzirati proizvodnju te povremeno organizirati pranje FN modula.

Osnovna značajka ove varijante je da se, u odnosu na Varijantu 1), uz veće investicijske troškove smanjuju troškovi upravljanja i održavanja. Iz tog razloga potrebno je za pojedini slučaj izvršiti odgovarajuću procjenu isplativosti investicije, odnosno vremena povrata dodatnog ulaganja kroz životni vijek elektrane.

Dodatne prednosti ovakvih distribuiranih izvora su poboljšanje naponskih prilika i smanje gubitaka u distribucijskoj mreži. Instalacija FN sustava ima povoljan utjecaj na okoliš jer smanjuje i ispuštanje CO₂ plinova.

Načelna shema sustava u Varijanti 2) dana je na slijedećoj slici.



Slika 4-4 Načelna shema napajanja PS - Varijanta 2)

Analogno varijanti 1), ovisno o postojećem stanju okolne distribucijske mreže i mogućim rješenjima priključenja, razmatrati će se jedna od dvije podvarijanate:

- 2a) - svi potrošači PS napajaju se električnom energijom,
- 2b) - električnom energijom napaja se samo opća potrošnja, a radni strojevi rade na dizel gorivo.

Za varijantu 2) se razmatra ona podvarijanata koja je usklađena s odabirom rješenja za varijantu 1).

FN sustav u varijanti 2b) za pojedinu PS je znatno manje snage od varijante 2a). Razlog tome je osnovna prepostavka da se FN sustav dimenzionira na način da procijenjena proizvodnja ne prelazi procijenjenu godišnju potrošnju. Kako je potrošnja u velikoj mjeri ovisna o pogonu radnih strojeva isto značajno utječe i na snagu FN sustava.

4.2.3.2 Procjena investicijskih i troškova održavanja

Razvoj projekta fotonaponske elektrane uključuje tehničke elemente razvoja projekta, ishodjenje potrebnih dozvola te osiguranje i financiranje konstrukcije za izgradnju elektrane, tj.:

- sve tehničke istražne radnje/aktivnosti, odabir tehnologije, definiranje idejnog rješenja fotonaponske elektrane u cijelosti i sl.,
- izradu projektne i prateće dokumentacije (idejno rješenje, idejni i glavni-izvedbeni projekt, prateći elaborati i studije),
- ishođenje dozvola i ugovora za priključak na elektroenergetsku mrežu te potrebnu dokumentaciju i dozvole za izgradnju elektroenergetskih objekata,
- osiguranje vlastitih sredstava i zatvaranje finansijske konstrukcije,
- izradu tendera, ugovaranje opreme i radova,
- menadžment i vođenje projekta u cjelini.

Osim gore navedenih troškova razvoja projekta do faze u kojoj je SE spremna za gradnju, tijekom izgradnje i puštanja u pogon javljaju se dodatni troškovi vezani za tehničku dokumentaciju, ishođenje dozvola i ugovora, nadzor te ispitivanje u pokusnom radu.

Oprema na sučelju prema mreži se u ovom slučaju procjenjuje na iznos od 1.100 €. Isti uključuje troškove nabave novih zaštitnih elementa, zamjene brojila, te ostale opreme i radova na priključku.

Za potrebe procijene ukupnih investicijskih troškova potrebno je razlikovati varijabilne i fiksne troškove u investiciji. Fiksni troškovi su troškovi koji ne ovise o veličini FN elektrane za promatrani raspon snaga a to su troškovi sustava za nadzor rada elektrane, opreme na sučelju prema mreži i ishođenja projektne dokumentacije. Varijabilni troškovi su troškovi koji direktno ovise o veličini same elektrane a uključuju komponente kao što su FN moduli, konstrukcija za FN module, pretvarači (inverteri), elektro-materijal i radovi postavljanja. U sljedećoj tablici prikazani su jedinični varijabilni i fiksni troškovi izgradnje FN elektrane.

Tablica 4-5 Varijabilni i fiksni investicijski troškovi izgradnje FNE – Varijanta 2)

Varijabilni troškovi	€/kWp
FN moduli	600
Konstrukcija	140
Ostali el. materijal	80
Radovi	90
Pretvarač (Inverter)	160
Nepredviđeni troškovi	40
Fiksni troškovi	€
Sustav nadzora	800
Oprema na sučelju prema mreži	1100
Pripreme, projektiranje, dozvole, puštanje u pogon	2000
Dodatni troškovi za FN elektrane > 30 kWp	€
Dodatni troškovi elaborata zaštite i utjecaja na mrežu	3.000
Dodatni troškovi pripreme, dozvola i projektiranja	1.500

Za FN elektrane snage veće od 30 kWp potrebno je uključiti i troškove izrade dodatnih elaborata utjecaja FN elektrane na mrežu i elaborata podešenja zaštite. Također potrebno je uvećati i troškove pripreme, planiranja i projektiranja.

Troškovi rada i održavanja sastoje se od stalnih periodičnih (godišnjih) komponenti:

- Redovito i interventno održavanje i upravljanje elektranom - prepostavljeno je u iznosu 0,5% od ukupne investicije.
- Godišnji troškovi osiguranja - prepostavljeno je u iznosu 0,5% od ukupne investicije.

Povećanje ukupnih troškova održavanja i osiguranja računato je sa stopom inflacije od 2% godišnje, za sve naredne godine nakon izgradnje projekta.

Tablica 4-6 Operativni troškovi rada FNE - Varijante 2)

Redovni troškovi rada SE (1. godina)	
Redovito održavanje i upravljanje (% od investicije)	0,5%
Osiguranje (% od investicije)	0,5%
Ukupni troškovi rada 1. godina (% od investicije)	1,0%

Kao jednokratni budući troškovi prepostavljeni su samo troškovi zamijene pretvarača (invertera):

- prepostavljena je zamjena pretvarač (invertera) u 12. godini, tj. na polovini životnog vijeka SE,
- troškovi zamijene su računati u iznosu od 50% cijene pretvarača kod prve ugradnje.

Ukupni investicijski troškovi izračunati su kao zbroj umnoška instalirane snage i jediničnih varijabilnih troškova te fiksnih troškova. Zbirni prikaz investicijskih troškova te održavanja, kao i jednokratnih troškova u budućnosti dan je u slijedećoj tablici.

Tablica 4-7 Zbirni prikaz CAPEX i OPEX troškova ovisno o instaliranoj snazi sustava

Instalirana snaga (kWp)	8-20 kWp												
	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Investicija (€/kWp)	1.598	1.543	1.500	1.465	1.435	1.410	1.389	1.370	1.354	1.339	1.327	1.315	1.305
Investicija (€)	12.780	13.890	15.000	16.110	17.220	18.330	19.440	20.550	21.660	22.770	23.880	24.990	26.100
Održavanje (€)	128	139	150	161	172	183	194	206	217	228	239	250	261
Zamjena invertera -12 god (€)	640	720	800	880	960	1.040	1.120	1.200	1.280	1.360	1.440	1.520	1.600

Instalirana snaga (kWp)	21-30 kWp												31-33 kWp		
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33		
Investicija (€/kWp)	1.296	1.287	1.280	1.273	1.266	1.260	1.254	1.249	1.244	1.240	1.381	1.373	1.365		
Investicija (€)	27.210	28.320	29.430	30.540	31.650	32.760	33.870	34.980	36.090	37.200	42.810	43.920	45.030		
Održavanje (€)	272	283	294	305	317	328	339	350	361	372	428	439	450		
Zamjena invertera -12 god (€)	1.680	1.760	1.840	1.920	2.000	2.080	2.160	2.240	2.320	2.400	2.480	2.560	2.640		

Instalirana snaga (kWp)	40-100 kWp												
	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
Investicija (€/kWp)	1.320	1.297	1.278	1.263	1.250	1.239	1.230	1.222	1.215	1.209	1.203	1.198	1.194
Investicija (€)	52.800	58.350	63.900	69.450	75.000	80.550	86.100	91.650	97.200	102.750	108.300	113.850	119.400
Održavanje (€)	528	584	639	695	750	806	861	917	972	1.028	1.083	1.139	1.194
Zamjena invertera -12 god (€)	3.200	3.600	4.000	4.400	4.800	5.200	5.600	6.000	6.400	6.800	7.200	7.600	8.000

Potrebno je napomenuti da su prikazane cijene bez uračunatog PDV-a.

4.2.4 Varijanta 3) - otočni pogon, napajanje manjeg dijela potrošnje PS električnom energijom

4.2.4.1 Karakteristike varijante

U slučaju da uz lokaciju PS nema raspoložive elektroenergetske mreže te je cijena realizacije priključka relativno visoka, opravdano je razmatrati izgradnju otočnog sustava napajanja. Ovom varijantom podrazumijeva se napajanje električnom energijom opće potrošnje vršne snage do 5 kW (instalacije kontejnera za osoblje, rasvjeta, video nadzor, itd.), dok su radni strojevi (trakasti transporter i poluprikolica) pogonjeni dizel gorivom.

Osnovne komponente ovog sustava su:

- FN moduli s montažnom konstrukcijom,
- pretvarači (inverteri) za otočni pogon
- regulatori punjenja baterija,
- baterije,
- dizel generator,
- kontejner za smještaj baterija, regulatora punjenja baterija i pretvarač.

Budući da se proizvodnja FN sustava događa isključivo tokom dana potrebno je višak skladištiti u baterije kako bi se trošila mogla napajati u vremenu vršnih opterećenja kada snaga iz samih FN sustava nije dostatna za podmirenje potrošnje te u noćnim satima.

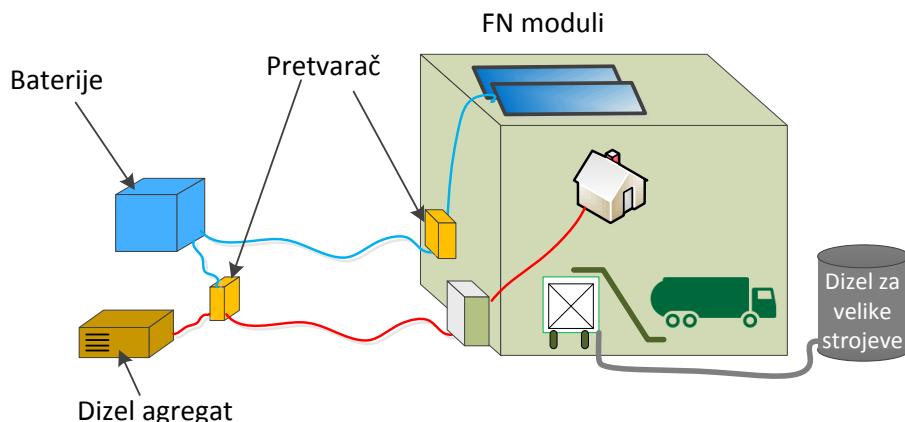
Pretvarač je u ovom slučaju namijenjen za rad u otočnom pogonu i ima mogućnost regulacije napona i frekvencije na izmjeničnoj strani kao i regulaciju punjenja baterija na istosmjernoj strani. Ovi pretvarači su zbog dodatnih funkcija skuplji od uobičajenih mrežom vođenih pretvarača koji se koriste u Varijantama 2).

Baterije koje se koriste moraju osigurati dovoljnu autonomiju u noćnim satima za normalno funkcioniranje sustava, kao i pokrivanje dnevnih vršnih opterećenja. Radi se o cikličkom pogonu baterija te se podrazumijeva korištenje „long life“ tubularnih baterija OPZV ili OPZS izvedbe. OPZV baterije su suhog tipa bez potrebe za održavanjem, dok su OPZS baterije potopljenog tipa i zahtijevaju redovno održavanje.

Dizel generator se koristi u vremenu kada proizvodnja FN sustava nije dostatna, a baterije su ispod određene granice napunjenošći. Isti se tada koristi za podmirenje potrošnje i za nadopunjavanje baterija.

Uspoređujući ovu varijantu s ostalima, nužno je uvažiti troškove pogona radnih strojeva, tj. dizel goriva. Potrebne količine goriva će se proračunati na temelju dostavljenih podataka o količinama otpada i jedinične potrošnje pogonskih dizel motora.

Na slijedećoj slici dana je načelna shema sustava u Varijanti 3).



Slika 4-5 Načelna shema napajanja PS - Varijanta 3)

4.2.4.2 Procjena investicijskih troškova i troškova održavanja

Razvoj sustava za napajanje u otočnom pogonu uključuje tehničke elemente razvoja projekta, izradu projektne dokumentacije i osiguranje financiranje konstrukcije za izgradnju elektrane, tj.:

- sve tehničke istražne radnje/aktivnosti, odabiru tehnologije, definiranje idejnog rješenja fotonaponske elektrane u cijelosti i sl.,
- izradu projektne i prateće dokumentacije (idejno rješenje, idejni i glavni-izvedbeni projekt, prateći elaborati i studije),
- osiguranje vlastitih sredstava i zatvaranje finansijske konstrukcije,
- izradu tendera, ugovaranje opreme i radova,
- menadžment i vođenje projekta u cjelini.

Osim gore navedenih troškova razvoja projekta do faze u kojoj je SE spremna za gradnju, tijekom izgradnje i puštanja u pogon javljaju se dodatni troškovi vezani za tehničku dokumentaciju i parametriranje sustava.

Za potrebe procijene ukupnih investicijskih troškova kao i kod varijanti 2) potrebno je razlikovati varijabilne i fiksne troškove u investiciji. U tablici 4-8 prikazani su jedinični varijabilni i fiksni troškovi izgradnje FN elektrane za otočni pogon.

Tablica 4-8 Varijabilni i fiksni investicijski troškovi

Varijabilni troškovi - FN Sustav	€/kWp
FN moduli	600
Konstrukcija	140
Ostali el. materijal	120
Radovi	120
Regulator punjenja baterija	380
Nepredviđeni troškovi	40
Varijabilni troškovi - Baterije	€/kom
Baterije OPZS - članak 2V, 1695 Ah	390
Fiksni troškovi	€
Kontejner za smještaj opreme	6.000
Pretvarač za otočni pogon (AC - 6 kW)	4.000
Sustav nadzora	800
Dizel generator (7 kW)	7.000
Pripreme, projektiranje, puštanje u pogon	4.000

Kao i kod Varijante 2) procijenjeni su i troškovi održavanja te su prikazani u tablici 4-9.

Tablica 4-9 Procijenjeni redovni troškovi održavanja

Redovni troškovi rada SE (1. godina) – OPEX	
Redovito održavanje i upravljanje (% od investicije)	0,5%
Osiguranje (% od investicije)	0,5%
Ukupni troškovi rada 1. godina (% od investicije)	1,0%

Procijenjeni jednokratni troškovi u budućnosti su prikazani u tablici 4-10.

Tablica 4-10 Procijenjeni jednokratni troškovi u budućnosti

Jednokratni troškovi u budućnosti – OPEX	
Prva izmjena baterija u 8. godini (% cijene baterija kod prve ugradnje)	75%
Izmijene pretvarača u 12. godini (% cijene pretvarača kod prve ugradnje)	50%
Druga izmjena baterija u 16. godini (% cijene baterija kod prve ugradnje)	50%

Zbirni prikaz investicijskih troškova prikazani su tablicom 4-11, dok su troškovi održavanja, kao i jednokratnih troškova u budućnosti prikazani u tablici 4-12.

Tablica 4-11 Ukupni investicijski te troškovi održavanja i osiguranja za različite instalirane snage i kapacitet baterija

Investicija (€)	Broj članaka baterije 1695 Ah (48 V)			Redovno održavanje (€)	Broj članaka baterije 1695 Ah (48 V)		
	24	48	64		24	48	64
8	42.360	51.720	57.960	8	424	517	580
9	43.760	53.120	59.360	9	438	531	594
10	45.160	54.520	60.760	10	452	545	608
11	46.560	55.920	62.160	11	466	559	622
12	47.960	57.320	63.560	12	480	573	636
13	49.360	58.720	64.960	13	494	587	650
14	50.760	60.120	66.360	14	508	601	664
15	52.160	61.520	67.760	15	522	615	678
16	53.560	62.920	69.160	16	536	629	692
17	54.960	64.320	70.560	17	550	643	706
18	56.360	65.720	71.960	18	564	657	720
19	57.760	67.120	73.360	19	578	671	734
20	59.160	68.520	74.760	20	592	685	748

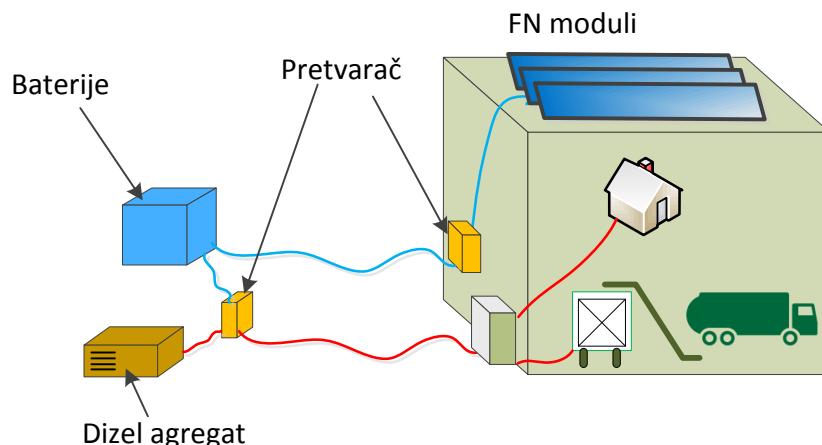
Tablica 4-12 Procijenjeni jednokratni troškovi zamjene invertera i baterija u budućnosti

Jednokratni troškovi u budućnosti(€)	Izmjena baterija (8 god)			Izmjena invertera (12 god)			Izmjena baterija (16 god)		
	Broj članaka baterije (48 V)			Broj članaka baterije (48 V)			Broj članaka baterije (48 V)		
	24	48	64	24	48	64	24	48	64
Instalirana snaga FN sustava (kWp)	8				3.520				
	9				3.710				
	10				3.900				
	11				4.090				
	12				4.280				
	13				4.470				
	14				4.660				
	15				4.850				
	16				5.040				
	17				5.230				
	18				5.420				
	19				5.610				
	20				5.800				
	7.020	14.040	18.720				4.680	9.360	12.480

4.2.5 Varijanta 4) - otočni pogon, napajanje cjelokupne potrošnje PS električnom energijom

Ovakvi sustavi zbog velikog zahtijeva za vršnom snagom velikih strojeva u PS zahtijevaju relativno veliku snagu instaliranih FN modula, pretvarača i dizel generatora kao i velike spremnike energije u vidu baterija. Zbog velikih investicijskih troškova ovakvi relativno veliki otočni sustavi obično se koriste kada ne postoji alternativno rješenje.

Osnovne komponente ovog sustava identične su varijanti 3), a načelna shema se razlikuje u napajanju trakastog transporteru i poluprikolice.



Slika 4-6 Načelna shema napajanja PS - Varijanta 4)

Preliminarnim analizama za ovu varijantu uz prosječnu potrošnju pretovarne stanice potrebno je instalirati sustav slijedećih karakteristika:

- FN sustav u rasponu od 50-70 kWp,
- pretvarači/regulatori punjenja baterija u rasponu od 50-70 kW,
- baterije u rasponu do 48 x 1695 Ah (2V),
- dizel generator snage do 20-40 kW,

FN module potrebno je postaviti na sve dostupne krovne površine, a dodatno planirati i nadstrešnice za automobile pokrivene FN modulima. Ovakav sustav iziskuje veliku početnu investiciju do oko 135.000 €. Troškovi održavanja se procjenjuju na prosječan iznos od oko 1.700 €/god, uz očekivane troškove promijene baterija svakih 8-9 godina i jedne izmijene pretvarača na pola životnog vijeka elektrane.

Preliminarnim analizama ustanovljeno je da ova varijanta zbog visokih investicijskih troškova i troškova održavanja daje najlošije rezultate te se dalje neće razmatrati.

4.2.6 Rekapitulacija mogućih varijanti napajanja električnom energijom

U slijedećoj tablici dana je rekapitulacija mogućih varijantnih rješenja sa kratkim pojašnjenjima i preliminarnim razmatranjima.

Tablica 4-13 Rekapitulacija mogućih varijanti napajanja električnom energijom

		Opis	Osnovne značajke
Varijanta 1)	1a)	Priklučak PS na distribucijsku mrežu snage cca 48 kW. Svi potrošači PS napajaju se električnom energijom.	Prednost kod PS <u>sa većim količinama otpada</u> zbog veće efikasnosti strojeva koji rade na električnu energiju.
	1b)	Priklučak PS na distribucijsku mrežu snage cca 10 kW. Električnom energijom napaja se samo opća potrošnja, a radni strojevi rade na dizel gorivo.	Prednost kod PS <u>sa manjim količinama otpada</u> sa rijetkim dnevnim vršnim opterećenjima zbog izbjegavanja visokog udjela mjesecnih troškova angažirane snage.
Varijanta 2)	2a)	Priklučak PS na distribucijsku mrežu snage cca 48 kW. Svi potrošači PS napajaju se električnom energijom. Instaliran FN sustav u paralelnom radu s električnom mrežom.	Pogodna na lokacijama <u>sa većim količinama otpada (iznad cca 20.000 t/god.)</u> . U ovom slučaju zbog potrošnje radnih strojeva, instalirani FN sustav može biti znatno veći od sustava u varijanti 2b). Zbog velikih razlika u cijenama električne energije kupca i proizvođača, potrebno je dimenzionirati sustav tako da dio koji se prodaje u mrežu ne bude značajan.
	2b)	Priklučak PS na distribucijsku mrežu snage cca 10 kW. Električnom energijom napaja se samo opća potrošnja, a radni strojevi rade na dizel gorivo. Instaliran FN sustav u paralelnom radu s električnom mrežom.	Pogodna na lokacijama <u>sa manjim količinama otpada</u> . U ovom slučaju zbog pogona radnih strojeva na dizel gorivo, instalirani FN sustav je znatno manji od sustava u varijanti 2a). Zbog velikih razlika u cijenama električne energije kupca i proizvođača, potrebno je dimenzionirati sustav tako da dio koji se prodaje u mrežu ne bude značajan.
Varijanta 3)		PS se ne priključuje na električnu mrežu. Radni strojevi pogonjeni su na dizel gorivo. Za opću potrošnju PS predviđen je hibridni sustav napajanja u otočnom pogonu.	Pogodna je na lokacijama <u>gdje se očekuju manje količine otpada</u> jer u tom slučaju nisu toliko značajni troškovi dizel goriva za radne strojeve. Prednost ove varijante može doći do izražaja na lokacijama <u>koje nisu u blizini postojeće niskonaponske odnosno srednjenačinske el. mreže</u> .
Varijanta 4)		PS se ne priključuje na električnu mrežu. Za cijelokupnu potrošnju PS predviđen je hibridni sustav napajanja u otočnom pogonu.	Preliminarno je ocijenjena kao neprikladna iz razloga što je, i u slučaju ispunjenja svih preduvjeta uslijed kojih se preporuča razmatranje otočnog sustava, znatno isplativije pogoniti radne strojeve na dizel gorivo nego dimenzionirati otočni sustav za tako velika udarna opterećenja. Pogotovo jer bi se u tom slučaju dizel generatorom hibridnog sustava nepotrebno duplirali dizel motori kojima su opremljeni radni strojevi.

4.3 Metodologija analize optimalnih rješenja

Varijante napajanja za svaku lokaciju analizirane su narednim poglavljima.

Analiza je vršena u programskom paketu HOMER Pro od tvrtke HOMER Energy LLC, svjetski priznatom alatu za optimiranje i dimenzioniranje mreža napajanih obnovljivim izvorima električne energije. Program se općenito koristi za dimenzioniranje i simulaciju rada sustava spojenih na elektroenergetsku mrežu kao i otočnih sustava. Isti omogućava proračun investicijskih i operativnih troškova te analizu osjetljivosti sustava na sve ulazne variable. Optimalno rješenje sustava može se naći minimiziranjem varijabli sustava kao što su ukupni troškovi diskontirani na prvu godinu, potrošnje goriva dizel generatora ili neke druge varijable. Također, moguće je definirati ograničenja i ciljeve proračuna kao što su recimo neraspoloživost sustava ili udio proizvodnje iz obnovljivih izvora. Modeliranje potrošnje kao i proračuni mogu se vršiti sa rezolucijom od 1 min do 60 min. Za proračun proizvodnje definirani su ulazni meteorološki podaci o sunčevu zračenju, tehničke karakteristike opreme (FN moduli, pretvarači, generatori) te finansijski parametri za svaki element sustava.

Program provodi simulacije za zadane varijacije sustava, tj. analizira se osjetljivost za zadane oscilacije osnovnih karakteristika sustava kao što su snaga FN sustava i dizel generatora, kapacitet baterije, itd. Na temelju provedenih simulacija za sve kombinacije opreme, rezultati se rangiraju i odabire se optimalno rješenje prema željenom kriteriju. U ovom slučaju odabran je kriterij najnižeg sadašnjeg troška sustava NPC (eng. Net Present Cost), koji uz zadalu diskontnu stopu i stopu inflacije svodi sve troškove rada sustava tijekom životnog vijeka na nultu godinu. Najmanji rezultat usvaja se kao optimalan.

Osnovni ulazni parametri prikazani su u sljedećoj tablici. Navedene cijene su bez PDV-a.

Tablica 4-14 Osnovni ulazni parametri u programskom paketu HOMER

KOMPONENTA	IZNOS
Diskontna stopa	5%
Stopa inflacije	2%
Rast cijene el. energije	3%
Životni vijek projekta	25 god
Dozvoljena neraspoloživost sustava	0%
Minimalni udio obnovljivih izvora u ukupnoj potrošnji	90%
Rezolucija proračuna	10 min
Cijena el. energije VT	0,095 €/kWh
Cijena el. energije NT	0,064 €/kWh
Cijena angažirane snage	5,855 €/kW
Cijena dizel goriva	1,053 €/l
Izmjena pretvarača	12 god
Izmjena baterija	8 god

4.4 Osnovne pretpostavke smještaja i orijentacije FN sustava

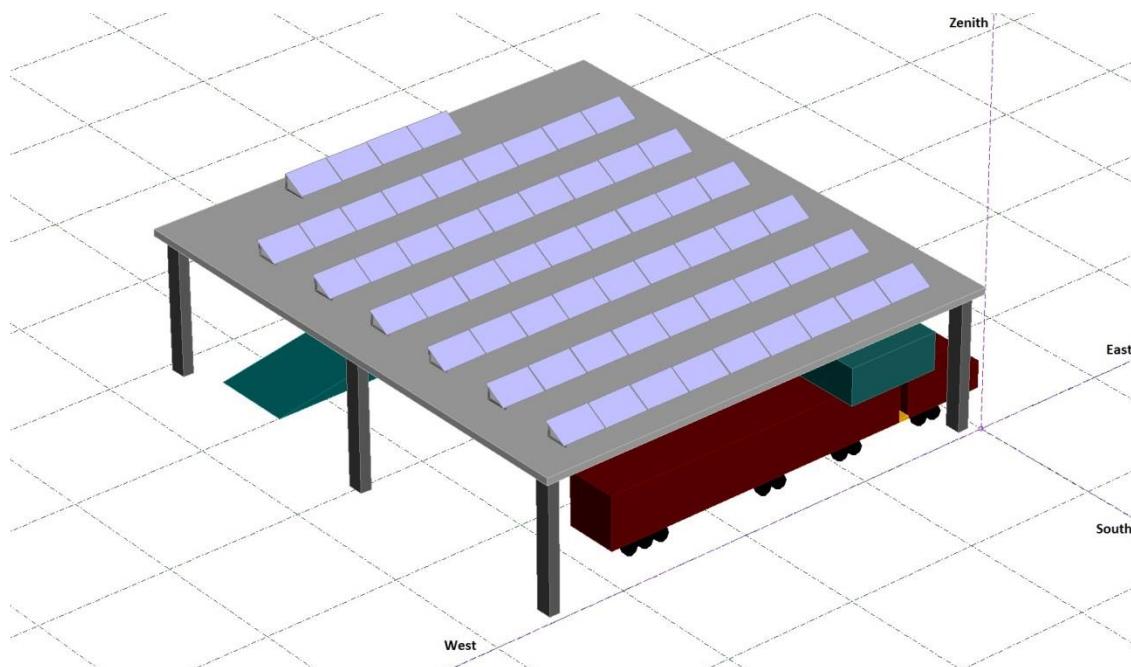
Za potrebe proračuna potrebno je odrediti osnovne značajke postavljanja FN sustava jer se radi o ključnim parametrima za procjenu proizvodnje.

Zbog specifičnih regulatornih zahtjeva preporuka je svakako da se koriste krovne površine ili nadstrešnice.

Prilikom proračuna varijanti sa instaliranim FN sustavom napravljeni su i 3D modeli pretovarnih stanica kako bih se razmotrio utjecaj zasjenjenja FN modula na krovu objekta.

FN module je potrebno orijentirati prema jugu, pod nagibom koji će biti optimalan gledajuću specifične zahtjeve potrošača, ukupne proizvodnje i troškova montažne konstrukcije.

FN moduli su planirani u varijantama nagiba od 20° i 30° ovisno o promatranoj varijanti. Na slijedećoj slici prikazan je 3D model objekta PS s rasporedom modula na ravnom krovu objekta.



Slika 4-7 3D model objekta PS sa razmještajem FN modula na ravnom krovu

U varijanti nagiba FN modula od 20° najmanji razmak između redova modula u 1xlandscape formaciji cca 0,8 m. U varijanti sa nagibom modula od 30° najmanji preporučeni razmak između redova je cca 1,2 m.

Kod nagiba modula od 20° proizvodnja u ljetnim mjesecima veća je u odnosu na varijantu sa nagibom od 30° . Međutim, nagib od 30° povoljni je ukupno gledajući godišnju proizvodnju te u zimskim zimskim mjesecima što je osobito važno za pogon otočnog sustava. S druge srane montaža modula pod kutom od 20° je jednostavnije i jeftinije rješenje s obzirom na dimenzioniranje na opterećenje vjetrom.

Uvažavajući prethodno navedene napomene, preporuča se slijedeće:

- Za FN sustave priključene ne mrežu (2a i 2b) – nagib od 20°
- Za FN sustav u otočnom pogonu (3) – nagib od 30°

Za svaku PS sa FN sustavom potrebno je planirati površine za montažu FN modula. S obzirom na preporučenu snagu FN sustava za svaki pojedini FN sustav okvirno je potrebno planirati minimalno slijedeće površine:

- cca $13,3 \text{ m}^2/\text{kWp}$ za nagib od 20°
- cca $15 \text{ m}^2/\text{kWp}$ za nagib od 30° .

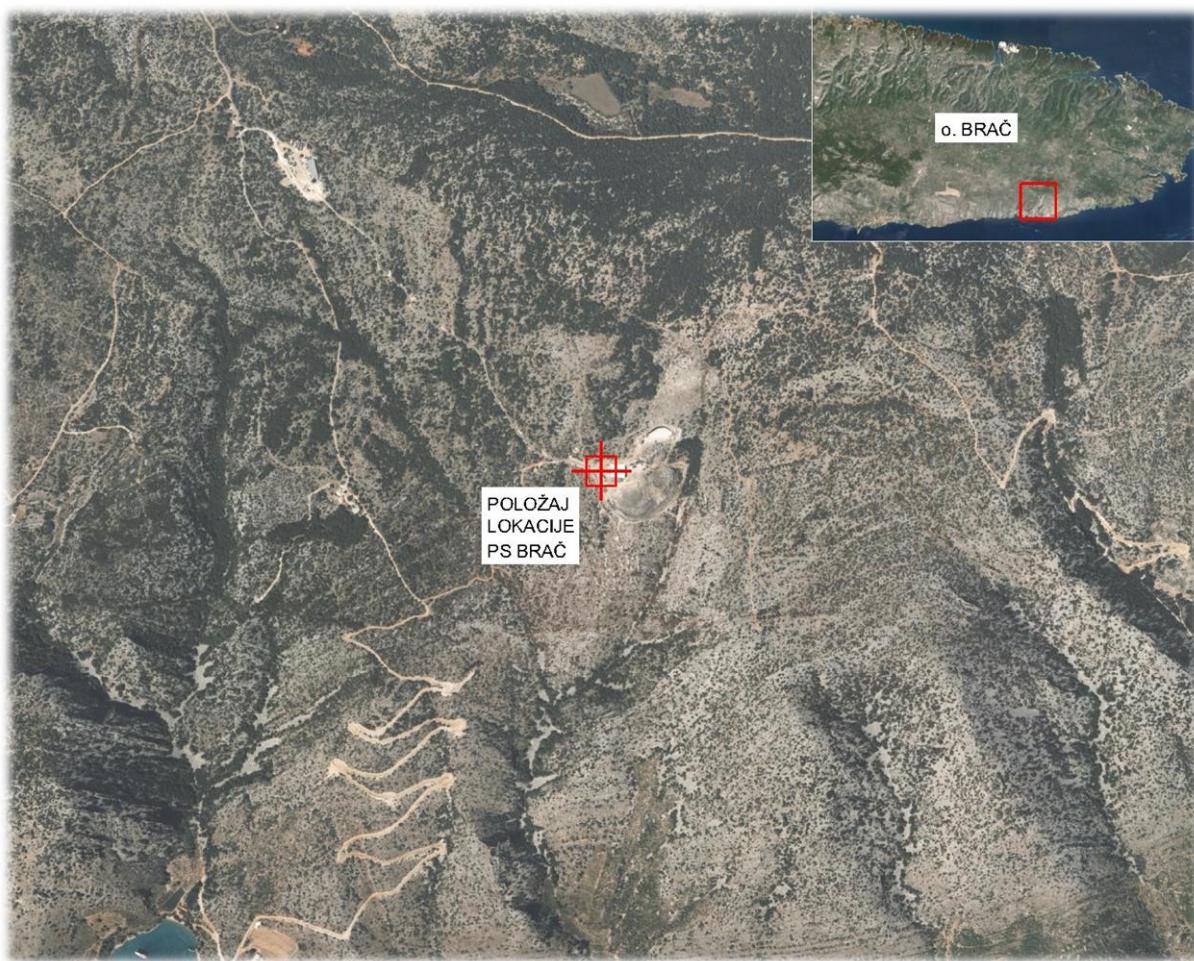
4.5 Planiranje FN sustava za PS Brač

4.5.1 Lokacija PS Brač

Pretovarna stanica Brač planira se na području Općine Pučišća na otoku Braču. Lokacija se nalazi na južnim padinama otoka Brača cca 1 km od morske obale. Najbliža naselja Gornji Humac i Selca udaljena su od predmetne lokacije cca 4,9 km sjeverozapadno odnosno cca 6,7 km sjeveroistočno.

Planirana lokacija se nalazi na nagnutom terenu okrenutom prema jugu, dakle radi se o povoljnem terenu s obzirom na iskoristivost sunčevog zračenja.

Situacija PS Brač na ortofoto podlozi dana je na slijedećoj slici.



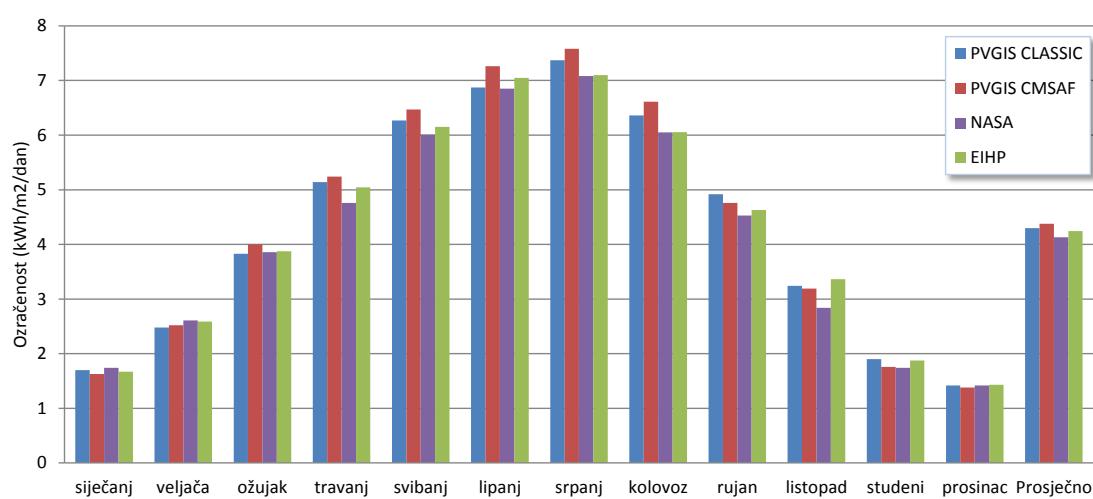
Slika 4-8 Položaj lokacije PS Brač na ortofoto podlozi

4.5.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčevi dijagrami

Javno dostupni podaci Sunčeva zračenja koji se mogu koristiti za lokaciju PS Brač su:

- PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) s dvije baze podataka (PVGIS –Classic i Climate SAF PVGIS),
- NASA (Surface Meteorology and Solar Energy),
- EIHP (Sunčeve zračenje na području Republike Hrvatske, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, ožujak 2007.).

Mjesečni prosjeci srednje dnevne globalne ozračenosti horizontalne plohe prikazani su na slijedećoj slici.



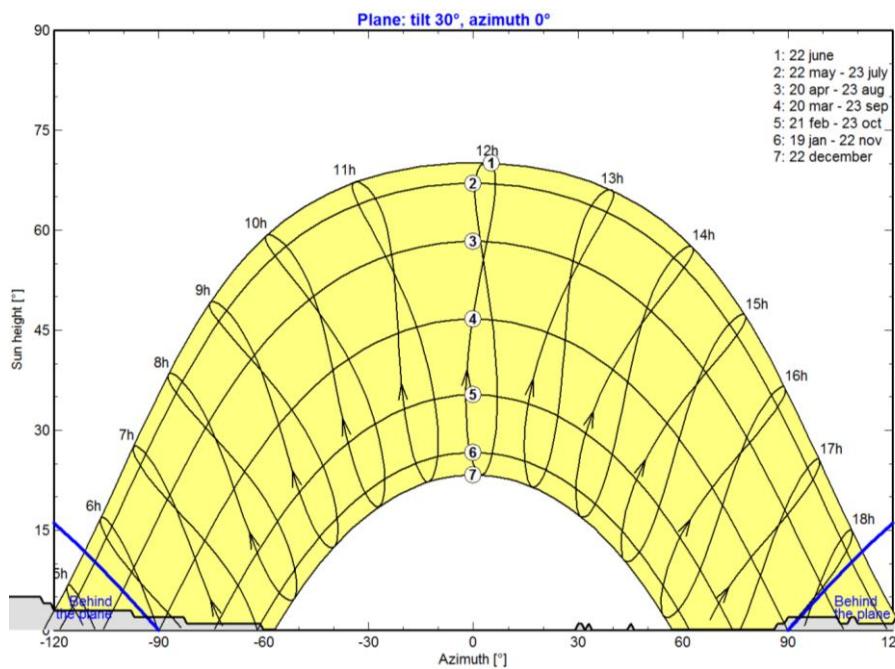
Slika 4-9 Usporedba horizontalne globalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora

Mjesečni prosjeci dnevnih vrijednosti srednjih temperatura, difuzne ozračenosti te globalne ozračenosti horizontalne plohe, preuzeti su iz izvora PVGIS Classic. Kako PVGIS Classic daje vrijednosti ozračenosti koje odgovaraju srednjim vrijednostima svih dostupnih izvora za ovu lokaciju, može se smatrati da je procjena više na strani sigurnosti. U praksi ozračenost može biti i nešto veća budući da se radi o lokaciji na otoku sa velikim brojem sunčanih dana. Korišteni podaci su prikazani u slijedećoj tablici.

Tablica 4-15 Mjesečni procjeci temperature i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji PS Brač

Mjesec	Prosjek dnevne temperature zraka [°C]	Prosjek globalne dnevne ozračenosti horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]	Prosjek difuzne dnevne ozračenosti horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]
siječanj	4.9	1.70	0.83
veljača	5.5	2.48	1.14
ožujak	8.2	3.83	1.65
travanj	11.8	5.14	2.06
svibanj	16.1	6.27	2.38
lipanj	20.2	6.87	2.54
srujan	23.0	7.37	2.21
kolovoz	23.0	6.36	1.97
rujan	18.4	4.92	1.57
listopad	14.8	3.24	1.23
studen	10.9	1.90	0.89
prosinac	6.6	1.42	0.72
prosjek	13.6	4.30	1.59

Utjecaj reljefa nema značajan utjecaj na trajanje sunčanog dana, što je prikazano na slijedećoj slici uz utjecaj nagiba modula od 30°.



Slika 4-10 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagrameom na lokaciji PS Brač

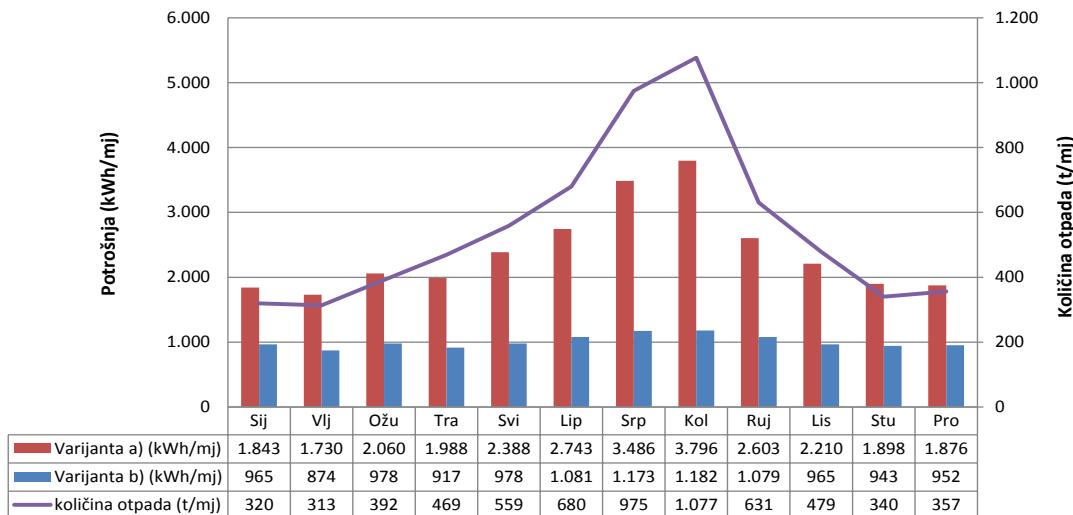
4.5.3 Analiza raspoloživih podataka o potrošnji električne energije

Budući da je pretovarna stanica u fazi planiranja potrebno je procijeniti mjesecnu potrošnju električne energije i dnevne profile potrošnje na temelju dostavljenih podataka o planiranim pretovarenim količinama otpada te planiranim trošilima unutar PS.

U varijanti kada se radni strojevi pogone direktno na dizel gorivo, prema dostavljenim podacima potrebno je, prema poglavlju 4.1, ukupno oko 5,82 litra goriva za pogon svih strojeva tokom jednog punjenja poluprikolice od 20t otpada. Budući da je planirana količina otpada za pretovar na PS Brač iznosi **6.590 t/god**, prema prethodno spomenutoj količini potrebnog goriva za 20t otpada, potrebna količina goriva se može se procijeniti na 1.915 l/god. U praksi tijekom hladnijih mjeseci i u slučaju rada strojeva sa većim brojem pokretanja za pretovar manje količine otpada može se povećati ukupna potrošnja goriva. Stoga će se proračunata vrijednost uvećati za koreksijski faktor od 1,2 te se potrošnja goriva procjenjuje na iznos od 2.300 l/god.

Ukupna dostavljena godišnja količina otpada za pretovar prikazana je na slici 4-11 po mjesecima. Na temelju ulaznih podataka procijenjena je potrošnja električne energije za dvije varijante:

- Varijanta a) – cijelokupna potrošnja PS napaja se električnom energijom, bilo iz mreže ili sustava napajanja u otočnom pogonu. Procijenjena godišnja potrošnja električne energije je oko **28.662 kWh**.
- Varijanta b) – električnom energijom napaja se samo opća potrošnja, radni strojevi rade na dizel gorivo. Ukupna procijenjena godišnja potrošnja električne energije je oko **12.089 kWh**, a potrebna količina dizel goriva je oko **2.300 l/god.**

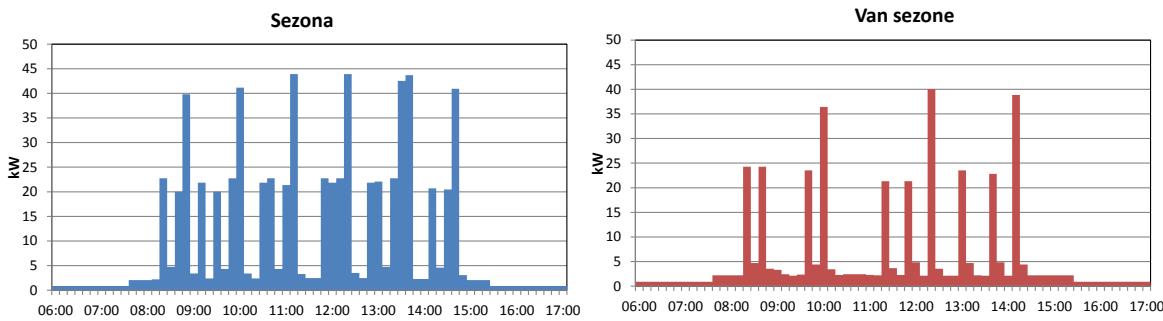


Slika 4-11 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Brač

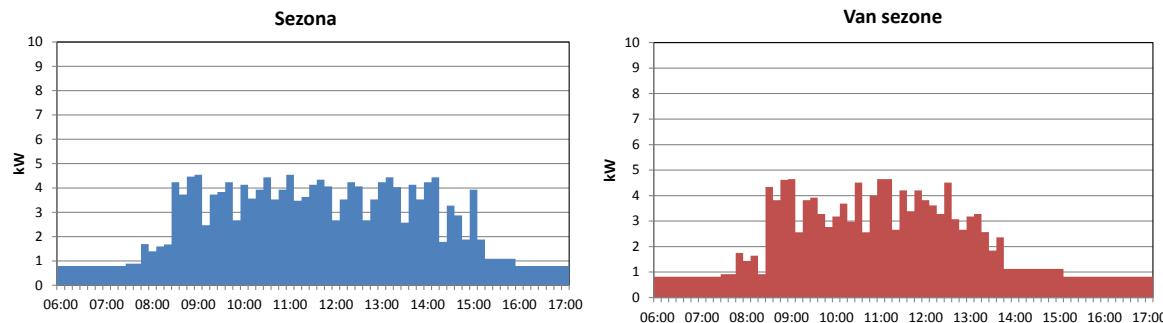
Tijekom turističke sezone od lipnja do rujna količina pretovarenog otpada je čak dva do tri puta veća u odnosu na preostala razdoblja u godini što utječe i na povećanje potrošnje električne energije. Može se primjetiti da simulirana potrošnja u varijanti b) ne ovisi značajno o količini pretovarenog otpada jer se radi o općim potrošačima.

Prosječna dnevna potrošnja električne energije u varijanti b) kada se napajaju samo opća trošila u PS je oko 33 kWh/dan na razini cijele godine. Razlika potrošnje u varijantama a) i b) predstavlja potrošnju električne energije radnih strojeva koja je procijenjena je na temelju dostavljenih podataka Naručitelja koji su prikazani u poglavlju 4.1. Zbog većih količina otpada u ljetnim mjesecima vidljivo je i povećanje razlike u potrošnji varijanti a) i b) koje odgovara povećanoj potrošnji radnih strojeva.

Na slikama 4-12 i 4-13 prikazan je dnevni profil potrošnje za varijante a) i b), i to za jedan karakteristični radni dan u sezoni, odnosno van turističke sezone. Tijekom noćnih sati prepostavljena potrošnja je do 1 kW za obje varijante, dok tokom dana visoki skokovi u angažiranoj snazi predstavljaju pokretanje radnih strojeva (transportera i poluprikolice). U varijanti b) za vrijeme pretovara kada se koristi vaga, uređaj za pranje kotača vozila i klima prepostavljeno je vršno opterećenje od 4-5 kW. Navedeni profili potrošnje modelirani su u 10 minutnoj rezoluciji te su skalirani za svaki mjesec u godini kako bi ukupna potrošnja odgovarala proračunatim mjesecnim vrijednostima prikazanim na prethodnoj slici.



Slika 4-12 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta a) - napajanje cijelokupne potrošnje PS



Slika 4-13 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta b) – napajanje opće potrošnje

Treba napomenuti da su prikazani dijagrami aproksimacije konstruirane na temelju dostavljenih ulaznih podataka koji su raspoloživi u ovoj fazi razrade projekta. Konačno dimenzioniranje sustava potrebno je napraviti u fazi glavnog projekta.

4.5.4 Analiza varijantnih rješenja i odabir osnovnog rješenja napajanja PS

4.5.4.1 Varijanta napajanja 1b) - klasični priključak na elektroenergetsku mrežu – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom

S obzirom na zaključke poglavlja 4.2.6, a prema dostavljenim podacima o planiranim godišnjim količinama otpada za PS Brač te povezanih relativno niskih troškova u slučaju pogona radnih strojeva na dizel gorivo, odabrana je Varijanta b) koja podrazumijeva napajanje samo opće potrošnje PS električnom energijom, dok se za pogon radnih strojeva koristi dizel gorivo. Ovo rješenje predlaže se zbog relativno malih količina otpada i povezanih visokih troškova angažirane snage u slučaju varijante a).

Promatrana lokacija za PS Brač nalazi se na južnoj strani otoka Brača na lokaciji na kojoj nije dostupna elektroenergetska mreža. U slučaju planiranja priključka na elektroenergetsku mrežu najbliža točka

priklučka je 10 kV zračni vod udaljen oko 3,8 km prema unutrašnjosti otoka. Troškovi priključka u ovom slučaju snosi investitor te se isti obračunavaju prema stvarnoj cijeni priključka. Iako se u varijantama b) razmatra napajanje općih trošila električnom energijom vršne snage do 5 kW, zbog velike udaljenosti od mreže i potrebe izgradnje SN priključnog kabela, cijene priključka ne ovisi o priključnoj snazi s obzirom na raspon snaga potreban u PS. Budući da je vršna snaga potrošača PS 48 kW ista će se razmatrati kao priključna snaga same PS na elektroenergetsku mrežu. U slijedećoj tablici dani su procijenjeni troškovi priključka za potrebnu priključnu snagu od 48 kW.

Tablica 4-16 Troškovi priključka na elektroenergetsку mrežu

Stavka	Količina	Ukupno (€)
Stupna TS 10/0,4 kV – do 100kW	1	26.320
Kabel 10 kV	3,8 km	150.000
Preinake na 10 kV stupu za T odcjep	1	6.580
Projektna dokumentacija		3.000
Ukupno (€):		185.900

Procijenjeni investicijski troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu iznose oko 185.900 €, što je u odnosu na planiranu priključnu snagu od oko 48 kW velika investicija. Jedinični troškovi po kW priključne snage iznose oko 3.872 €/kW.

Sa strane troškova upravljanja i održavanja u budućnosti mogu se samo izdvojiti troškovi za električnu energiju budući da nema drugih značajnijih troškova. Prema dostavljenim količinama otpada, procijenjenoj potrošnji električne energije, cijenama električne energije (tarifni model NN Crveni, tablica 4-4) i profilima potrošnje proračunati troškovi za električnu energiju na godišnjoj razini prikazani su tablicom 4-17. Prema modeliranim profilima potrošnje udio više tarife je 73% a niže 27% u ukupnoj potrošnji. Također na temelju simulirane potrošnje dobivena je prosječna mjesečna vršna angažirana snaga iz mreže kroz cijelu godinu od 5,0 kW.

Tablica 4-17 Procjena godišnjih troškova električne energije

Troškovi za el. energiju	%	Iznos	Ukupno (€)
Potrošnja u višoj tarifi (kWh)	73%	8.825 kWh	838
Potrošnja u nižoj tarifi (kWh)	27%	3.264 kWh	209
Prosječno angažirana snaga (kW)	12 mjeseci	5,0 kW	351
Naknade za mjernu uslugu	12 mjeseci	10 €/mj	120
Ukupno (€/god)			1.519
Troškovi za električne energiju kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu			
Ukupni troškovi za el. energiju svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)			30.440 €

Dakle, ukupni procijenjeni troškovi električne energije iznose oko 1.519 €/god. Uz pretpostavku rasta cijena električne energije od 3% i diskontnu stopu od 5% ukupni troškovi električne energije u periodu od 25 godina svedeni na prvu godinu iznose 30.440 €.

Troškovi pogona radnih strojeva na dizel gorivo prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-18 Procjena godišnjih troškova pogona radnih strojeva

OPERATIVNI TROŠKOVI POGONA RADNIH STROJEVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Količina dizel goriva za radne strojeve za 1. godinu	2.300 L/1.god	Poglavljem 4.5.3 procijenjena je potrebna količina goriva potrebna za pogon radnih strojeva
Troškovi dizel goriva radnih strojeva	2.422 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
Troškovi za pogon radnih strojeva kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu		
Ukupni troškovi dizel goriva svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)		43.701 €

Dakle, ukupni procijenjeni troškovi dizel goriva iznose oko 2.422 € za prvu godinu rada, a za sve slijedeće godine pretpostavljen je rast cijena sa stopom inflacije od 2%. U konačnici ukupni troškovi goriva tokom životnog vijeka, diskontirani sa stopom od 5% su procijenjeni na **43.701 €**, uz pretpostavku nepromijenjene količine otpada kroz godine.

4.5.4.2 Varijanta 2b) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom

Varijanta napajanja 2b) je nadopunjena varijanta 1b) u kojoj se uz priključak na mrežu ugrađuje dodatno i FN sustav. Troškovi priključka na električnu mrežu identični su kao i u varijanti 1b).

Veličina fotonaponskog sustava se dimenzionira s obzirom na očekivanu godišnju potrošnju i priključnu snagu potrošača. Preporučena veličina FN sustava za PS Brač dimenzionira se s obzirom na kriterij okvirnog podudaranja godišnje proizvodnje i potrošnje. Naime ukupna godišnja potrošnja električne energije procijenjena je na 12.089 kWh, a procijenjena proizvodnja sustava od 9 kWp, uz okvirnu procjenu proizvodnje za ovu lokaciju od 1335 kWh/kW, je oko 12.015 kWh. Proizvodnja sustava se okvirno podudara sa potrošnjom. Ukoliko dođe do porasta pretovarene količine otpada a time i potrošnje, povećavati će se udio proizvodnje koji se direktno koristi te će i sama isplativost projekta biti time veća.

Na osnovu simulacije u programskom paketu HOMER, u slijedećoj tablici dana je osnovna bilanca potrošnje i proizvodnje uz instaliranje FN sustava 9 kWp u paralelnom radu s mrežom.

Tablica 4-19 Bilanca proizvodnje i potrošnje

Bilanca proizvodnje i potrošnje		
	%	kWh
Proizvodnja	100%	12.015
Direktno korišteno	56%	6.728
Isporučeno u mrežu	44%	5.287
Potrošnja	100%	12.089
Kupljeno iz mreže	44%	5.361
Vlastita proizvodnja	56%	6.728

Investicijski i operativni troškovi

Investicijski i operativni troškovi dani su slijedećim tablicama.

Tablica 4-20 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije

INVESTICIJSKI TROŠKOVI PRIKLJUČKA NA MREŽU		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Priključak na mrežu	185.900 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-16.

INVESTICIJSKI TROŠKOVI FN SUSTAVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
FN sustav (9 kWp)	13.890 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7.

OPERATIVNI TROŠKOVI FN SUSTAVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Troškovi održavanja i osiguranja (9 kWp)	139 €/1.god	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7 na osnovu instalirane snage FN sustava. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije od 2%.
Troškovi zamjene pretvarača na polovici životnog vijeka (9 kWp)	720 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7 na osnovu instalirane snage FN sustava.

OPERATIVNI TROŠKOVI POGONA RADNIH STROJEVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Količina dizel goriva za radne strojeve za 1. godinu	2.300 L/1.god	Poglavljem 4.5.3 procijenjena je potrebna količina goriva potrebna za pogon radnih strojeva
Troškovi dizel goriva radnih strojeva	2.422 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.

Troškovi za pogon radnih strojeva kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu		
Ukupni troškovi dizel goriva svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)		43.701 €

Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava

Pod pojmom prihoda smatra se dobit od prodaje proizvedene električne energije direktno u mrežu, kao i umanjenje računa za električnu energiju zbog dijela proizvodnje iskorištene direktno u sustavu.

Procjena prihoda dana je u slijedećoj tablici.

Tablica 4-21 Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava

UŠTEDA ZBOG DIREKTNO KORIŠTENE PROIZVEDENE EL. ENERGIJE		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Vrijednost direktno korištene energije iz FNE	0,093 €/kWh	Veliki dio proizvodnje događa za vrijeme više tarife i iznosi oko 95% proizvodnje, a tek 5% za vrijeme niže tarife. Prikazani iznos je ponderirana aritmetička sredina cijena više i niže tarife u navedenim omjerima proizvodnje po tarifama.
Iznos direktno korištene el. energije	6.728 kWh	Proračunata vrijednost za instaliranu snagu FN sustava od 9 kW, prema tablici 4-19. Navedena vrijednost u najvećojmjeri ovisi o pretpostavljenom profilu potrošnje PS.
Ušteda zbog direktno iskorištene proizvedene el. energije	626 € / 1. god.	Ušteda za iduće godine usklađuje se s obzirom na stopu rasta cijene el. energije od 3% i povećane troškova održavanja sa stopom inflacije od 2%.

PRIHOD OD PREDANE EL. ENERGIJE U MREŽU		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Otkupna cijena el. energije predane u mrežu	0,033 €/kWh	Iznos preuzet prema tablici 4-4.
Iznos predane el. energije u mrežu	5.287 kWh	Proračunata vrijednost za instaliranu snagu FN sustava od 9 kW, prema tablici 4-19. Navedena vrijednost u najvećojmjeri ovisi o pretpostavljenom profilu potrošnje PS.
Prihod od predane el. energije u mrežu	174 € / 1. god.	Prihod za iduće godine usklađuje se s obzirom na stopu rasta cijene el. energije od 3% i povećane troškova održavanja sa stopom inflacije od 2%.

UKUPNO POVEĆANJE PRIHODA ZBOG INSTALACIJE FN SUSTAVA		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Ukupni prihodi	800 €/god	Zbroj uštede zbog direktno iskorištene proizvedene el. energije i prihoda od predane el. energije u mrežu (gornji dio tablice)

Utjecaj rada FN sustava na umanjenje efektivnih troškova el. energije

Temeljem procijenjenih prihoda zbog proizvodnje električne energije iz FN sustava računa se efekt umanjenja ukupnih troškova električne energije, tj. procjena efektivnih troškova el. energije uz rad FN sustava.

Tablica 4-22 Efektivni godišnji troškovi el. energije uz rad FN sustava

Smanjenje računa za električnu energiju	
1. Procijenjeni troškovi za el. energiju bez FNE	1.519 €
2. Procijenjeni troškovi održavanja sustava FNE	139 €
3. Procijenjene uštede i prihodi izgradnjom FNE	800 €
Efektivni troškovi el. energije PS: (1) + (2) - (3)	
Operativni troškovi za električne energije kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	
Ukupni troškovi za električnu energiju svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)	17.615 €

Ugradnja FN sustava snage 9 kWp zadovoljilo bi 56% vlastitih potreba za električnom energijom te bi se smanjili troškovi za električnu energiju za oko 44%, tj sa 1.519 €/god na 858 €/god, što rezultira uštedom od 661 €/god.

Uz pretpostavku rasta cijena električne energije od 3% i diskontnu stopu od 5% ukupni troškovi električne energije svedeni na početnu godinu iznose 17.615 €. U navedene troškove uključena je i jednokratna zamjena pretvarača u 12 godini.

U navedene procijene nisu uključena moguća smanjenja troškova angažirane snage. Prilikom proračuna pretpostavljena je nepromijenjena količina otpada kroz godine rada PS.

Također, troškovi pogona radnih strojeva na dizel gorivo ostaju nepromijenjeni u odnosu na varijantu 1b) te iznose 2.422 € za prvu godinu, odnosno u životnom vijeku od 25 god., svedeni na početnu godinu iznose 43.701 €.

4.5.4.3 Varijanta napajanja 3) - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom

U ovoj varijanti razmatrano je napajanje električnom energijom samo manjih trošila unutar PS, a radni strojevi su pogonjeni direktno na dizel gorivo. Za predmetnu lokaciju, u skladu sa ulaznim podacima sustava i definiranom karakterističnom potrošnjom, dobiveno je optimalno tehnosko-ekonomsko rješenje prema sljedećoj slici.

Architecture					Gen7		System
	PV (kW)	Gen7 (kW)	A600_1695 (qty)	Converter (kW)	Fuel (L)	Hours	Ren. Frac (%)
	12,0	7	24	6	365	157	91
	13,0	7	24	6	355	153	91,2
	14,0	7	24	6	290	125	92,8
	15,0	7	24	6	253	109	93,8
	16,0	7	24	6	239	103	94,1
	17,0	7	24	6	211	91	94,8
	11,0	7	48	6	328	141	91,9
	12,0	7	48	6	274	118	93,2
	13,0	7	48	6	235	101	94,2
	14,0	7	48	6	172	74	95,7
	15,0	7	48	6	107	46	97,4
	16,0	7	48	6	49	21	98,8

Slika 4-14 Prikaz proračuna optimalnog rješenja sustava - programski paket HOMER Pro

Tablica 4-23 Optimalna veličina komponenti sustava

Komponenta	Veličina
FN moduli	12 kWp
Pretvarač	6 kW
Baterije (1695Ah, 2 V)	24 članka
Dizel generator	7 kW

Investicijski i operativni troškovi otočnog sustava

Investicijski i operativni troškovi dani su tablicom 4-24. Operativni troškovi pogona radnih strojeva na dizel gorivo ostaju nepromijenjeni u odnosu na prethodne varijante.

Tablica 4-24 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije

INVESTICIJSKI TROŠKOVI OTOČNOG SUSTAVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
FN sustav, baterije i ostali troškovi	47.960 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-11, u skladu s opremom navedenom u tablici 4-23.
OPERATIVNI TROŠKOVI		
OTOČNI SUSTAV		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Količina dizel goriva za generator za 1. godinu rada	365 L/1.god	Godišnja potreba goriva za rada dizel generatora prema proračunu u programskom paketu HOMER, prema slici 4-14.
Troškovi dizel goriva generatora	384 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
Troškovi održavanja i osiguranja	480 €/1.god	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-11 na osnovu instalirane snage FN modula i kapaciteta baterija. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene pretvarača na polovici životnog vijeka	4.280 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-12 na osnovu instalirane snage FN modula.
Troškovi zamjene baterija u 8. i 16. godini	11.700 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-12 na osnovu kapaciteta baterija.
RADNI STROJEVI		
Količina dizel goriva za radne strojeve za 1. godinu	2.300 L/1.god	Procijenjena godišnja potrošnja goriva prema poglavlju 4.5.3.
Troškovi dizel goriva radnih strojeva	2.421 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
REKAPITULACIJA OPERATIVNIH TROŠKOVA		
Procijenjeni operativni troškovi za otočni sustav	480 €/1.god	Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije od 2%.
Procijenjeni operativni troškovi dizel goriva za radne strojeve i dizel generator	2.805 €/1. god.	Zbroj stavki troškova za dizel gorivo na nivou cijele pretvarne stанице. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene 2 seta baterija i jedne zamjenu pretvarača	15.980 €	Zbroj jednokratnih troškova zamjene pretvarača i baterija.
UKUPNI OPERATIVNI TROŠKOVI SVEDENI NA PRVU GODINU		
Ukupni operativni troškovi kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	18.403 €	Uz stopu inflacije od 2% i diskontnu stopu stopu 5%
Ukupni troškovi dizel goriva kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	50.612 €	Uz stopu inflacije od 2% i diskontnu stopu stopu 5%

4.5.5 Odabir optimalne varijante

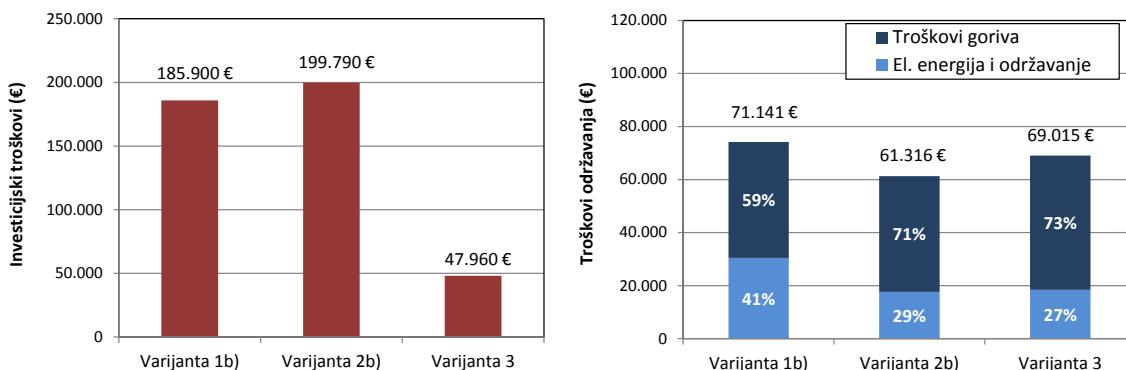
U slijedećoj tablici dana je rekapitulacija rezultata razmatranih varijanti te su dani ukupni troškovi sustava svedeni na sadašnju vrijednost (NPC) što je osnovni kriterij za odabir.

Ukupni troškovi sustava (NPC) u životnom vijeku od 25 godina, sračunati su kao zbroj početnih troškova investicije u prvoj godini i svih troškova održavanja (osnovnih, jednokratnih i goriva) uzimajući u obzir inflaciju po stopi od 2% i rast cijene el. energije od 3% te svedenih na prvu godinu sa diskontnom stopom od 5%. Navedeni proračun ukupnih troškova investicije i održavanja se koristi samo za potrebe usporedbe promatranih varijanti te odabira one koja će u konačnici imati najmanji trošak za investitora.

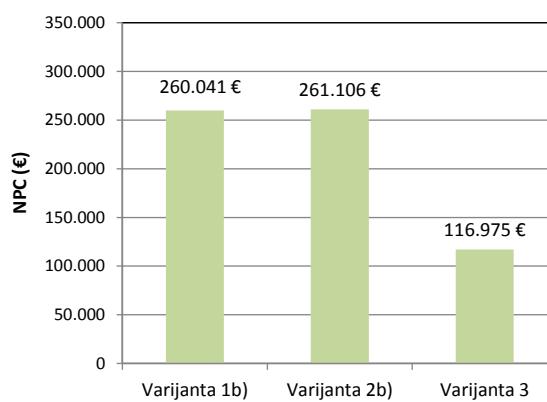
Tablica 4-25 Sumarni prikaz investicijskih i operativnih troškova po varijantama

Varijanta	Investicijski troškovi (€)			Operativni troškovi (€)				Ukupno NPC (€)	
	Priključak na mrežu (€)	Vlastiti sustav (€)	Ukupno (€)	Osnovni troškovi (€/god)	Troškovi goriva (€/god)	Jednokratni troškovi (€)	Ukupno 25 god (disk. 5%)		
							Osnovni troškovi (€)	Gorivo (€)	
Varijanta 1b)	185.900	-	185.900	1.519	2.422	-	30.440	43.701	260.041
Varijanta 2b)	185.900	13.890	199.790	858	2.422	720	17.615	43.701	261.106
Varijanta 3	-	47.960	47.960	480	2.805	15.980	18.403	50.612	116.975

Na slijedećim slikama grafički su prikazani investicijski i operativni troškovi te ukupna NPC pojedine varijante.



Slika 4-15 Investicijski troškovi i operativni troškovi diskontirani na početnu godinu



Slika 4-16 Neto sadašnji trošak NPC za promatrane varijante

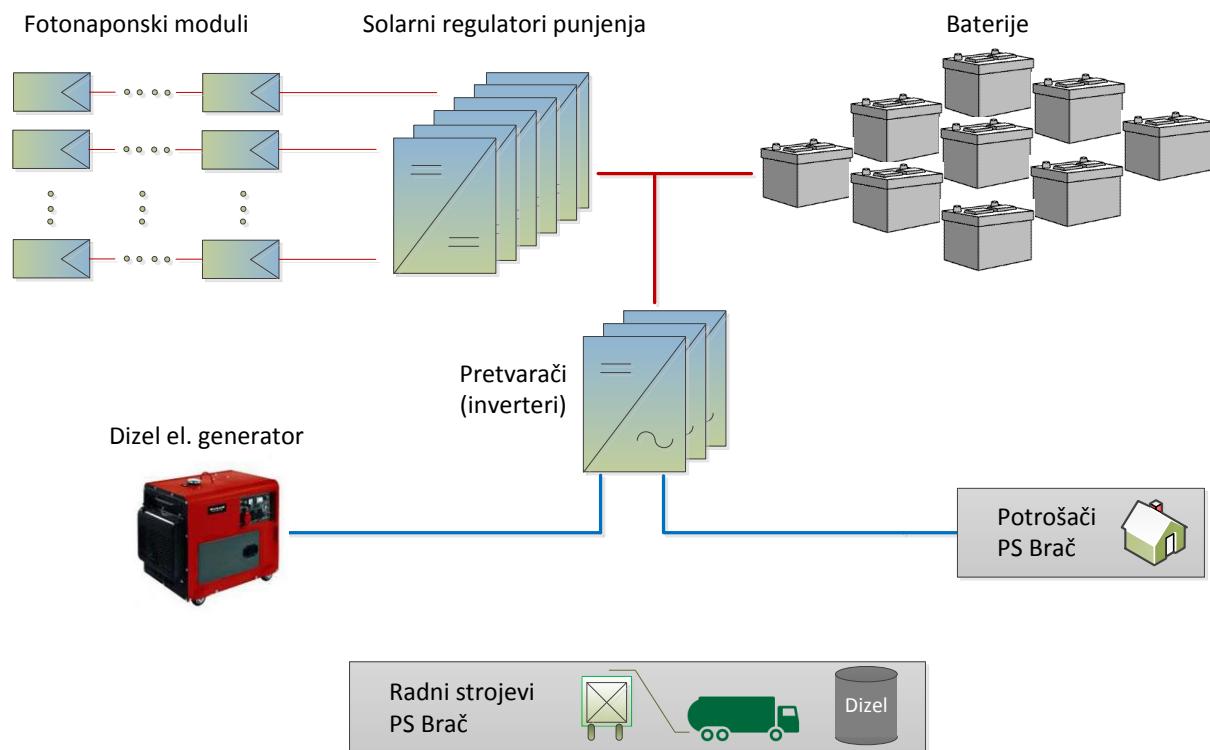
Prema prethodno prikazanim rezultatima preporuča se izvedba sustava napajanja prema varijanti 3). Ukupna investicijska vrijednosti za ovu varijantu iznosi cca. 47.960 €. Ukupni osnovni troškovi održavanja u 25 godina diskontirani sa stopom od 5% sumarno na nultoj godini iznose oko 18.403 €, čemu je potrebno pridodati i troškove goriva u iznosu od 50.612 €. Dakle, sadašnji NPC trošak sustava iznosi 116.979 €, što je bitno manje u odnosu na troškove varijanti 1b) i 2b).

4.5.6 Analiza rada sustava za predloženu varijantu

Za FN sustav PS Brač odabirom varijante 3) predviđeni su slijedeći elementi sustava:

- FN moduli ukupne instalirane snage 12 kWp,
- regulatori punjenja ukupne instalirane snage 12 kW,
- baterije koje omogućuju autonomiju sustava od cca 2 dana, odnosno baterije kapaciteta 24 x 1695 Ah,
- dizel generator izlazne AC snage 7 kW,
- pretvarač (inverter) snage 6 kW, na pretvarača su povezani na DC strani baterije te na AC strani dizel generator, kao pomoćni izvor el. energije, i potrošači PS Brač.

Načelna shema sustava prikazana je slijedećom slikom.



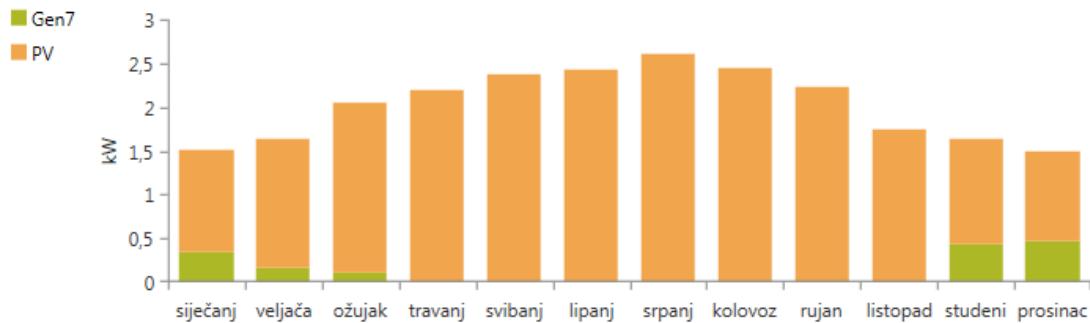
Slika 4-17 Načelna shema sustava napajanja PS Brač

Simulacijom u programskom paketu HOMER dobiveni su podaci o radu FN sustava i dinamici korištenja dizel generatora.

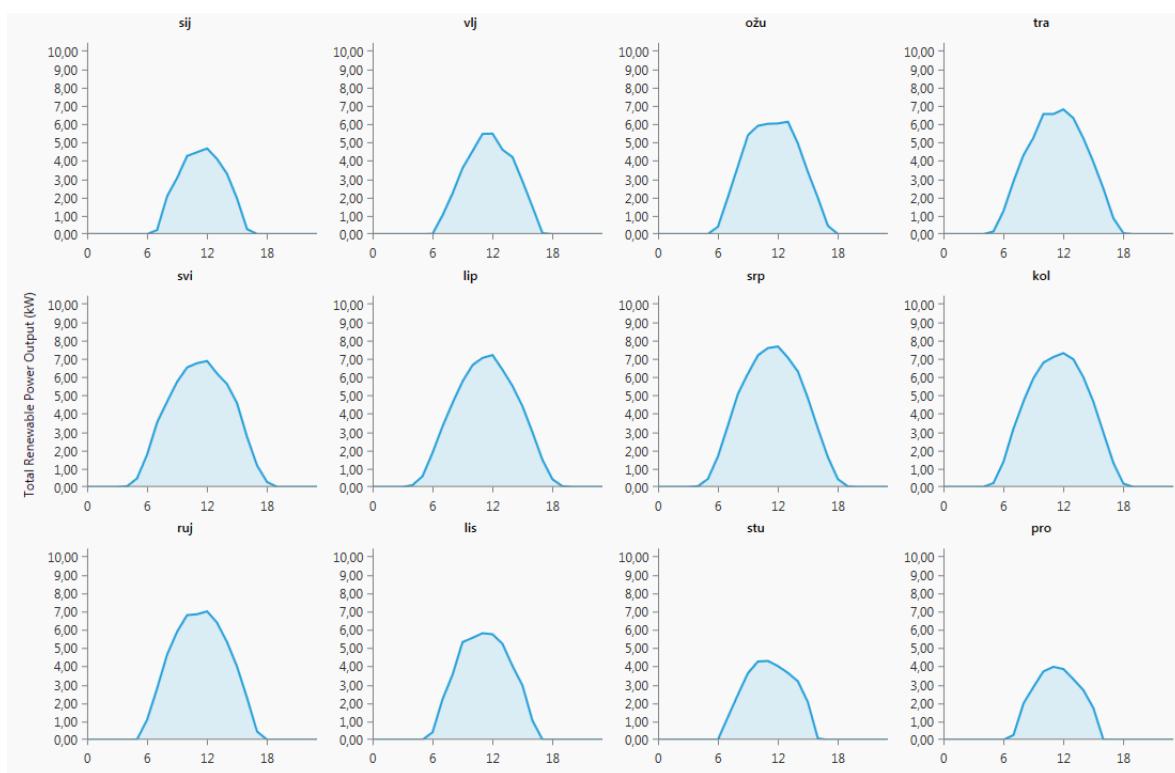
Po pitanju nagiba FN modula najbolje rezultate prema NPC kriteriju daje slučaj sa nagibom 30°. Iako

je za otočne sustave često povoljnije ići na veći nagib koji odgovara većoj zimskoj proizvodnji kada je manje sunčevog zračenja, u ovom slučaju bitan je parametar povećana ljetna potrošnja zbog sezonskih oscilacija mjesecnih količina otpada.

Na slici 4-18 dan je prikaz prosječne dnevne angažirane snage FN sustava i dizel generatora, a na slici 4-19 dan je prikaz prosječnog mjesecnog profila teoretski moguće snage FN sustava (neovisno o napunjenoosti baterija i potrošnji).



Slika 4-18 Prosječne dnevne angažirane snage i udio proizvodnje dizel generatora – HOMER



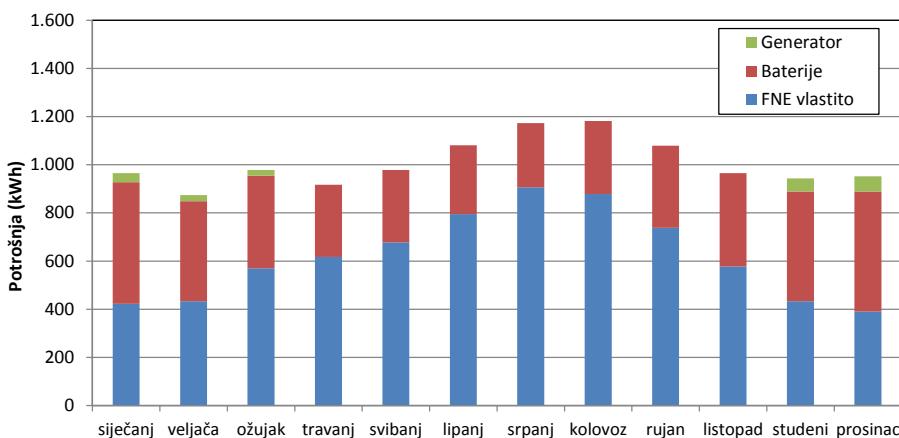
Slika 4-19 Prosječne dnevni profili dostupne snage iz FNE - HOMER

FN moduli su planirani s nagibom 30° i azimutom 0° te je potrebno gubitke zbog međusobnog zasjenjenja redova fotonaponskih nizova svesti na najmanju moguću mjeru. Najniža podnevna visina sunca na lokaciji je 22.XII i iznosi 23° tako da su odabrane zaštitne zone konstruirane prema kutu zasjenjenja od 23° . U skladu s navedenim međusobni razmaci između redova modula iznosit će minimalno 1,2 m.

Treba naglasiti da se radi o otočnom pogonu tako da proizvodnja FN sustava ne odgovara u vijek maksimalno mogućoj u nekom trenutku nego je određena zahtijevanom potrošnjom u tom trenutku te su mogući su slijedeći scenariji:

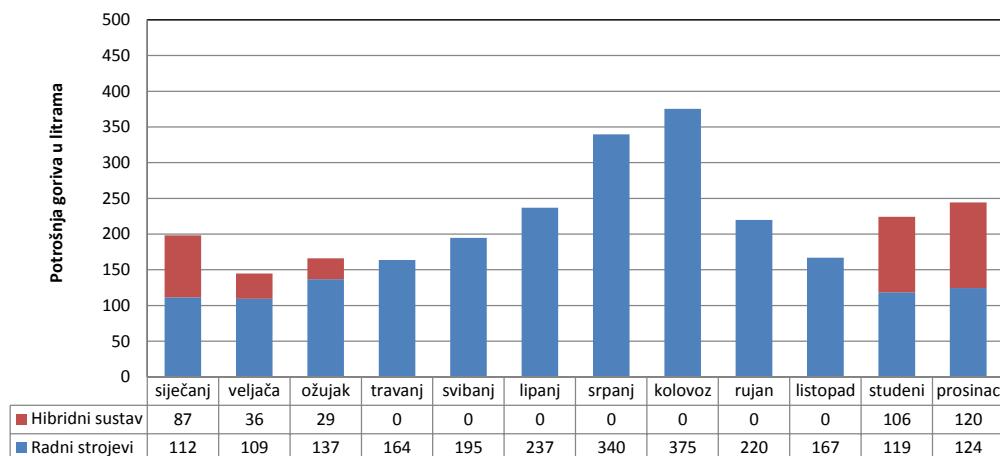
- Proizvodnja FN sustava je veća od potrošnje. Višak proizvodnje se koristi za nadopunjavanje baterija ako su iste prazne. Ovaj slučaj se javlja tijekom sunčanih dana.
- Proizvodnja FN sustava je manja od potrošnje. Manjak potrošnje se može nadomjestiti iz baterija ako iste imaju dovoljno skladištene energije, a ako je stanje napunjenosti baterija ispod 30%, pali se dizel generator koji u isto vrijeme nadomešće manjak potrošne i nadopunjava baterije do određenog stanja napunjenosti. Ovaj slučaj javlja se tijekom oblačnih dana i noću, a najčešća pojava paljenja generatora odvija se noću ili u ranim jutarnjim satima kada u prethodnim danima (do dva dana) nije bilo dovoljno proizvodnje iz FN sustava da se napune baterije. Također, u zimskim mjesecima kada je više oblačnih dana očekuje se povećano korištenje dizel generatora za razliku od ljetnog perioda kada se isti gotovo neće ni paliti.

Uvažavajući prethodno navedeno, napravljen je proračun proizvodnje FNE, korištenja baterija i dizel generatora za simulirani profil potrošnje bez velikih radnih strojeva. Na slici 4-20 prikazan je udio pojedine komponente napajanja u ukupnoj potrošnji električne energije općih potrošača u PS Brač.



Slika 4-20 Udio proizvodnje FNE, baterija i generatora u potrošnji

Budući da se radni strojevi pogone direktno na dizel gorivo, a manji dio goriva se koristi i u hibridnom sustavu za dizel generator, na slijedećoj slici prikazana je procijenjena potrošnja dizel goriva po mjesecima. Na istoj se može vidjeti da se potrošnja dizel goriva za generator javlja samo u zimskim mjesecima.



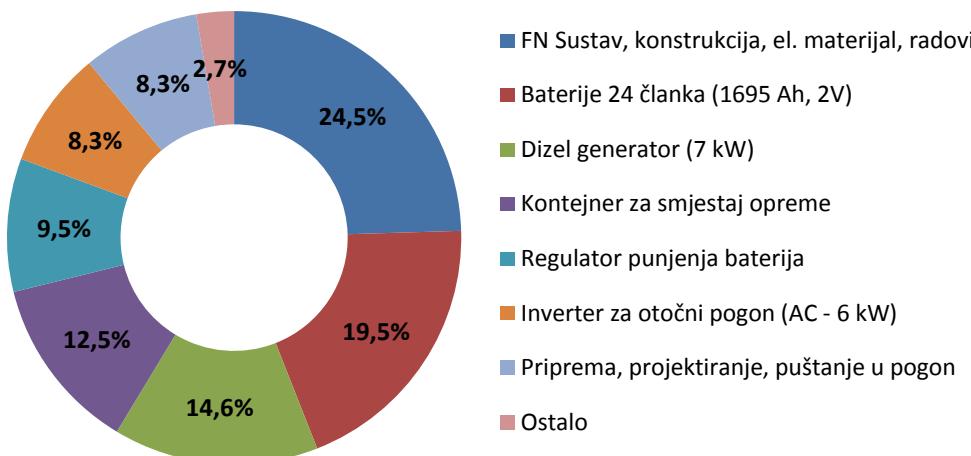
Slika 4-21 Udio proizvodnje u napajanju pojedinih komponenti sustava

4.5.7 Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova

Pregled osnovnih komponenti sustava i investicijski troškovi prikazani su u sljedećoj tablici za odabranu varijantu.

Tablica 4-26 Investicijski troškovi - Varijanta 3)

Varijabilni troškovi - FN Sustav (13 kWp)	€/kWp	Ukupno [€]
FN moduli	600	7.200
Konstrukcija	140	1.680
Ostali el. materijal	120	1.440
Radovi	120	1.440
Regulator punjenja baterija	380	4.560
Nepredviđeni troškovi	40	480
Varijabilni troškovi - Baterije (24 članka)	€/kom	Ukupno [€]
Baterije OPZS - članak 2V, 1695 Ah	390	9.360
Fiksni troškovi	€	
Kontejner za smještaj opreme	6.000	
Pretvarač za otočni pogon (AC - 6 kW)	4.000	
Sustav nadzora	800	
Dizel generator (7 kW)	7.000	
Pripreme, projektiranje, puštanje u pogon	4.000	
Ukupno investicijski troškovi troškovi	€	
Ukupno	47.960	



Slika 4-22 Udio pojedinih troškova u ukupnoj investiciji

4.5.8 Procjena troškova upravljanja i održavanja

Procijenjeni troškovi održavanja za prvu godinu rada dani su u slijedećoj tablici.

Tablica 4-27 Procijenjeni troškovi održavanja

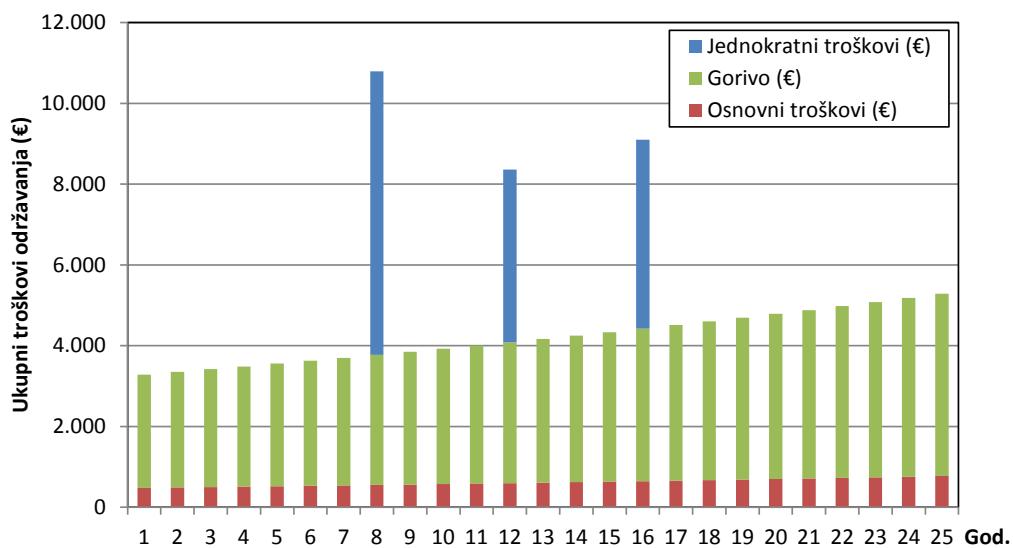
Troškovi rada FN elektrane (1. godina) - OPEX		
Redovito održavanje i upravljanje (% od investicije)	0,5%	240 €
Osiguranje (% od investicije)	0,5%	240 €
Ukupni troškovi rada 1. godina		480 €
Jednokratni budući troškovi (trošak zamjene baterija i pretvarača)		
Termin 1. zamjene baterija (godina nakon izgradnje)	8 god.	
Trošak 1. zamjene baterija (% od početne cijene baterija)	75%	7.020 €
Termin zamjene pretvarača (godina nakon izgradnje)	12 god.	
Trošak zamjene pretvarača (% od početne cijene pretvarača)	50%	4.280 €
Termin 2. zamjene baterija (godina nakon izgradnje)	16 god.	
Trošak 2. zamjene baterija (% od početne cijene baterija)	50%	4.680 €
Troškovi dizel goriva (1. godina)		
Troškovi dizel goriva za rad hibridnog sustava	365 l	384 €
Dizel gorivo za radne strojeve	2.300 l	2.421 €
Ukupni troškovi dizel goriva:		2.665 l
		2.805 €

S obzirom da je životni vijek elektrane 25 god u tablici 4-28 dani su troškovi po godinama te diskontirani troškovi sa stopom od 5%. Rast cijena goriva i osnovnih troškova održavanja pretpostavljen je sa stopom inflacije od 2%.

Tablica 4-28 Prikaz procijenjenih troškova održavanja po godinama rada

Godina	Nediskontirano				Diskontirano (5%)	
	Osnovni troškovi (€)	Jednokratni troškovi (€)	Gorivo (€)	Ukupno (€)	Ukupno troškovi (€)	Kumulativno (€)
1	480	0	2.805	3.285	3.285	3.285
2	490	0	2.861	3.351	3.191	6.476
3	499	0	2.918	3.418	3.100	9.576
4	509	0	2.977	3.486	3.011	12.588
5	520	0	3.036	3.556	2.925	15.513
6	530	0	3.097	3.627	2.842	18.355
7	541	0	3.159	3.699	2.761	21.115
8	551	7.020	3.222	10.793	7.671	28.786
9	562	0	3.287	3.849	2.605	31.391
10	574	0	3.352	3.926	2.531	33.922
11	585	0	3.419	4.004	2.458	36.380
12	597	4.280	3.488	8.364	4.891	41.271
13	609	0	3.557	4.166	2.320	43.590
14	621	0	3.629	4.249	2.254	45.844
15	633	0	3.701	4.334	2.189	48.033
16	646	4.680	3.775	9.101	4.378	52.411
17	659	0	3.851	4.510	2.066	54.477
18	672	0	3.928	4.600	2.007	56.484
19	686	0	4.006	4.692	1.950	58.433
20	699	0	4.086	4.786	1.894	60.327
21	713	0	4.168	4.881	1.840	62.167
22	728	0	4.251	4.979	1.787	63.954
23	742	0	4.336	5.079	1.736	65.690
24	757	0	4.423	5.180	1.686	67.377
25	772	0	4.512	5.284	1.638	69.015

Na slijedećoj slici grafički su prikazani nediskontirani troškovi održavanja kako za osnovne troškove i jednokratne tako i za troškove dizel goriva.



Slika 4-23 Ukupni troškovi održavanja – nediskontirano

4.5.9 Zaključak

Za PS Brač, temeljem kriterija najnižeg sadašnjeg troška sustava (NPC), predlaže se izvedba napajanja prema varijanti 3) koja podrazumijeva otočni pogon sustava sa FN sustavom, baterijama i dizel generatorom za napajanje općih potrošača, dok se za pogon radnih strojeva (transporter, poluprikolica) koristi dizel gorivo. Razlog zbog kojeg ova varijanta na promatranom vremenskom periodu od 25 godina ima najmanje troškove je visoki trošak priključka na elektroenergetsku mrežu za varijante 1b) i 2b). Prema odabranoj varijanti, konfiguracija sustava dana je slijedećom tablicom.

Tablica 4-29 Konfiguracija sustava za PS Brač

Konfiguracija sustava PS Brač	
Snaga FNE	12 kWp
Baterije (1695 Ah, 2V)	24 članka
Dizel generator	7 kW
Pretvarač za otočni sustav	6 kW
Potrošnja dizel generatora	365 L/god.
Potrošnja dizel goriva za pogon radnih strojeva	2.300 L/god.

Ukupni investicijski troškovi izgradnje otočnog pogona dani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-30 Investicijski troškovi izgradnje otočnog pogona s FN sustavom snage 12 kWp

Investicijski troškovi FN sustava 12 kW	€
Ukupno:	47.960

Ukupni operativni troškovi, koji podrazumijevaju održavanje za FN sustava i baterija, kao i pogona radnih strojeva na dizel gorivo, te jednokratnih troškova u budućnosti, prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-31 Operativni troškovi FNE

Operativni troškovi	€/god
Održavanje i osiguranje FN sustava	480
Dizel gorivo za pogon generatora	384
Dizel gorivo za pogon radnih strojeva	2.412
Ukupno (prva godina):	3.285
Budući jednokratni troškovi	€
Prva zamjena baterija u 8. godini	7.020
Zamjena pretvarača (invertera) u 12. godini	4.280
Druga zamjena baterija u 16. godini	4.680

4.6 Planiranje FN sustava za PS Hvar

4.6.1 Lokacija PS Hvar

Pretovarna stanica Hvar planira se na području Općine Stari Grad na otoku Hvaru. Lokacija se nalazi cca 2,4 km jugozapadno od Grada Stari Grad, odnosno cca 1,2 km južno od trajektnog pristaništa Stari Grad.

Planirana lokacija se nalazi u udolini na nagnutom terenu okrenutom prema sjeveru, dakle radi se o terenu s značajnijim utjecajem reljefa obzirom na iskoristivost sunčevog zračenja.

Situacija SE Hvar na ortofoto podlozi dana je na slijedećoj slici.



Slika 4-24 Položaj lokacije PS Hvar na ortofoto podlozi

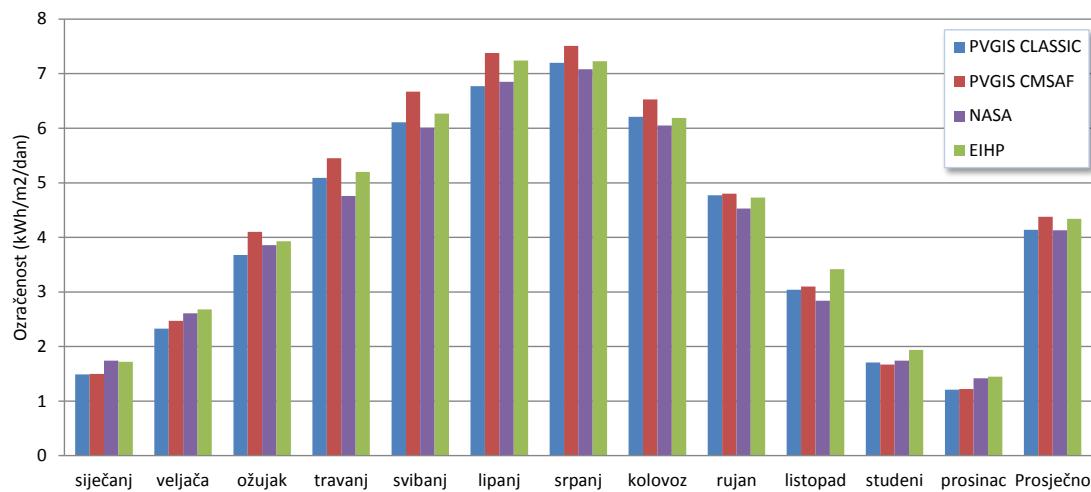
4.6.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčevi dijagrami

Javno dostupni podaci Sunčeva zračenja koji se mogu koristiti za lokaciju PS Hvar su:

- PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) s dvije baze podataka (PVGIS –Classic i Climate SAF PVGIS),
- NASA (Surface Meteorology and Solar Energy),
- EIHP (Sunčev zračenje na području Republike Hrvatske, Energetski institut Hrvoje Požar,

Zagreb, ožujak 2007.).

Mjesečni prosjeci srednje dnevne globalne ozračenosti horizontalne plohe prikazani su na slijedećoj slici.



Slika 4-25 Usporedba horizontalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora

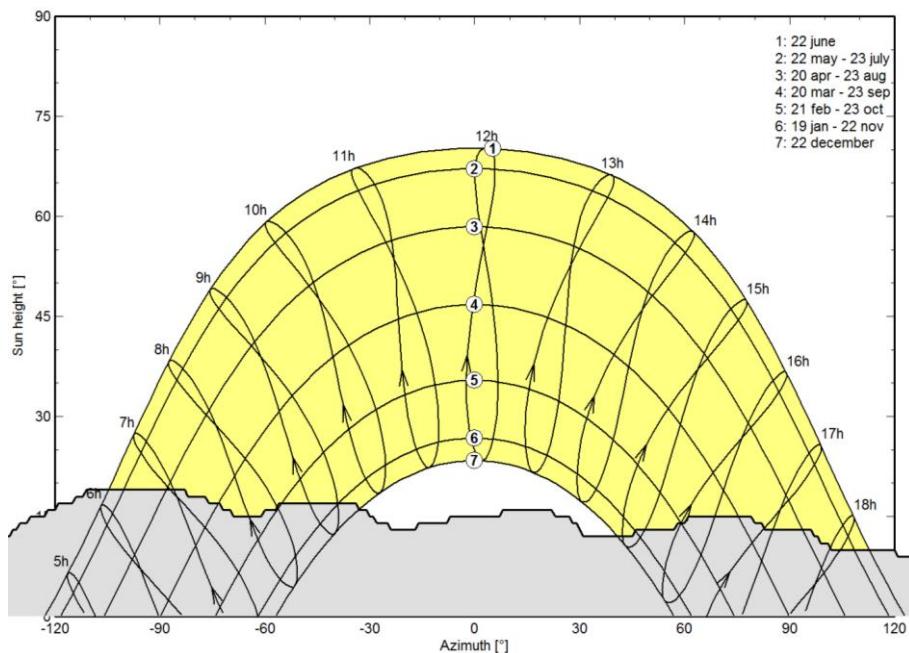
Mjesečni prosjeci dnevnih vrijednosti srednjih temperatura, difuzne ozračenosti te globalne ozračenosti horizontalne plohe, preuzeti su iz izvora PVGIS Classic. Kako PVGIS Classic daje niže vrijednosti ozračenosti od ostalih dostupnih izvora, može se smatrati da je procjena više na strani sigurnosti. Korišteni podaci su prikazani u slijedećoj tablici.

Tablica 4-32 Mjesečni projekti temperature i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji PS Hvar

Mjesec	Prosjek dnevne temperature zraka [°C]	Prosjek globalne dnevne ozračenosti horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]	Prosjek difuzne dnevne ozračenosti horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]
siječanj	8.8	1.49	0.86
veljača	9.2	2.33	1.19
ožujak	11.3	3.68	1.73
travanj	14.0	5.09	2.14
svibanj	18.0	6.11	2.57
lipanj	21.5	6.77	2.64
srpanj	23.6	7.2	2.30
kolovoz	23.6	6.21	2.11
rujan	20.9	4.77	1.67
listopad	18.2	3.04	1.31
studen	14.9	1.71	0.94
prosinac	11.4	1.21	0.77
prosjek	16.4	4.14	1.70

Na slijedećoj slici prikazan je utjecaj reljefa na trajanje sunčanog dana, iz kojeg je vidljivo da reljef ima značajan utjecaj na proizvodnju sustava u jutarnjim odnosno predvečernjim satima, budući da se

lokacija nalazi u udolini na sjevernoj strani otoka.



Slika 4-26 Prikaz konture reljefa prekopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji PS Hvar

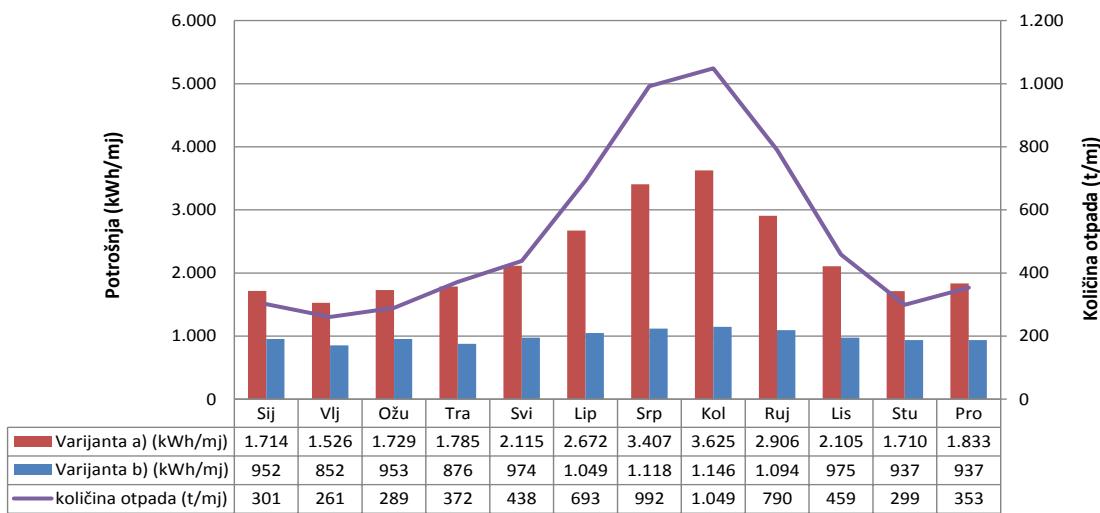
4.6.3 Analiza raspoloživih podataka o potrošnji električne energije

Budući da je pretovarna stanica u fazi planiranja potrebno je procijeniti mjesecnu potrošnju električne energije i dnevne profile potrošnje na temelju dostavljenih podataka o planiranim pretovarenim količinama otpada te planiranim trošilima unutar PS.

U varijanti kada se radni strojevi pogone direktno na dizel gorivo, prema dostavljenim podacima potrebno je, prema poglavlju 4.1, ukupno oko 5,82 litra goriva za pogon svih strojeva tokom jednog punjenja poluprikolice od 20t otpada. Budući da je planirana količina otpada za pretovar na PS Hvar iznosi **6.296 t/god**, prema prethodno spomenutoj količini potrebnog goriva za 20t otpada, potrebna količina goriva se može se procijeniti na 1.832 l/god. U praksi tijekom hladnijih mjeseci i u slučaju rada strojeva sa većim brojem pokretanja za pretovar manje količine otpada može se povećati ukupna potrošnja goriva. Stoga će se proračunata vrijednost uvećati za korekcijski faktor od 1,2 te se procjenjuje potrošnja goriva na iznos od 2.195 l/god.

Ukupna dostavljena godišnja količina otpada za pretovar prikazana je na slici 4-27 po mjesecima. Na temelju ulaznih podataka procijenjena je potrošnja električne energije za dvije varijante:

- Varijanta a) – cijelokupna potrošnja PS napaja se električnom energijom, bilo iz mreže ili sustava napajanja u otočnom pogonu. Procijenjena godišnja potrošnja električne energije je oko **27.128 kWh**.
- Varijanta b) – električnom energijom napaja se samo opća potrošnja, radni strojevi rade na dizel gorivo. Ukupna godišnja potrošnja električne energije je oko **11.862 kWh**, a potrebna količina dizel goriva je oko **2.195 l/god**.

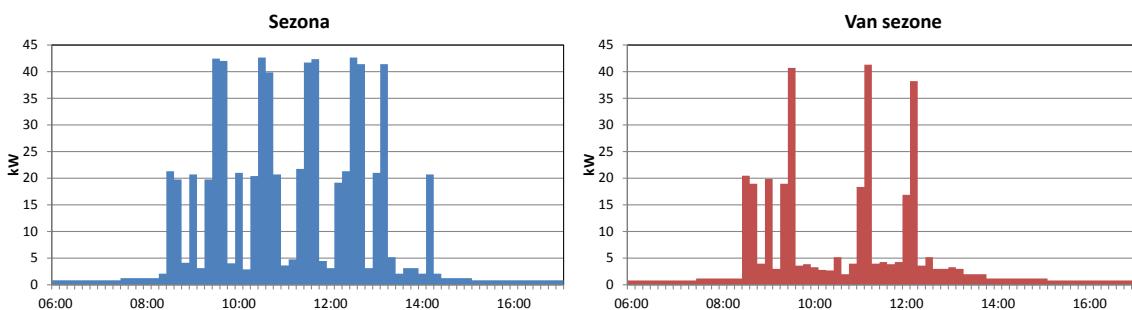


Slika 4-27 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Hvar

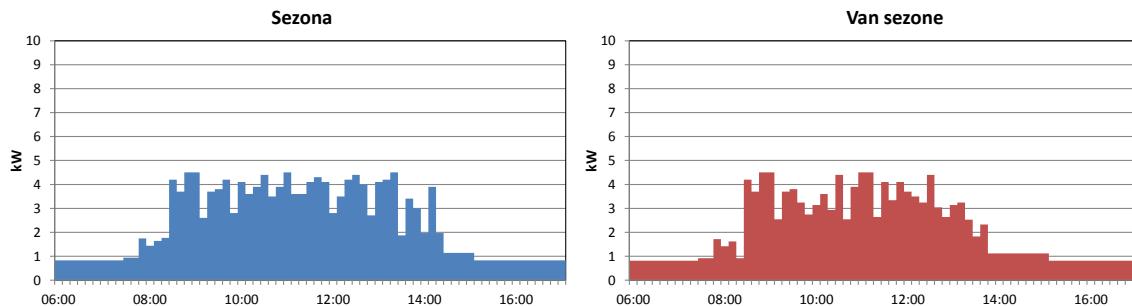
Tijekom turističke sezone od lipnja do rujna količina pretovarenog otpada je čak dva do tri puta veća u odnosu na preostala razdoblja u godini što utječe i na povećanje potrošnje električne energije. Može se primijetiti da simulirana potrošnja u varijanti b) ne ovisi značajno o količini pretovarenog otpada jer se radi o općim potrošačima.

Prosječna dnevna potrošnja električne energije u varijanti b) kada se napajaju samo opća trošila u PS je oko 32,5 kWh/dan na razini cijele godine. Razlika potrošnje u varijantama a) i b) predstavlja potrošnju električne energije radnih strojeva koja je procijenjena je na temelju dostavljenih podataka Naručitelja koji su prikazani u poglavljiju 4.1. Zbog većih količina otpada u ljetnim mjesecima vidljivo je i povećanje razlike u potrošnji varijanti a) i b) koje odgovara povećanoj potrošnji radnih strojeva.

Na slikama 4-28 i 4-29 prikazan je dnevni profil potrošnje za varijante a) i b), i to za jedan karakteristični radni dan u sezoni, odnosno van turističke sezone. Tijekom noćnih sati pretpostavljena potrošnja je do 1 kW za obje varijante, dok tokom dana visoki skokovi u angažiranoj snazi predstavljaju pokretanje radnih strojeva (transportera i poluprikolice). U varijanti b) za vrijeme pretovara kada se koristi vaga, uređaj za pranje kotača vozila i klima pretpostavljeno je vršno opterećenje od 4-5 kW. Navedeni profili potrošnje modelirani su u 10 minutnoj rezoluciji te su skalirani za svaki mjesec u godini kako bi ukupna potrošnja odgovarala proračunatim mjesecnim vrijednostima prikazanim na prethodnoj slici.



Slika 4-28 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta a) - napajanje cjelokupne potrošnja PS



Slika 4-29 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta b) – napajanje opće potrošnje

Treba napomenuti da su prikazani dijagrami aproksimacije konstruirane na temelju dostavljenih ulaznih podataka koji su raspoloživi u ovoj fazi razrade projekta. Konačno dimenzioniranje sustava potrebno je napraviti u fazi glavnog projekta.

4.6.4 Analiza varijantnih rješenja i odabir osnovnog rješenja napajanja PS

4.6.4.1 Varijanta napajanja 1b) - klasični priključak na elektroenergetsku mrežu – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom

S obzirom na zaključke poglavlja 4.2.6, a prema dostavljenim podacima o planiranim godišnjim količinama otpada za PS Hvar te povezanih relativno niskih troškova u slučaju pogona radnih strojeva na dizel gorivo, odabrana je Varijanta b) koja podrazumijeva napajanje samo opće potrošnje PS električnom energijom, dok se za pogon radnih strojeva koristi dizel gorivo. Ovo rješenje predlaže se zbog relativno malih količina otpada i povezanih visokih troškova angažirane snage u slučaju varijante a).

Promatrana lokacija za PS Hvar nalazi se cca 2,4 km jugozapadno od grada Stari Grad, odnosno cca 1,2 km južno od trajektnog pristaništa Stari Grad. Trenutno ne postoji mogućnost priključka na elektroenergetsку mrežu na samoj lokaciji planirane pretovarne stanice. Najbliža distribucijska trafostanica TS 10/0,4 kV udaljena je oko cca 1,3 km od planirane lokacije PS.

Zbog relativno velike duljine priključnog kabela i mogućih proširenja u PS u budućnosti potrebno je planirati priključak na srednje naponsku mrežu odnosno SN kabel do same lokacije. Troškovi priključka u ovom slučaju snosi investitor te se isti obračunavaju prema stvarnoj cijeni priključka. Iako se u varijantama b) razmatra napajanje općih trošila električnom energijom vršne snage do 5 kW, zbog velike udaljenosti od mreže i potrebe izgradnje SN priključnog kabela, cijene priključka ne ovisi o priključnoj snazi s obzirom na raspon snaga potreban u PS. Budući da je vršna snaga potrošača PS 48 kW ista će se razmatrati kao priključna snaga same PS na elektroenergetsku mrežu. U slijedećoj tablici dani su procijenjeni troškovi priključka PS na elektroenergetsku mrežu, za potrebnu priključnu snagu od 48 kW.

Tablica 4-33 Troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu – PS Hvar

Stavka	Količina	Ukupno (€)
Stupna TS 10/0,4 kV – do 100kW	1	26.320
Kabel 10 kV	1,3 km	52.000
Projektna dokumentacija		3.000
Ukupno (€):		81.320

Procijenjeni investicijski troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu iznose oko 81.320 €, što je u odnosu na planiranu priključnu snagu od oko 48 kW velika investicija. Jedinični troškovi po kW priključne snage iznose oko 1.694 €/kW.

Sa strane troškova upravljanja i održavanja u budućnosti mogu se izdvojiti troškovi za električnu energiju budući da nema drugih značajnijih troškova. Prema dostavljenim količinama otpada, procijenjenoj potrošnji električne energije, cijenama električne energije (tarifni model NN Crveni, tablica 4-4) i profilima potrošnje proračunati troškovi za električnu energiju na godišnjoj razini prikazani su tablicom 4-34.

Prema modeliranim profilima potrošnje udio više tarife je 73% a niže 27% u ukupnoj potrošnji. Također na temelju simulirane potrošnje dobivena je prosječna mjesечna vršna angažirana snaga iz mreže kroz cijelu godinu od 5,0 kW.

Tablica 4-34 Procjena godišnjih troškova električne energije

Troškovi za el. energiju	%	Iznos	Ukupno (€)
Potrošnja u višoj tarifi (kWh)	73%	8.664 kWh	823
Potrošnja u nižoj tarifi (kWh)	27%	3.204 kWh	205
Prosječno angažirana snaga (kW)	12 mjeseci	5,0 kW	351
Naknade za mjernu uslugu	12 mjeseci	10 €/mj.	120
Ukupno (€/god)			1.499
Troškovi za električne energije kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu			
Ukupni troškovi za el. energiju svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)			30.039 €

Dakle, ukupni procijenjeni troškovi električne energije iznose oko 1.499 €/god. Uz pretpostavku rasta cijena električne energije od 3% i diskontnu stopu od 5% ukupni troškovi električne energije u periodu od 25 godina svedeni na prvu godinu iznose 30.039 €.

Troškovi pogona radnih strojeva na dizel gorivo prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-35 Procjena godišnjih troškova pogona radnih strojeva

OPERATIVNI TROŠKOVI POGONA RADNIH STROJEVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Količina dizel goriva za radne strojeve za 1. godinu	2.195 L/1.god	Poglavljem 4.6.3 procijenjena je potrebna količina goriva potrebna za pogon radnih strojeva
Troškovi dizel goriva radnih strojeva	2.311 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
Troškovi za pogon radnih strojeva kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu		
Ukupni troškovi dizel goriva svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)		41.704 €

Dakle, ukupni procijenjeni troškovi dizel goriva iznose oko 2.311 € za prvu godinu rada, a za sve slijedeće godine pretpostavljen je rast cijena sa stopom inflacije od 2%. U konačnici ukupni troškovi goriva tokom životnog vijeka, diskontirani sa stopom od 5% su procijenjeni na 41.704 €, uz pretpostavku nepromijenjene količine otpada kroz godine.

4.6.4.2 Varijanta 2b) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom

Varijanta napajanja 2b) je nadopunjena varijanta 1b) u kojoj se uz priključak na mrežu ugrađuje dodatno i FN sustav. Troškovi priključka na električnu mrežu identični su kao i u varijanti 1b).

Veličina fotonaponskog sustava se dimenzionira s obzirom na očekivanu godišnju potrošnju i priključnu snagu potrošača. Preporučena veličina FN sustava za PS Hvar dimenzionira se s obzirom na kriterij okvirnog podudaranja godišnje proizvodnje i potrošnje. Naime ukupna godišnja potrošnja električne energije procijenjena je na 11.862 kWh, a procijenjena proizvodnja sustava od 10 kWp, uz okvirnu procjenu proizvodnje za ovu lokaciju od 1.300 kWh/kW (uvažavajući utjecaj reljefa), je oko 13.000 kWh. Proizvodnja sustava je nešto veća od potrošnje što će se kompenzirati u prvim godinama rada zbog degradacije FN modula, a sve u varijanti sa pretpostavkom konstantne potrošnje tijekom životnog vijeka elektrane. Ukoliko dođe do porasta pretovarene količine otpada potrošnja će i prije nadvisiti proizvodnju te će se povećati udio direktno korištene proizvedene energije i konačno isplativost projekta. Na osnovu simulacije u programskom paketu HOMER, u slijedećoj tablici dana je osnovna bilanca potrošnje i proizvodnje uz instaliranje FN sustava 10 kWp u paralelnom radu s mrežom.

Tablica 4-36 Bilanca proizvodnje i potrošnje

Bilanca proizvodnje i potrošnje		
	%	kWh
Proizvodnja	100%	13.000
Direktno korišteno	55%	7.150
Isporučeno u mrežu	45%	5.850
Potrošnja	100%	11.862
Kupljeno iz mreže	40%	4.712
Vlastita proizvodnja	60%	7.150

Investicijski i operativni troškovi

Investicijski i operativni troškovi dani su slijedećim tablicama.

Tablica 4-37 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije

INVESTICIJSKI TROŠKOVI PRIKLJUČKA NA MREŽU		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Priključak na mrežu	81.320 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-33.

INVESTICIJSKI TROŠKOVI FN SUSTAVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
FN sustav (10 kWp)	15.000 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7.

OPERATIVNI TROŠKOVI FN SUSTAVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Troškovi održavanja i osiguranja (10 kWp)	150 €/1.god	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7 na osnovu instalirane snage FN sustava. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije od 2%.
Troškovi zamjene pretvarača na polovici životnog vijeka (10 kWp)	800 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7 na osnovu instalirane snage FN sustava.

OPERATIVNI TROŠKOVI POGONA RADNIH STROJEVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Količina dizel goriva za radne strojeve za 1. godinu	2.195 L/1.god	Poglavljem 4.6.3 procijenjena je potrebna količina goriva potrebna za pogon radnih strojeva.
Troškovi dizel goriva radnih strojeva	2.311 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
Troškovi za pogon radnih strojeva kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu		
Ukupni troškovi dizel goriva svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)		41.704 €

Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava

Pod pojmom prihoda smatra se dobit od prodaje proizvedene električne energije direktno u mrežu, kao i umanjenje računa za električnu energiju zbog dijela proizvodnje iskorištene direktno u sustavu.

Procjena prihoda dana je u slijedećoj tablici.

Tablica 4-38 Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava

UŠTEDA ZBOG DIREKTNO KORIŠTENE PROIZVEDENE EL. ENERGIJE		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Vrijednost direktno korištene energije iz FNE	0,093 €/kWh	Veliki dio proizvodnje događa za vrijeme više tarife i iznosi oko 95% proizvodnje, a tek 5% za vrijeme niže tarife. Prikazani iznos je ponderirana aritmetička sredina cijena više i niže tarife u navedenim omjerima proizvodnje po tarifama.
Iznos direktno korištene el. energije	7.150 kWh	Proračunata vrijednost za instaliranu snagu FN sustava od 10 kW, prema tablici 4-36. Navedena vrijednost u najčešćojmjeri ovisi o pretpostavljenom profilu potrošnje PS.
Ušteda zbog direktno iskorištene proizvedene el. energije	665 € / 1. god.	Ušteda za iduće godine usklađuje se s obzirom na stopu rasta cijene el. energije od 3% i povećane troškova održavanja sa stopom inflacije od 2%.

PRIHOD OD PREDANE EL. ENERGIJE U MREŽU		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Otkupna cijena el. energije predane u mrežu	0,033 €/kWh	Iznos preuzet prema tablici 4-4.
Iznos predane el. energije u mrežu	5.850 kWh	Proračunata vrijednost za instaliranu snagu FN sustava od 10 kW, prema tablici 4-36. Navedena vrijednost u najčešćojmjeri ovisi o pretpostavljenom profilu potrošnje PS.
Prihod od predane el. energije u mrežu	193 € / 1. god.	Prihod za iduće godine usklađuje se s obzirom na stopu rasta cijene el. energije od 3% i povećane troškova održavanja sa stopom inflacije od 2%.

UKUPNO POVEĆANJE PRIHODA ZBOG INSTALACIJE FN SUSTAVA		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Ukupni prihodi	858 €/god	Zbroj uštede zbog direktno iskorištene proizvedene el. energije i prihoda od predane el. energije u mrežu (gornji dio tablice)

Utjecaj rada FN sustava na umanjenje efektivnih troškova el. energije

Temeljem procijenjenih prihoda zbog proizvodnje električne energije iz FN sustava računa se efekt umanjenja ukupnih troškova električne energije, tj. procjena efektivnih troškova el. energije uz rad FN sustava.

Tablica 4-39 Efektivni godišnji troškovi el. energije uz rad FN sustava

Smanjenje računa za električnu energiju	
1. Procijenjeni troškovi za el. energiju bez FNE	1.499 €
2. Procijenjeni troškovi održavanja sustava FNE	150 €
3. Procijenjene uštede i prihodi izgradnjom FNE	858 €
Efektivni troškovi el. energije PS: (1) + (2) - (3)	
Operativni troškovi za električne energije kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	
Ukupni troškovi za električnu energiju svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)	16.319 €

Ugradnja FN sustava snage 10 kWp zadovoljila bi 60% vlastitih potreba za električnom energijom te bi se smanjili troškovi za električnu energiju za oko 47%, tj. sa 1.499 €/god na 791 €/god, što rezultira uštedom od 708 €/god.

Uz pretpostavku rasta cijena električne energije od 3% i diskontnu stopu od 5% ukupni troškovi električne energije svedeni na početnu godinu iznose 16.319 €. U navedene troškove uključena je i jednokratna zamjena pretvarača u 12 godini.

U navedene procijene nisu uključena moguća smanjenja troškova angažirane snage. Prilikom proračuna pretpostavljena je nepromijenjena količina otpada kroz godine rada PS.

Također, troškovi pogona radnih strojeva na dizel gorivo ostaju nepromijenjeni u odnosu na varijantu 1b) te iznose 2.311 € za prvu godinu, odnosno u životnom vijeku od 25 god., svedeni na početnu godinu iznose 41.704 €.

4.6.4.3 Varijanta napajanja 3) - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom

U ovoj varijanti razmatrano je napajanje električnom energijom samo manjih trošila unutar PS, a radni strojevi su pogonjeni direktno na dizel gorivo. Za predmetnu lokaciju, u skladu sa ulaznim podacima sustava i definiranom karakterističnom potrošnjom, dobiveno je optimalno tehnosko-ekonomsko rješenje prema slijedećoj slici.

Architecture							Gen7		System
PV (kW)	Gen7 (kW)	A600_1695 (qty)	Converter (kW)	Fuel (L)	Hours	Ren Frac (%)			
13,0	7	24	6	436	187	89			
14,0	7	24	6	416	178	89,5			
15,0	7	24	6	357	154	91			
16,0	7	24	6	350	151	91,2			
17,0	7	24	6	330	142	91,7			
13,0	7	48	6	316	135	92			
12,0	7	48	6	405	174	89,8			
14,0	7	48	6	291	125	92,7			
15,0	7	48	6	231	99	94,2			
16,0	7	48	6	217	93	94,5			

Slika 4-30 Prikaz proračuna optimalnog rješenja sustava - programski paket HOMER Pro

Tablica 4-40 Optimalna veličina komponenti sustava

Komponenta	Veličina
FN moduli	13 kWp
Pretvarač	6 kW
Baterije (1695 Ah, 2 V)	24 članka
Dizel generator	7 kW

Investicijski i operativni troškovi otočnog sustava

Investicijski i operativni troškovi dani su tablicom 4-41. Operativni troškovi pogona radnih strojeva na dizel gorivo ostaju nepromijenjeni u odnosu na prethodne varijante.

Tablica 4-41 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije

INVESTICIJSKI TROŠKOVI OTOČNOG SUSTAVA		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
FN sustav, baterije i ostali troškovi	49.360 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-11, u skladu s opremom navedenom u tablici 4-40.
OPERATIVNI TROŠKOVI		
OTOČNI SUSTAV		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Količina dizel goriva za generator za 1. godinu rada	436 L/1.god	Godišnja potreba goriva za rada dizel generatora prema proračunu u programskom paketu HOMER, prema slici 4-30.
Troškovi dizel goriva generatora	459 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
Troškovi održavanja i osiguranja	494 €/1.god	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-11 na osnovu instalirane snage FN modula i kapaciteta baterija. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene pretvarača na polovici životnog vijeka	4.470 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-12 na osnovu instalirane snage FN modula.
Troškovi zamjene baterija u 8. i 16. godini	11.700 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-12 na osnovu kapaciteta baterija.
RADNI STROJEVI		
Količina dizel goriva za radne strojeve za 1. godinu	2.195 L/1.god	Procijenjena godišnja potrošnja goriva prema poglavlju 4.6.3.
Troškovi dizel goriva radnih strojeva	2.311 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
REKAPITULACIJA OPERATIVNIH TROŠKOVA		
Procijenjeni operativni troškovi za otočni sustav	494 €/1.god	Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije od 2%.
Procijenjeni operativni troškovi dizel goriva za radne strojeve i dizel generator	2.770 €/1. god.	Zbroj stavki troškova za dizel gorivo na nivou cijele pretvarne stanice. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene 2 seta baterija i jedne zamjenu pretvarača	16.170 €	Zbroj jednokratnih troškova zamjene pretvarača i baterija.
UKUPNI OPERATIVNI TROŠKOVI SVEDENI NA PRVU GODINU		
Ukupni operativni troškovi kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	18.767 €	Uz stopu inflacije od 2% i diskontnu stopu stopu 5%
Ukupni troškovi dizel goriva kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	49.980 €	Uz stopu inflacije od 2% i diskontnu stopu stopu 5%

4.6.5 Odabir optimalne varijante

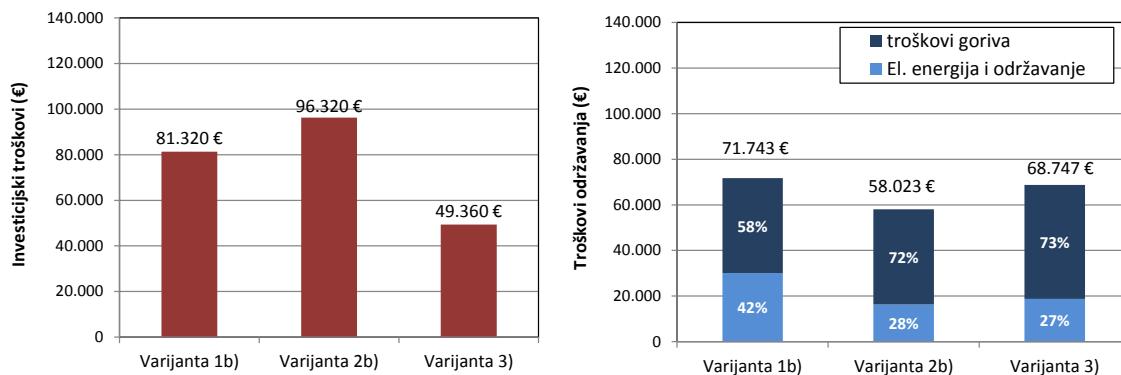
U slijedećoj tablici dana je rekapitulacija rezultata razmatranih varijanti te su dani ukupni troškovi sustava svedeni na sadašnju vrijednost (NPC) što je osnovni kriterij za odabir.

Ukupni troškovi sustava (NPC) u životnom vijeku od 25 godina, sračunati su kao zbroj početnih troškova investicije u prvoj godini i svih troškova održavanja (osnovnih, jednokratnih i goriva) uzimajući u obzir inflaciju po stopi od 2% i rast cijene el. energije od 3% te svedenih na prvu godinu sa diskontnom stopom od 5%. Navedeni proračun ukupnih troškova investicije i održavanja se koristi samo za potrebe usporedbe promatranih varijanti te odabira one koja će u konačnici imati najmanji trošak za investitora.

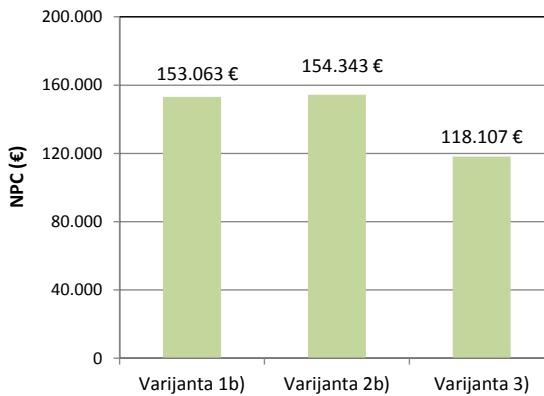
Tablica 4-42 Sumarni prikaz investicijskih i operativnih troškova po varijantama

Varijanta	Investicijski troškovi (€)			Operativni troškovi (€)				Ukupno NPC (€)	
	Priključak na mrežu (€)	Vlastiti sustav (€)	Ukupno (€)	Osnovni troškovi (€/god)	Troškovi goriva (€/god)	Jednokratni troškovi (€)	Ukupno 25 god (disk. 5%)		
							Osnovni troškovi (€)	Gorivo (€)	
Varijanta 1b)	81.320	-	81.320	1.499	2.311	-	30.039	41.704	153.063
Varijanta 2b)	81.320	15.000	96.320	791	2.311	800	16.319	41.704	154.343
Varijanta 3)	-	49.360	49.360	494	2.770	16.170	18.767	49.980	118.107

Na slijedećim slikama grafički su prikazani investicijski i operativni troškovi te ukupna NPC pojedine varijante.



Slika 4-31 Investicijski troškovi i operativni troškovi diskontirani na početnu godinu



Slika 4-32 Neto sadašnji trošak NPC za promatrane varijante

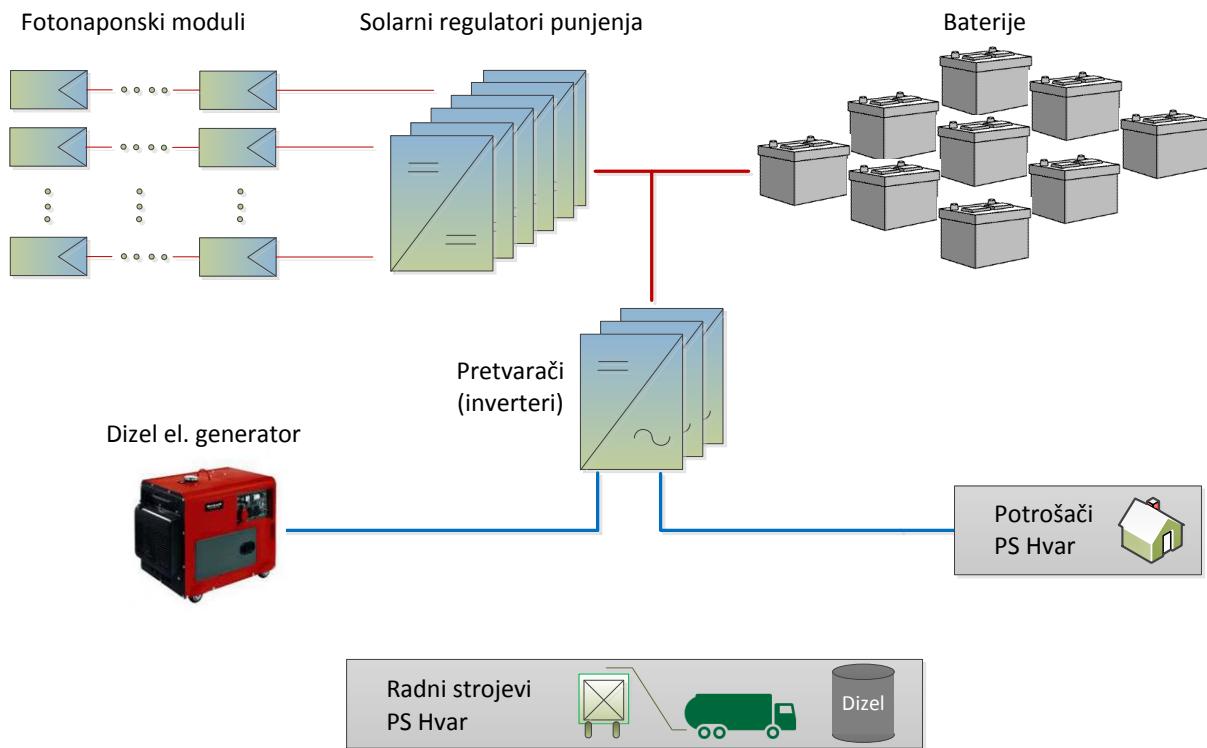
Prema prethodno prikazanim rezultatima preporuča se izvedba sustava napajanja prema varijanti 3). Ukupna investicijska vrijednosti za ovu varijantu iznosi cca 49.360 €. Ukupni osnovni troškovi održavanja u 25 godina diskontirani sa stopom od 5% sumarno na nultoj godini iznose oko 18.767 €, čemu je potrebno pridodati i troškove goriva u iznosu od 49.980 €. Dakle, sadašnji NPC trošak sustava iznosi 118.107 €, što je manje u odnosu na varijante 1b) i 2b).

4.6.6 Analiza rada sustava za predloženu varijantu

Za FN sustav PS Hvar odabirom varijante 3) predviđeni su slijedeći elementi sustava:

- FN moduli ukupne instalirane snage 13 kWp,
- regulatori punjenja ukupne instalirane snage 13 kW,
- baterije koje omogućuju autonomiju sustava od cca 2 dana, odnosno baterije kapaciteta 24 x 1695 Ah,
- dizel generator izlazne AC snage 7 kW,
- pretvarač (inverter) snage 6 kW, na pretvarača su povezani na DC strani baterije te na AC strani dizel generator, kao pomoćni izvor el. energije, i potrošači PS Hvar.

Načelna shema sustava prikazana je slijedećom slikom.

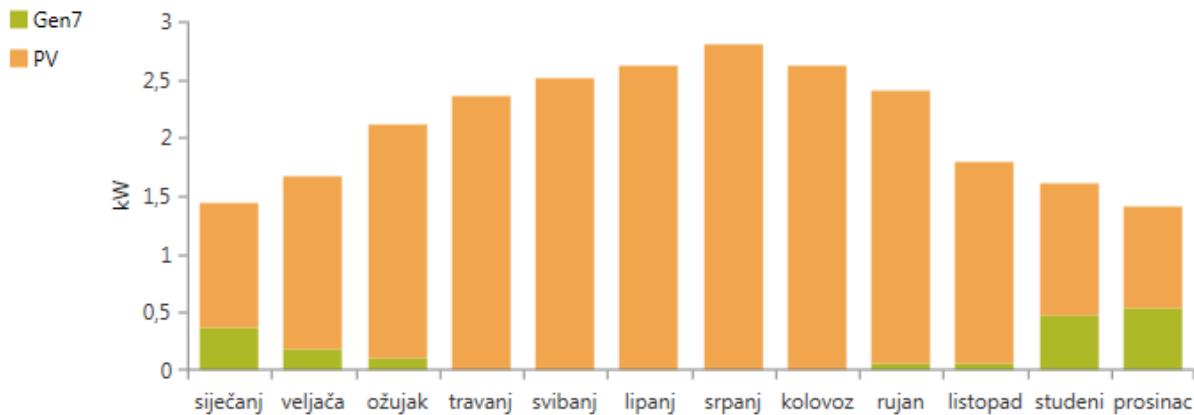


Slika 4-33 Načelna shema sustava napajanja PS Hvar

Simulacijom u programskom paketu HOMER dobiveni su podaci o radu FN sustava i dinamici korištenja dizel generatora.

Po pitanju nagiba FN modula najbolje rezultate prema NPC kriteriju daje slučaj sa nagibom 30° . Iako je za otočne sustave često povoljnije ići na veći nagib koji odgovara većoj zimskoj proizvodnji kada je manje sunčevog zračenja, u ovom slučaju bitan je parametar povećana ljetna potrošnja zbog sezonskih oscilacija mjesecnih količina otpada.

Na slici 4-34 dani je prikaz prosječne dnevne angažirane snage FN sustava i dizel generatora, a na slici 4-35 dan je prikaz prosječnog mjesecnog profila teoretski moguće snage FN sustava (neovisno o napunjenoći baterija i potrošnji).



Slika 4-34 Prosječne dnevne angažirane snage i udio proizvodnje dizel generatora – HOMER



Slika 4-35 Prosječne dnevni profili dostupne snage iz FNE - HOMER

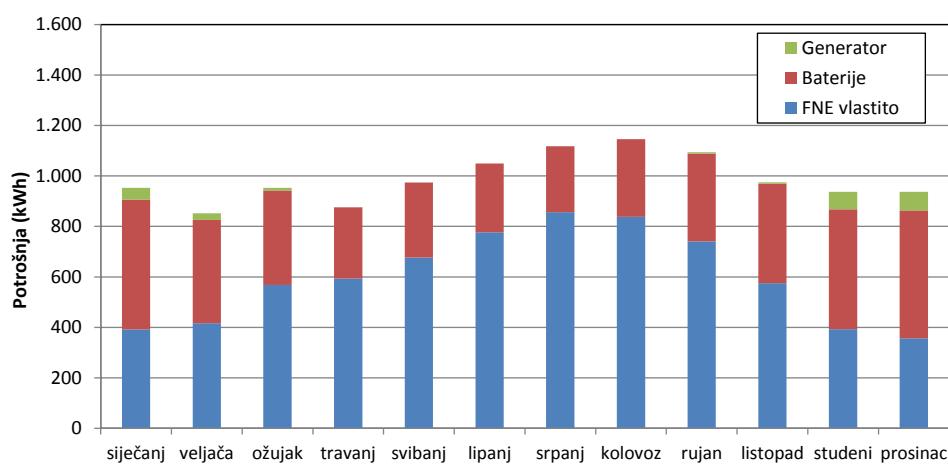
FN moduli su planirani s nagibom 30° i azimutom 0° te je potrebno gubitke zbog međusobnog zasjenjenja redova fotonaponskih nizova svesti na najmanju moguću mjeru. Najniža podnevna visina sunca na lokaciji je 22.XII i iznosi 23° tako da su odabrane zaštitne zone konstruirane prema kutu zasjenjenja od 23° . U skladu s navedenim međusobni razmaci između redova modula iznosit će minimalno 1,2 m.

Treba naglasiti da se radi o otočnom pogonu tako da proizvodnja FN sustava ne odgovara uvijek maksimalno mogućoj u nekom trenutku nego je određena zahtijevanom potrošnjom u tom trenutku te su mogući su slijedeći scenariji:

- Proizvodnja FN sustava je veća od potrošnje. Višak proizvodnje se koristi za nadopunjavanje baterija ako su iste prazne. Ovaj slučaj se javlja tijekom sunčanih dana.

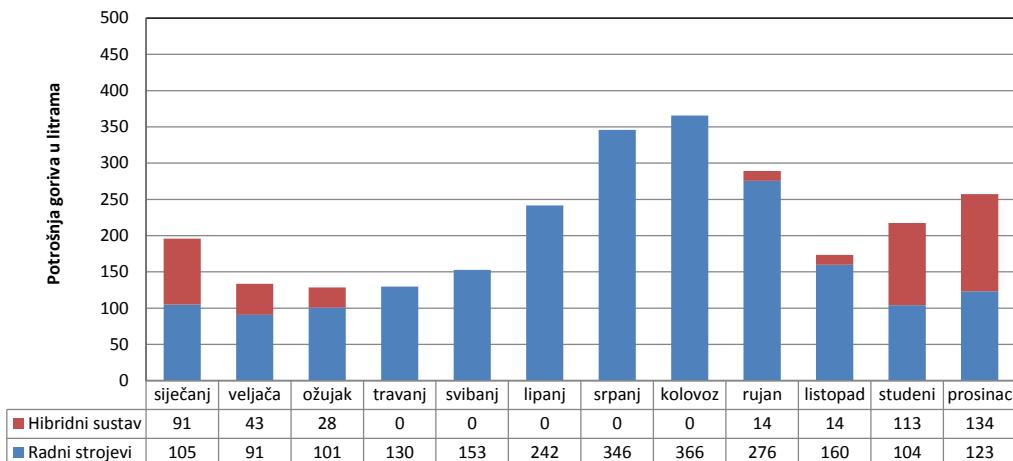
- Proizvodnja FN sustava je manja od potrošnje. Manjak potrošnje se može nadomjestiti iz baterija ako iste imaju dovoljno skladištene energije, a ako je stanje napunjenoosti baterija ispod 30%, pali se dizel generator koji u isto vrijeme nadomešćuje manjak potrošne i nadopunjava baterije do određenog stanja napunjenoosti. Ovaj slučaj javlja se tijekom oblačnih dana i noću, a najčešća pojava paljenja generatora odvija se noću ili u ranim jutarnjim satima kada u prethodnim danima (do dva dana) nije bilo dovoljno proizvodnje iz FN sustava da se napune baterije. Također, u zimskim mjesecima kada je više oblačnih dana očekuje se povećano korištenje dizel generatora za razliku od ljetnog perioda kada se isti gotovo neće ni paliti.

Uvažavajući prethodno navedeno, napravljen je proračun proizvodnje FNE, korištenja baterija i dizel generatora za simulirani profil potrošnje bez velikih radnih strojeva. Na slici 4-36 prikazan je udio pojedine komponente u ukupnoj potrošnji električne energije PS Hvar.



Slika 4-36 Udio proizvodnje FNE, baterija i generatora u potrošnji

Budući da se radni strojevi pogone direktno na dizel gorivo, a manji dio goriva se koristi i u hibridnom sustavu za dizel generator, na slijedećoj slici prikazana je procijenjena potrošnja dizel goriva po mjesecima. Na istoj se može vidjeti da se potrošnja dizel goriva za generator javlja samo u zimskim mjesecima.



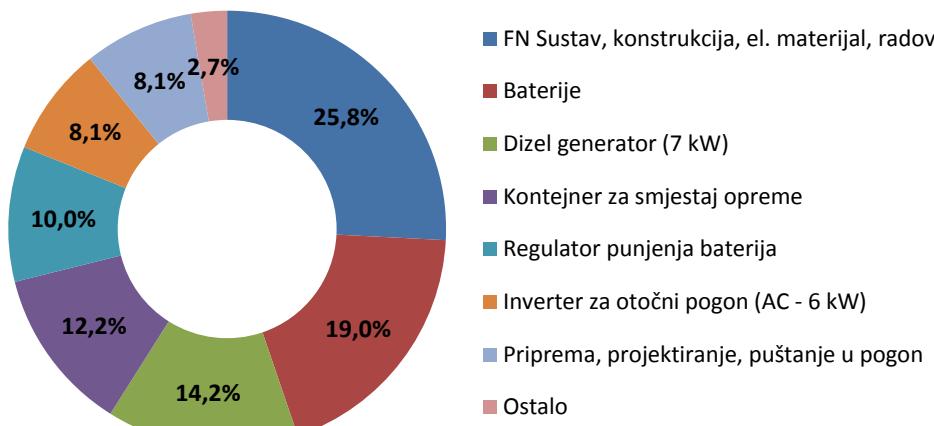
Slika 4-37 Udio proizvodnje u napajanju pojedinih komponenti sustava

4.6.7 Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova

Pregled osnovnih komponenti sustava i investicijski troškovi prikazani su u sljedećoj tablici za odabranu varijantu.

Tablica 4-43 Investicijski troškovi - Varijanta 3)

Varijabilni troškovi - FN Sustav (13 kWp)	€/kWp	Ukupno [€]
FN moduli	600	7.800
Konstrukcija	140	1.820
Ostali el. materijal	120	1.560
Radovi	120	1.560
Regulator punjenja baterija	380	4.940
Nepredviđeni troškovi	40	520
Varijabilni troškovi - Baterije (24 članka)	€/kom	Ukupno [€]
Baterije OPZS - članak 2V, 1695 Ah	390	9.360
Fiksni troškovi	€	
Kontejner za smještaj opreme	6.000	
Pretvarač za otočni pogon (AC - 6 kW)	4.000	
Sustav nadzora	800	
Dizel generator (7 kW)	7.000	
Pripreme, projektiranje, puštanje u pogon	4.000	
Ukupno investicijski troškovi troškovi	€	
Ukupno		49.360



Slika 4-38 Udio pojedinih troškova u ukupnoj investiciji

4.6.8 Procjena troškova upravljanja i održavanja

Procijenjeni troškovi održavanja za prvu godinu rada dati su u slijedećoj tablici.

Tablica 4-44 Procijenjeni troškovi održavanja

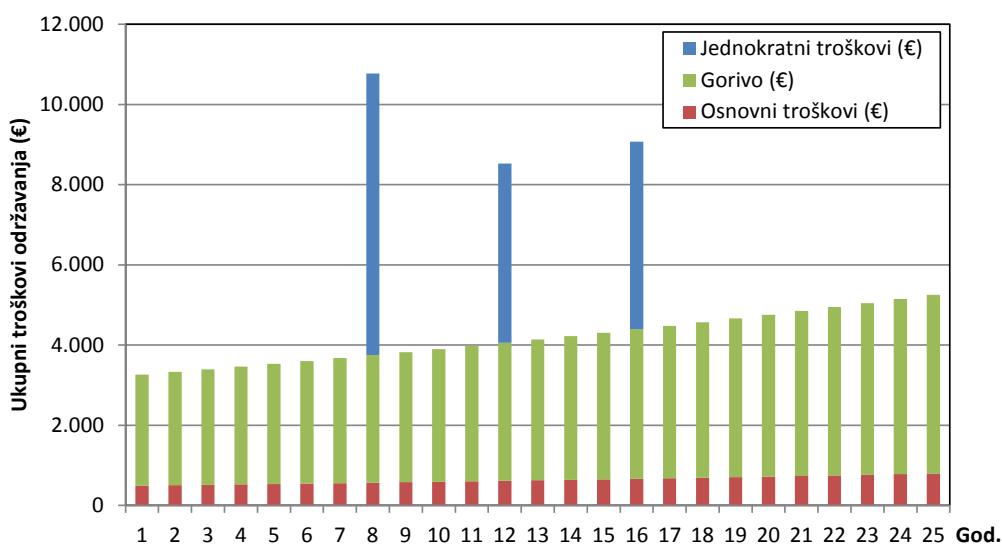
Troškovi rada FN elektrane (1. godina) - OPEX		
Redovito održavanje i upravljanje (% od investicije)	0,5%	247 €
Osiguranje (% od investicije)	0,5%	247 €
Ukupni troškovi rada 1. godina		494 €
Jednokratni budući troškovi (trošak zamjene baterija i pretvarača)		
Termin 1. zamjene baterija (godina nakon izgradnje)	8 god.	
Trošak 1. zamjene baterija (% od početne cijene baterija)	75%	7.020 €
Termin zamjene pretvarača (godina nakon izgradnje)	12 god.	
Trošak zamjene pretvarača (% od početne cijene pretvarača)	50%	4.470 €
Termin 2. zamjene baterija (godina nakon izgradnje)	16 god.	
Trošak 2. zamjene baterija (% od početne cijene baterija)	50%	4.680 €
Troškovi dizel goriva za velike strojeve (1. godina)		
Troškovi dizel goriva (za rad hibridnog sustava)	436 l	459 €
Dizel gorivo za radne strojeve	2.195 l	2.311 €
Ukupni troškovi dizel goriva:		2.770 €

S obzirom da je životni vijek elektrane 25 god u tablici 4-45 dati su troškovi po godinama te diskontirani troškovi sa stopom od 5%. Rast cijena goriva i osnovnih troškova održavanja pretpostavljen je sa stopom inflacije od 2%.

Tablica 4-45 Prikaz procijenjenih troškova održavanja po godinama rada

Godina	Nediskontirano				Diskontirano (5%)	
	Osnovni troškovi (€)	Jednokratni troškovi	Gorivo (€)	Ukupno (€)	Ukupno troškovi (€)	Kumulativno (€)
1	494	0	2.770	3.264	3.264	3.264
2	504	0	2.825	3.329	3.171	6.435
3	514	0	2.882	3.396	3.080	9.515
4	524	0	2.940	3.464	2.992	12.507
5	535	0	2.998	3.533	2.907	15.414
6	545	0	3.058	3.604	2.824	18.237
7	556	0	3.119	3.676	2.743	20.980
8	567	7.020	3.182	10.769	7.654	28.634
9	579	0	3.245	3.824	2.588	31.222
10	590	0	3.310	3.901	2.514	33.737
11	602	0	3.377	3.979	2.443	36.179
12	614	4.470	3.444	8.528	4.986	41.166
13	627	0	3.513	4.140	2.305	43.471
14	639	0	3.583	4.222	2.239	45.710
15	652	0	3.655	4.307	2.175	47.885
16	665	4.680	3.728	9.073	4.364	52.249
17	678	0	3.803	4.481	2.053	54.302
18	692	0	3.879	4.570	1.994	56.296
19	706	0	3.956	4.662	1.937	58.233
20	720	0	4.035	4.755	1.882	60.115
21	734	0	4.116	4.850	1.828	61.943
22	749	0	4.198	4.947	1.776	63.719
23	764	0	4.282	5.046	1.725	65.444
24	779	0	4.368	5.147	1.676	67.119
25	795	0	4.455	5.250	1.628	68.747

Na slijedećoj slici grafički su prikazani nediskontirani troškovi održavanja kako za osnovne troškove i jednokratne tako i za troškove dizel goriva.



Slika 4-39 Ukupni troškovi održavanja – nediskontirano

4.6.9 Zaključak

Za PS Hvar, temeljem kriterija najnižeg sadašnjeg troška sustava (NPC), predlaže se izvedba napajanja prema varijanti 3) koja podrazumijeva otočni pogon sustava sa FN sustavom, baterijama i dizel generatora za napajanje općih potrošača, dok se za pogon radnih strojeva (transporter, poluprikolica) koristi dizel gorivo. Razlog zbog kojeg ova varijanta na promatranom vremenskom periodu od 25 godina ima najmanje troškove je visoki trošak priključka na elektroenergetsku mrežu za varijante 1b) i 2b). Prema odabranoj varijanti, konfiguracija sustava dana je slijedećom tablicom.

Tablica 4-46 Konfiguracija sustava za PS Hvar

Konfiguracija sustava PS Hvar	
Snaga FNE	13 kWp
Baterije (1695 Ah, 2V)	24 članka
Dizel generator	7 kW
Pretvarač za otočni sustav	6 kW
Potrošnja dizel generatora	436 L/god.
Potrošnja dizel goriva za pogon radnih strojeva	2.195 L/god.

Ukupni investicijski troškovi izgradnje otočnog pogona dani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-47 Investicijski troškovi izgradnje otočnog pogona s FN sustavom snage 13 kWp

Investicijski troškovi FN sustava 13 kW	€
Ukupno:	49.360

Ukupni operativni troškovi, koji podrazumijevaju održavanje za FN sustava i baterija, kao i pogona radnih strojeva na dizel gorivo, te jednokratnih troškova u budućnosti, prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-48 Operativni troškovi FNE

Operativni troškovi	€/god
Održavanje i osiguranje FN sustava	494
Dizel gorivo za pogon generatora	459
Dizel gorivo za pogon radnih strojeva	2.311
Ukupno (prva godina):	3.264
Budući jednokratni troškovi	€
Prva zamjena baterija u 8. godini	7.020
Zamjena pretvarača (invertera) u 12. godini	4.470
Druga zamjena baterija u 16. godini	4.680

4.7 Planiranje FN sustava za PS Sinj

4.7.1 Lokacija PS Sinj

Pretovarna stanica Sinj planira se na području Općine Sinj unutar obuhvata gospodarske zone Kukuzovac, i to u njenom sjevernom dijelu. Lokacija se nalazi cca 5.1 km južno od Grada Sinja te cca 7.7 km sjeverozapadno od Grad Trilja.

Planirana lokacija se nalazi na ravnom terenu, dakle radi se o povoljnem terenu s obzirom na iskoristivost sunčevog zračenja.

Situacija PS Sinj na ortofoto podlozi dana je na slijedećoj slici.



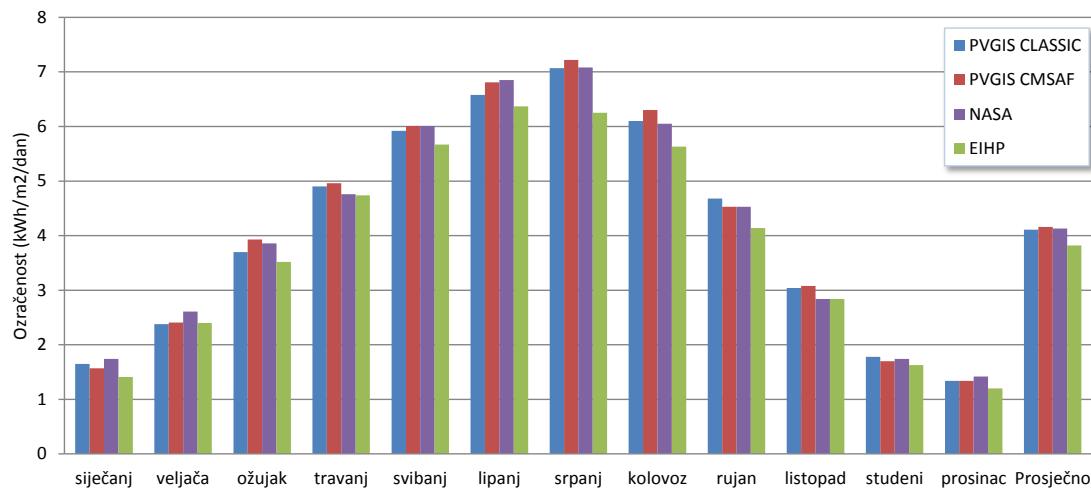
Slika 4-40 Položaj lokacije PS Sinj na ortofoto podlozi

4.7.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčevi dijagrami

Javno dostupni podaci Sunčeva zračenja koji se mogu koristiti za lokaciju PS Sinj su:

- PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) s dvije baze podataka (PVGIS –Classic i Climate SAF PVGIS),
- NASA (Surface Meteorology and Solar Energy),
- EIHP (Sunčev zračenje na području Republike Hrvatske, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, ožujak 2007.).

Mjesečni prosjeci srednje dnevne globalne ozračenosti horizontalne plohe prikazani su na slijedećoj slici.



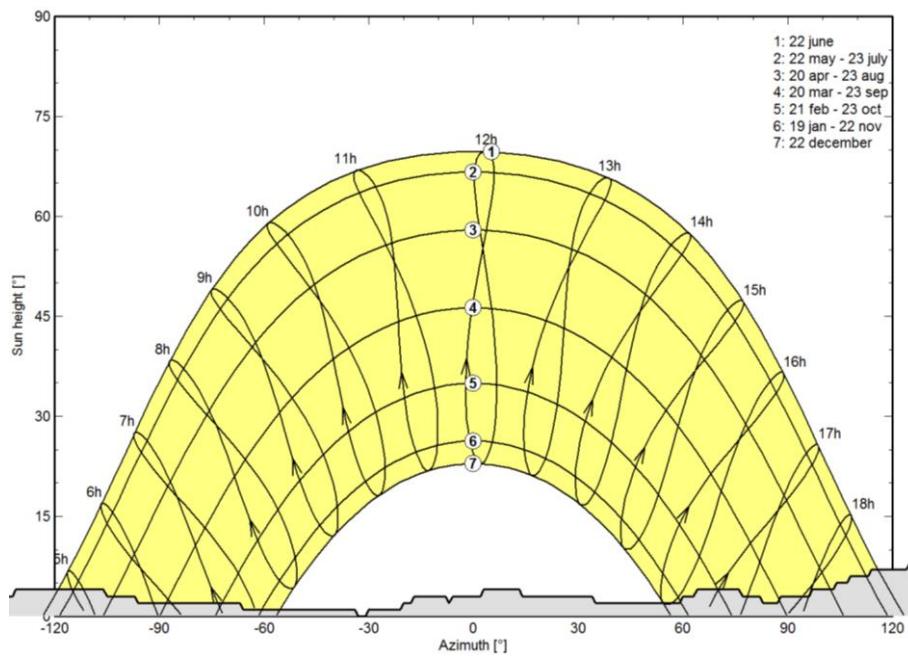
Slika 4-41 Usporedba horizontalne globalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora

Mjesečni prosjeci dnevnih vrijednosti srednjih temperatura, difuzne ozračenosti te globalne ozračenosti horizontalne plohe, preuzeti su iz izvora PVGIS Classic. Kako PVGIS Classic daje niže vrijednosti ozračenosti od ostalih dostupnih izvora, može se smatrati da je procjena više na strani sigurnosti. Korišteni podaci su prikazani u slijedećoj tablici.

Tablica 4-49 Mjesečni projekti temperature i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji PS Sinj

Mjesec	Projek dnevne temperature zraka [°C]	Projek globalne dnevne ozračenosti horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]	Projek difuzne dnevne ozračenosti horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]
siječanj	4.3	1.65	0.87
veljača	4.3	2.38	1.19
ožujak	7.6	3.70	1.74
travanj	11.5	4.90	2.21
svibanj	16.0	5.92	2.66
lipanj	20.0	6.58	2.76
srpanj	22.8	7.07	2.40
kolovoz	22.9	6.10	2.20
rujan	18.0	4.68	1.73
listopad	13.8	3.04	1.34
studen	9.7	1.78	0.93
prosinac	5.4	1.34	0.76
projek	13.0	4.11	1.73

Na slijedećoj slici prikazan je utjecaj reljefa na trajanje sunčanog dana, iz koje je vidljivo da reljef nema značajan utjecaja na proizvodnju sustava osim ujutro neposredno nakon izlaska te predvečer prije zalaska sunca.



Slika 4-42 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji PS Sinj

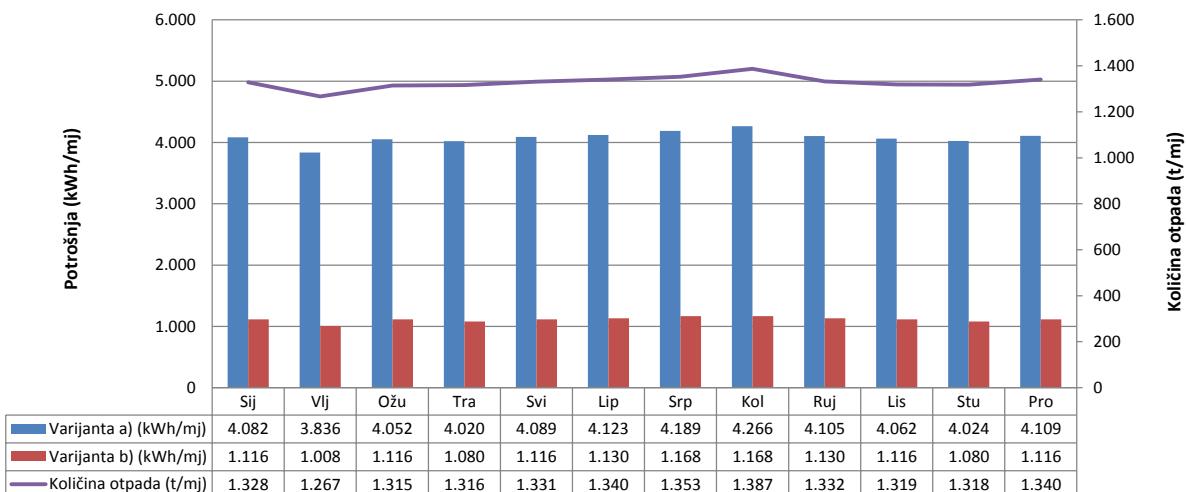
4.7.3 Analiza raspoloživih podataka o potrošnji električne energije

Budući da je pretovarna stanica u fazi planiranja potrebno je procijeniti mjesecnu potrošnju električne energije i dnevne profile potrošnje na temelju dostavljenih podataka o planiranim pretovarenim količinama otpada te planiranim trošilima unutar PS.

U varijanti kada se radni strojevi pogone direktno na dizel gorivo, prema dostavljenim podacima potrebno je ukupno oko 5,82 litra goriva, prema poglavlju 4.1, za pogon svih strojeva tokom jednog punjenja poluprikolice od 20t otpada. Budući da je planirana količina otpada za pretovar na PS Sinj iznosi **15.949 t/god**, prema prethodno spomenutoj količini potrebnog goriva za 20t otpada, potrebna količina goriva se može se procijeniti na 4.635 l/god. U praksi tijekom hladnijih mjeseci i u slučaju rada strojeva sa većim brojem pokretanja za pretovar manje količine otpada može se povećati ukupna potrošnja goriva. Stoga će se proračunata vrijednost uvećati za korekcijski faktor od 1,2 te se procjenjuje potrošnja goriva na iznos od 5.562 l/god.

Ukupna dostavljena godišnja količina otpada za pretovar prikazana je na slici 4-43 po mjesecima. Na temelju ulaznih podataka procijenjena je potrošnja električne energije za dvije varijante:

- Varijanta a) – cijelokupna potrošnja PS napaja se električnom energijom, bilo iz mreže ili sustava napajanja u otočnom pogonu. Procijenjena godišnja potrošnja električne energije je oko **48.957 kWh**.
- Varijanta b) – električnom energijom napaja se samo opća potrošnja, radni strojevi rade na dizel gorivo. Ukupna godišnja potrošnja električne energije je oko **13.345 kWh**, a potrebna količina dizel goriva je oko **5.562 l/god**.

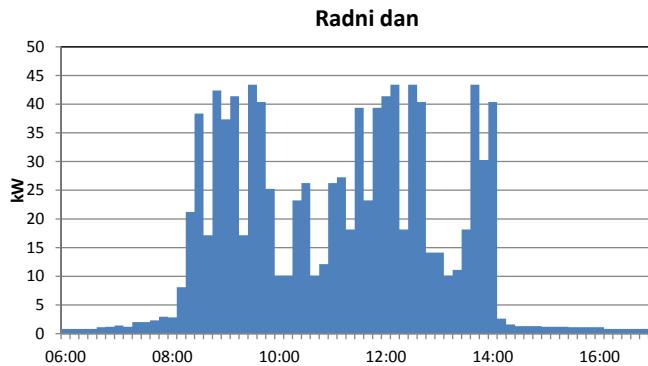


Slika 4-43 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Sinj

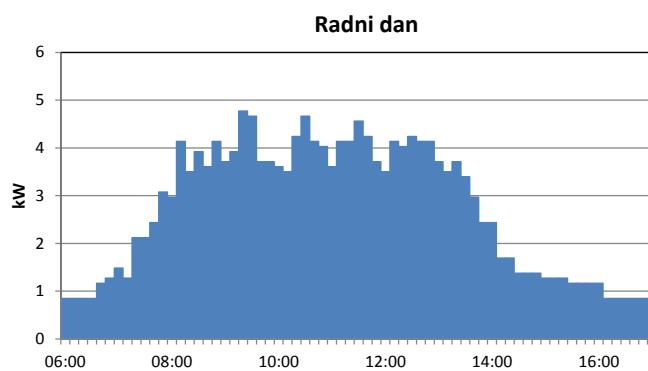
Količina pretovarenog otpada, prema slici 4-43, je približno jednaka tokom cijele godine te prosječno iznosi 1.329 t/mj. Također, isto vrijedi i za potrošnju električne energije, zbog direktnog utjecaja količine otpada na istu.

Prosječna dnevna potrošnja električne energije u varijanti b) kada se napajaju samo opća trošila u PS je oko 37 kWh/dan na razini cijele godine. Razlika potrošnje u varijantama a) i b) predstavlja potrošnju električne energije radnih strojeva koja je procijenjena je na temelju dostavljenih podataka Naručitelja koji su prikazani u poglavlju 4.1.

Na slikama 4-44 i 4-45 prikazan je dnevni profil potrošnje za varijante a) i b), i to za jedan karakteristični radni dan. Tijekom noćnih sati pretpostavljena potrošnja je do 1 kW za obje varijante, dok tokom dana visoki skokovi u angažiranoj snazi predstavljaju pokretanje radnih strojeva (transportera i poluprikolice). U varijanti b) za vrijeme pretovara kada se koristi vaga, uređaj za pranje kotača vozila i klima pretpostavljeno je vršno opterećenje od 4-5 kW. Navedeni profili potrošnje modelirani su u 10 minutnoj rezoluciji te su skalirani za svaki mjesec u godini kako bi ukupna potrošnja odgovarala proračunatim mjesecnim vrijednostima.



Slika 4-44 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta a) - napajanje cjelokupne potrošnje



Slika 4-45 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta b) – napajanje opće potrošnje

Treba napomenuti da su prikazani dijagrami aproksimacije konstruirane na temelju dostavljenih ulaznih podataka koji su raspoloživi u ovoj fazi razrade projekta. Konačno dimenzioniranje sustava potrebno je napraviti u fazi glavnog projekta.

4.7.4 Analiza varijantnih rješenja i odabir osnovnog rješenja napajanja PS

4.7.4.1 Varijanta napajanja 1a) - klasični priključak na elektroenergetsku mrežu - svi potrošači PS napajaju se električnom energijom

S obzirom na zaključke poglavila 4.2.6, a prema dostavljenim podacima o planiranim godišnjim količinama otpada za PS Sinj, procijenjenoj cijeni el. energije u tablici 4-4, te ostalim ulaznim parametrima danim tablicom 4-14, prema kriteriju troškova sustava svedenih na sadašnju vrijednost (NPC) Varijanta 1b) daje nešto povoljnije rezultate od varijante 1a), tj. niži NPC za cca 9% (cca 16.000 €). Međutim, potrebno je napomenuti da se radi o gotovo graničnom slučaju jer je procijenjena količina otpada od cca 16.000 t/god. blizu vrijednosti kod koje se više isplati pogon radnih strojeva na el. energiju. Osim toga treba imati na umu da svaki eventualni budući porast cijene dizel goriva smanjuje ovo razliku te da u slučaju porasta preko 9 kn/L (1.18€/L) isplativija postaje varijanta 1a). Dodatno treba spomenuti i da je operativno jednostavnije pogoniti strojeve na el. energiju jer se izbjegavaju manipulacije gorivom i održavanje dizel motora radnih strojeva.

Dakle, kako je riječ o graničnom slučaju koji prema analizi osjetljivosti pokazuje moguće prednosti varijante 1a), zbog jednostavnosti pogona se preporuča odabir ove varijante. Ovakvo rješenje povoljnije je i gledajući da je pretovarna stanica locirana na rubu radne zone gdje se može očekivati izgradnja industrijskih i poslovnih objekata gdje bi efekt onečišćenja zraka i buke bio primjetan.

Promatrana lokacija za PS Sinj nalazi se unutar obuhvata gospodarske zone Kukuzovac, koja još nije do kraja izgrađena. Unutar same zone planirana je trafostanica 110/10(20) kV te više manjih distribucijskih trafostanica TS 10(20)/0.4 kV. Najблиža izgrađena distribucijska TS 10(20)/0.4 kV udaljena je oko cca 1 km od planirane lokacije PS. Stvarni troškovi polaganja NN priključnog kabela u ovom slučaju proračunati su prema jediničnim cijenama iz tablice 4-3.

U slijedećoj tablici dani su procijenjeni troškovi priključka za potrebnu priključnu snagu od 48 kW.

Tablica 4-50 Troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu – PS Sinj

Stavka	Količina	Ukupno (€)
NN Kabel 0,4 kV	1 km	26.320
Ukupno (€):		26.320

Procijenjeni investicijski troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu iznose oko 26.320 €.

Važno je napomenuti da prema važećem urbanističkom planu gospodarske zone Kukuzovac, najблиža distribucijska trafostanica TS 10(20)/0,4 kV planirana je na udaljenosti od svega cca 0,1 km od lokacije planirane PS Sinj te se u trenutku građenja PS mogu očekivati i znatno niži troška priključka.

Sa strane troškova upravljanja i održavanja u budućnosti mogu se samo izdvojiti troškovi za električnu energiju te troškovi dizel goriva za pogon radnih strojeva. Prema dostavljenim količinama otpada, procijenjenoj potrošnji električne energije, cijenama električne energije (tarifni model NN Crveni, tablica 4-4) i profilima potrošnje proračunati troškovi za električnu energiju na godišnjoj razini prikazani su tablicom 4-51.

Prema modeliranim profilima potrošnje udio više tarife je 91% a niže 9% u ukupnoj potrošnji. Također na temelju simulirane potrošnje dobivena je prosječna mjesечna vršna angažirana snaga iz mreže kroz cijelu godinu od 43,7 kW.

Tablica 4-51 Procjena godišnjih troškova električne energije

Troškovi za el. energiju	%	Iznos	Ukupno (€)
Potrošnja u višoj tarifi (kWh)	72%	44.551 kWh	4.232
Potrošnja u nižoj tarifi (kWh)	28%	4.406 kWh	282
Prosječno angažirana snaga (kW)	12 mjeseci	43,7 kW	3.070
Naknade za mjernu uslugu	12 mjeseci	10 €/mj.	120
Ukupno (€/god)			7.704
Troškovi za električne energije kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu			
Ukupni troškovi za el. energiju svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)			154.383 €

Dakle, ukupni procijenjeni troškovi električne energije iznose oko 7.704 €/god. Uz pretpostavku rasta cijena električne energije od 3% i diskontnu stopu od 5% ukupni troškovi električne energije u periodu od 25 godina svedeni na prvu godinu iznose 154.383 €.

U procijenjenim troškovima za električnu energiju značajan udio imaju troškovi za angažiranu snagu. Isto je posljedica profila potrošnje i povremenog angažiranja radnih strojeva visoke snage za relativno kratke periode. Troškovi angažirane snage čine cca 40% troškova za električnu energiju.

4.7.4.2 Varijanta 2a) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom - svi potrošači PS napajaju se električnom energijom

Varijanta napajanja 2a) je nadopunjena varijanta 1a) u kojoj se uz priključak na mrežu ugrađuje dodatno i FN sustav. Troškovi priključka na električnu mrežu identični su kao i u varijanti 1a).

Veličina fotonaponskog sustava se dimenzionira s obzirom na očekivanu godišnju potrošnju i priključnu snagu potrošača. Okvirna procjena proizvodnje za ovu lokaciju iznosi oko 1280 kWh/kW. Preporučena veličina FN sustava za PS Sinj dimenzionira se s obzirom na kriterij okvirnog podudaranja godišnje proizvodnje i potrošnje, što bi prema procijenjenoj godišnjoj potrošnji električne energije koja za PS Sinj iznosi 48.957 kWh, odgovaralo FN sustavu od 40 kWp s proizvodnjom od oko 50.819 kWh. No, imajući u vidu da operator distribucijskog sustava za FN sustave sa priključnom snagom većom od 30 kW propisuje posebne provjere i izradu dodatnih elaborata utjecaja na mrežu što značajno povećava fiksne troškove odabran je FN sustav od 30 kWp s proizvodnjom od oko 38.114 kWh. Ovo rješenje povoljno je i zbog ograničenog prostora za smještaj FN modula, te dodatno zbog još većeg udjela direktno korištene električne energije unutar PS. Ukoliko dođe do porasta pretovarene količine otpada potrošnja će i prije nadvisiti proizvodnju te će se povećati udio direktno korištene proizvedene energije i konačno isplativost projekta.

U sljedećoj tablici, na osnovu simulacije u programskom paketu HOMER, dana je osnovna bilanca potrošnje i proizvodnje uz instaliranje FN sustava 30 kWp u paralelnom radu s mrežom.

Tablica 4-52 Bilanca proizvodnje i potrošnje

Bilanca proizvodnje i potrošnje		
	%	kWh
Proizvodnja	100%	38.114
Direktno korišteno	55%	20.851
Isporučeno u mrežu	45%	17.263
Potrošnja	100%	48.957
Kupljeno iz mreže	57%	27.970
Vlastita proizvodnja	43%	20.851

Investicijski i operativni troškovi

Investicijski i operativni troškovi dani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-53 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije

INVESTICIJSKI TROŠKOVI PRIKLJUČKA NA MREŽU		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Priključak na mrežu	26.320 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-50.

INVESTICIJSKI TROŠKOVI FN SUSTAVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
FN sustav	37.200 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7.

OPERATIVNI TROŠKOVI FN SUSTAVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Troškovi održavanja i osiguranja	372 €/1.god	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7 na osnovu instalirane snage FN sustava. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene pretvarača na polovici životnog vijeka	2.400 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7 na osnovu instalirane snage FN sustava.

Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava

Pod pojmom prihoda smatra se dobit od prodaje proizvedene električne energije direktno u mrežu, kao i umanjenje računa za električnu energiju zbog dijela proizvodnje iskorištene direktno u sustavu.

Procjena prihoda dana je u slijedećoj tablici.

Tablica 4-54 Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava

UŠTEDA ZBOG DIREKTNO KORIŠTENE PROIZVEDENE EL. ENERGIJE		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Vrijednost direktno korištene energije iz FNE	0,093 €/kWh	Veliki dio proizvodnje događa za vrijeme više tarife i iznosi oko 95% proizvodnje, a tek 5% za vrijeme niže tarife. Prikazani iznos je ponderirana aritmetička sredina cijena više i niže tarife.
Iznos direktno korištene el. energije	20.851 kWh	Proračunata vrijednost za instaliranu snagu FN sustava od 30 kWp, prema tablici 4-52. Navedena vrijednost u najvećojmjeri ovisi o prepostavljenom profilu potrošnje PS.
Ušteda zbog direktno iskorištene proizvedene el. energije	1.948 € / 1. god.	Ušteda za iduće godine uskladjuje se s obzirom na degradaciju FN modula i stopu rasta cijene el. energije od 3%

PRIHOD OD PREDANE EL. ENERGIJE U MREŽU		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Otkupna cijena el. energije predane u mrežu	0,033 €/kWh	Iznos preuzet prema tablici 4-4 (0,25 kn/kWh).
Iznos predane el. energije	17.263 kWh	Proračunata vrijednost za instaliranu snagu FN sustava od 30 kWp, prema tablici 4-52. Navedena vrijednost u najvećojmjeri ovisi o prepostavljenom profilu potrošnje PS.
Prihod od predane el. energije u mrežu	568 € / 1. god.	Prihod za iduće godine uskladjuje se s obzirom na degradaciju FN modula i stopu rasta cijene el. energije od 3%

UKUPNO POVEĆANJE PRIHODA ZBOG INSTALACIJE FN SUSTAVA		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Ukupni prihodi	2.516 €/god	Zbroj uštede zbog direktno iskorištene proizvedene el. energije i prihoda od predane el. energije u mrežu (gornji dio tablice)

Utjecaj rada FN sustava na umanjenje efektivnih troškova el. energije

Temeljem procijenjenih prihoda zbog proizvodnje električne energije iz FN sustava računa se efekt umanjenja ukupnih troškova električne energije, tj. procjena efektivnih troškova el. energije uz rad FN sustava.

Tablica 4-55 Efektivni godišnji troškovi el. energije uz rad FN sustava

Smanjenje računa za električnu energiju	
1. Procijenjeni troškovi za el. energiju bez FNE	7.704 €
2. Procijenjeni troškovi održavanja sustava FNE	372 €
3. Procijenjene uštede i prihodi izgradnjom FNE	2.516 €
Efektivni troškovi el. energije PS: (1) + (2) - (3)	5.560 €
Operativni troškovi za električne energije kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	
Ukupni troškovi za električnu energiju svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)	112.826 €

Ugradnja FN sustava snage 30 kWp zadovoljilo bi se 43% vlastitih potreba za električnom energijom te bi se smanjili troškovi za električnu energiju za oko 27,8%, tj. sa 7.704 €/god na 5.560 €/god, što rezultira uštedom od 2.144 €/god.

Uz pretpostavku rasta cijena električne energije od 3% i diskontnu stopu od 5% ukupni troškovi električne energije svedeni na početnu godinu iznose 112.826 €. U navedene troškove uključena je i jednokratna zamjena pretvarača u 12 godini.

4.7.4.3 Varijanta napajanja 3) - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom

U ovoj varijanti razmatrano je napajanje električnom energijom samo manjih trošila unutar PS, a radni strojevi su pogonjeni direktno na dizel gorivo. Za predmetnu lokaciju, u skladu sa ulaznim podacima sustava i definiranom karakterističnom potrošnjom, dobiveno je optimalno tehnosko-ekonomsko rješenje prema slijedećoj slici.

Architecture						Gen7		System
PV (kW)	Gen7 (kW)	A600_1695	Converter (kW)	Fuel (L)	Hours	Ren. Frac (%)		
15,0	7	24	6	517	223	88		
16,0	7	24	6	464	200	90		
13,0	7	24	6	699	301	84		
14,0	7	24	6	631	272	86		
11,0	7	24	6	860	370	81		
17,0	7	24	6	437	188	90		
18,0	7	24	6	390	168	91		
10,0	7	24	6	1.014	436	77		
19,0	7	24	6	364	157	92		
20,0	7	24	6	343	148	92		
9,0	7	24	6	1.275	547	71		
8,0	7	24	6	1.538	659	65		
16,0	7	48	6	257	110	94		
15,0	7	48	6	337	144	92		
14,0	7	48	6	414	178	91		

Slika 4-46 Prikaz proračuna optimalnog rješenja sustava - programski paket HOMER Pro

Tablica 4-56 Optimalna veličina komponenti sustava

Komponenta	Veličina
FN moduli	15 kWp
Pretvarač	6 kW
Baterije (1695 Ah, 2 V)	24
Dizel generator	7 kW

Investicijski i operativni troškovi otočnog sustava i pogona radnih strojeva

Investicijski i operativni troškovi dani su tablicom 4-57. Operativni troškovi pogona radnih strojeva na dizel gorivo ostaju nepromijenjeni u odnosu na prethodne varijante.

Tablica 4-57 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije

INVESTICIJSKI TROŠKOVI OTOČNOG SUSTAVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
FN sustav, baterije i ostali troškovi	52.160 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-11, u skladu s opremom navedenom u tablici 4-56.
OPERATIVNI TROŠKOVI		
OTOČNI SUSTAV		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Količina dizel goriva za generator za 1. godinu	517 L/1.god	Godišnja potreba goriva za rada dizel generatora prema proračunu u programskom paketu HOMER, prema slici 4-46.
Troškovi dizel goriva generatora	544 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
Troškovi održavanja i osiguranja	522 €/1.god	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-11 na osnovu instalirane snage FN modula i kapaciteta baterija. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene pretvarača na polovici životnog vijeka	4.850 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-12 na osnovu instalirane snage FN modula.
Troškovi zamjene baterija u 8. i 16. godini	11.700 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-12 na osnovu kapaciteta baterija.
RADNI STROJEVI		
Količina dizel goriva za radne strojeve za 1. godinu	5.562 L/1.god	Godišnja potreba goriva za pogon radnih strojeva procijenjena je prema poglavlju 4.7.3.
Troškovi dizel goriva radnih strojeva	5.857 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
REKAPITULACIJA OPERATIVNIH TROŠKOVA		
Procijenjeni operativni troškovi za otočni sustav	522 €/1.god	Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Procijenjeni operativni troškovi dizel goriva za radne strojeve i dizel generator	6.041 €/1. god.	Zbroj stavki troškova za dizel gorivo na nivou cijele pretvarne stanice. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene 2 seta baterija i jedne zamjenu pretvarača	16.550 €	Zbroj jednokratnih troškova zamjene pretvarača i baterija svedeni na sadašnju vrijednost.
UKUPNI OPERATIVNI TROŠKOVI SVEDENI NA PRVU GODINU		
Ukupni operativni troškovi kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	19.494 €	Uračunata stopa inflacije od 2% i diskontna stopa 5%
Ukupni troškovi dizel goriva kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	115.496 €	Uračunata stopa inflacije od 2% i diskontna stopa 5%.

4.7.5 Odabir optimalne varijante

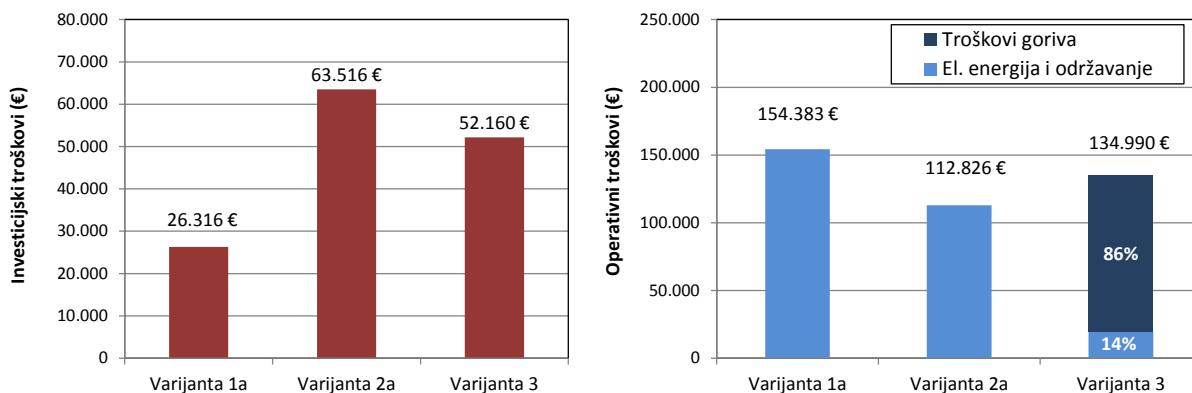
U slijedećoj tablici dana je rekapitulacija rezultata razmatranih varijanti te su dani ukupni troškovi sustava svedeni na sadašnju vrijednost (NPC) što je osnovni kriterij za odabir.

Ukupni troškovi sustava (NPC) u životnom vijeku od 25 godina, sračunati su kao zbroj početnih troškova investicije u prvoj godini i svih troškova održavanja (osnovnih, jednokratnih i goriva) uzimajući u obzir inflaciju po stopi od 2% i rast cijene el. energije od 3% te svedenih na prvu godinu sa diskontnom stopom od 5%. Navedeni proračun ukupnih troškova investicije i održavanja se koristi samo za potrebe usporedbe promatranih varijanti te odabira one koja će u konačnici imati najmanji trošak za investitora.

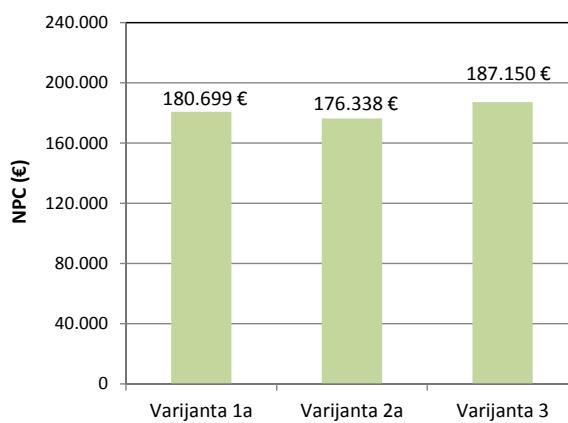
Tablica 4-58 Sumarni prikaz investicijskih i operativnih troškova po varijantama

Varijanta	Investicijski troškovi (€)			Operativni troškovi (€)				Ukupno NPC (€)	
	Priključak na mrežu (€)	Vlastiti sustav (€)	Ukupno (€)	Osnovni troškovi (€/god)	Troškovi goriva (€/god)	Jednokratni troškovi (€)	Ukupno 25 god (disk. 5%)		
							Osnovni troškovi (€)	Gorivo (€)	
Varijanta 1a	26.316	-	26.316	7.704	-	-	154.383	-	180.699
Varijanta 2a	26.316	37.200	63.516	5.560	-	2.400	112.822	-	176.338
Varijanta 3	-	52.160	52.160	522	6.401	16.550	19.494	115.496	187.150

Na slijedećim slikama grafički su prikazani investicijski i operativni troškovi te ukupna NPC pojedine varijante.



Slika 4-47 Investicijski troškovi operativni troškovi diskontirani na nultu godinu



Slika 4-48 Neto sadašnji trošak NPC za promatrane varijante

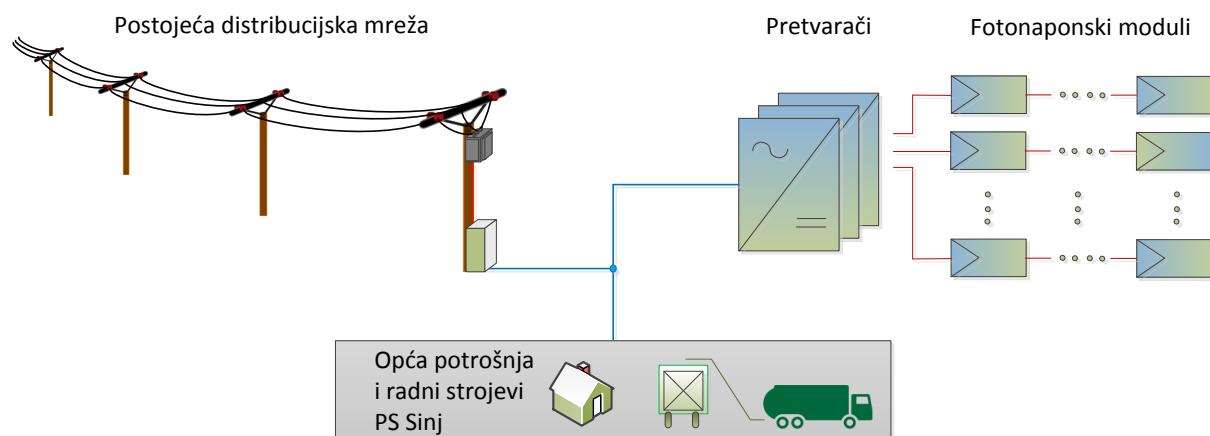
Prema prethodno prikazanim rezultatima preporuča se izvedba sustava napajanja prema varijanti 2a). Ukupna investicijska vrijednost za ovu varijantu iznosi cca 63.516 €. Ukupni operativni troškovi u 25 godina diskontirani na prvu godinu iznose 112.826 €. Dakle, sadašnji NPC trošak sustava iznosi 176.338 € što je oko 2% manje u odnosu na varijantu 1a) te 11% u odnosu na varijantu 3.

4.7.6 Analiza rada sustava za predloženu varijantu

Za FN sustav PS Sinj odabirom varijante 2a) predviđeni su slijedeći elementi sustava:

- FN sustav priključen na elektroenergetsku mrežu,
- FN moduli ukupne instalirane snage 30 kWp,
- pretvarač (inverter) instalirane snage 30 kW.

Načelna shema sustava prikazana je slijedećom slikom.

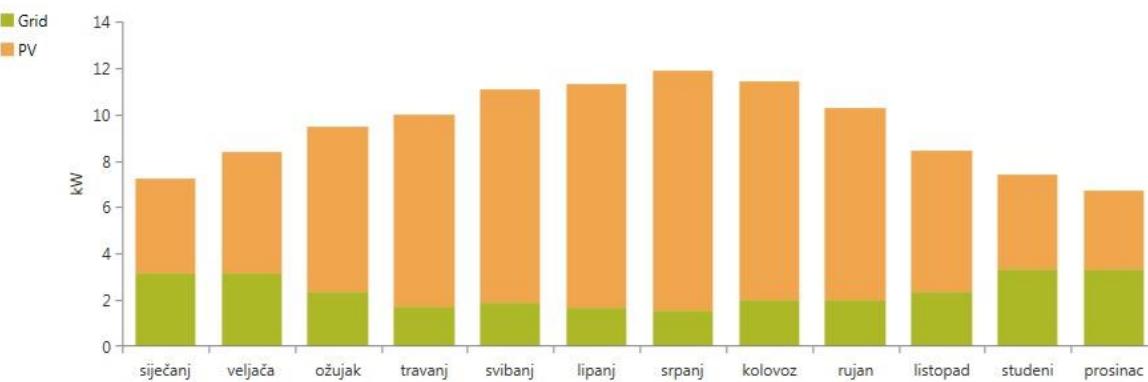


Slika 4-49 Načelna shema sustava napajanja PS Sinj

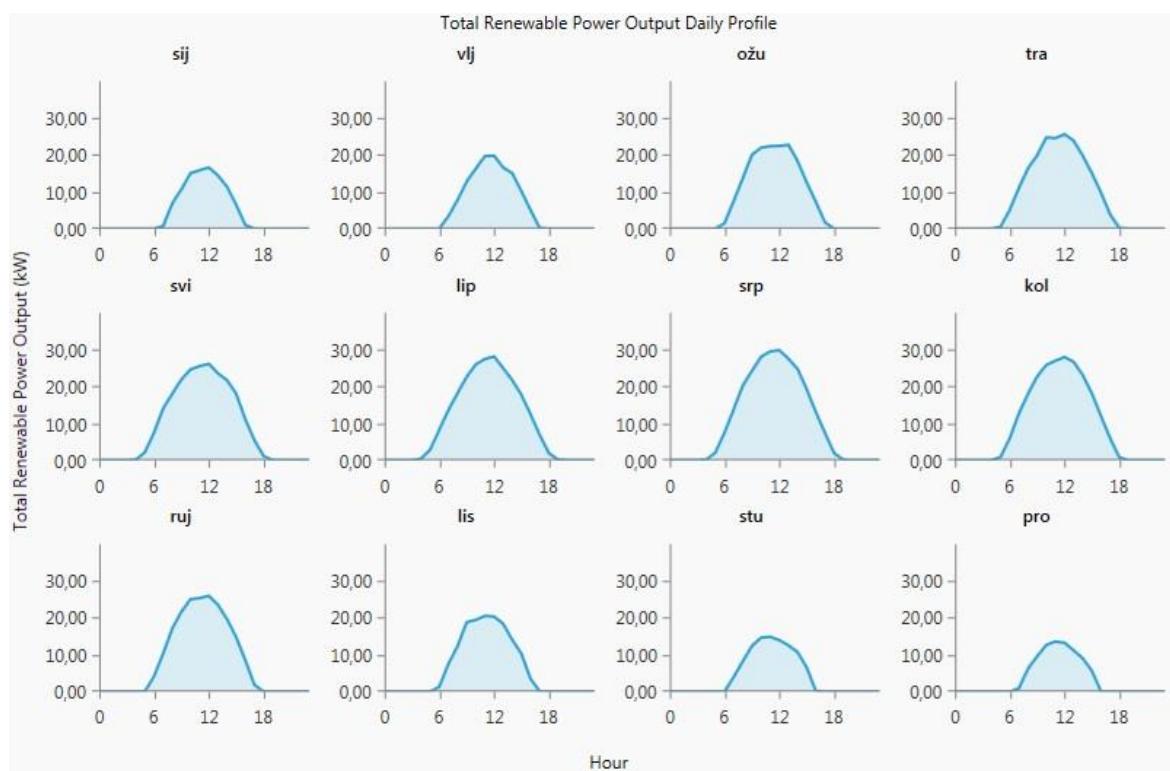
Simulacijom u programskom paketu HOMER dobiveni su podaci o radu FN sustava.

Po pitanju nagiba FN modula najbolje rezultate prema NPC kriteriju daje slučaj sa nagibom 20°.

Na slici 4-50 dani je prikaz udjela FN sustava u prosječnoj dnevnoj angažirane snazi PS Sinj za svaki mjesec, a na slici 4-51 dan je prikaz prosječnog mjesečnog profila snage FN sustava.



Slika 4-50 Prosječne dnevne angažirane snage i udio FN sustava – HOMER



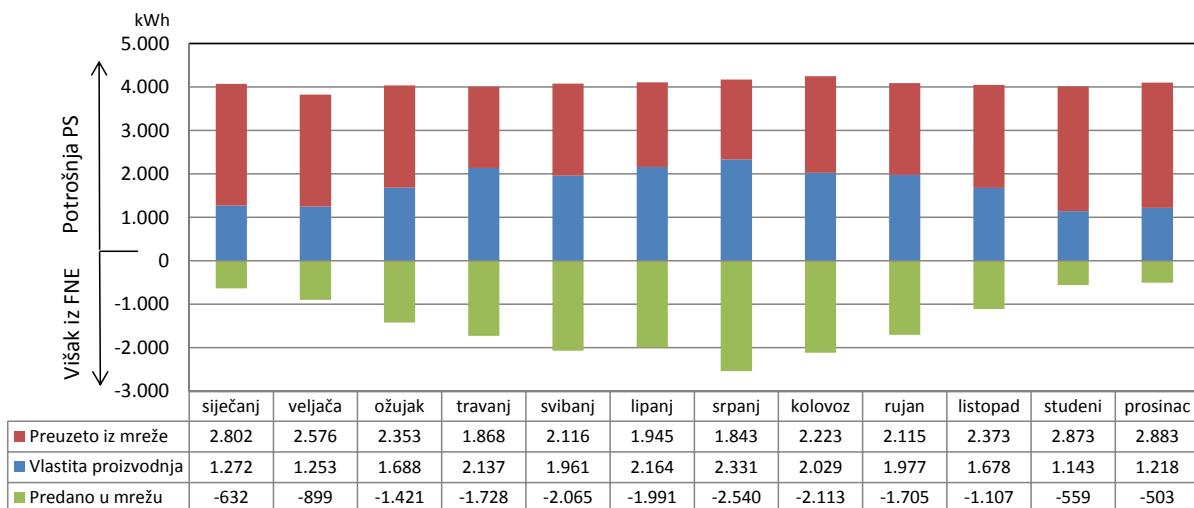
Slika 4-51 Prosječni dnevni profili snage iz FNE - HOMER

FN moduli su planirani s nagibom 20° i azimutom 0° te je potrebno gubitke zbog međusobnog zasjenjenja redova fotonaponskih nizova svesti na najmanju moguću mjeru. Najniža podnevna visina sunca na lokaciji je 22.XII i iznosi 23° tako da su odabrane zaštitne zone konstruirane prema kutu zasjenjenja od 23° . U skladu s navedenim međusobni razmaci između redova modula iznosit će minimalno 0,8 m.

Treba naglasiti da se radi o FN sustavu za pretežito vlastitu potrošnju tako da proizvodnja FN sustava ne odgovara u potpunosti općoj potrošnji PS, a mogući su slijedeći scenariji:

- Proizvodnja FN sustava je veća od opće potrošnje. Višak proizvodnje se predaje u mrežu.
- Proizvodnja FN sustava je manja od opće potrošnje. Manjak u proizvodnji se preuzima iz distribucijske mreže.

Uvažavajući prethodno navedeno, napravljen je proračun proizvodnje FNE za simulirani profil potrošnje po mjesecima bez velikih radnih strojeva, odnosno za opću potrošnju. Potrošnja el. energije PS Sinj dijelom se pokriva vlastitom proizvodnjom iz FNE a dio se preuzima iz mreže. Na slijedećoj slici prikazana je potrošnja el. energije PS Sinj te predani višak el. energije proizveden iz FNE.



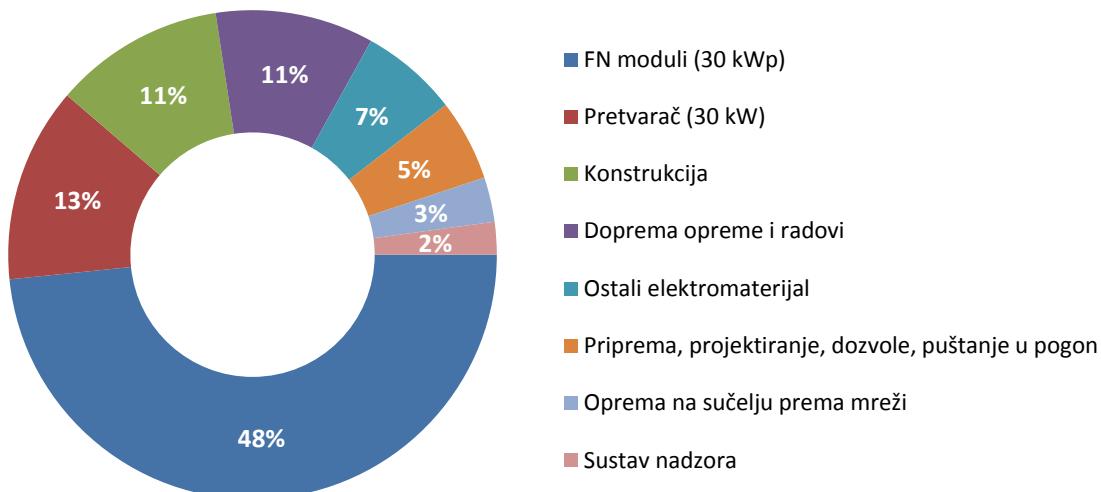
Slika 4-52 Potrošnja PS Sinj i višak predan u mrežu

4.7.7 Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova

Pregled osnovnih komponenti sustava i investicijski troškovi prikazani su u sljedećoj tablici za odabranu varijantu.

Tablica 4-59 Investicijski troškovi - Varijanta 2b)

Varijabilni troškovi - FN Sustav (30 kWp)	€/kWp	Ukupno [€]
FN moduli (30 kWp)	600	18.000
Konstrukcija	140	4.200
Ostali el. materijal	80	2.400
Radovi	90	2.700
Pretvarač (30 kW)	160	4.800
Nepredviđeni troškovi	40	1.200
Fiksni troškovi	€	
Sustav nadzora	800	
Oprema na sučelju prema mreži	1.100	
Pripreme, projektiranje, dozvole, puštanje u pogon	2.000	
Ukupno investicijski troškovi troškovi	€	
Ukupno	37.200	



Slika 4-53 Udio troškova u ukupnoj investiciji

4.7.8 Procjena troškova upravljanja i održavanja

Procijenjeni troškovi održavanja za prvu godinu rada dani su u slijedećoj tablici.

Tablica 4-60 Procijenjeni troškovi održavanja

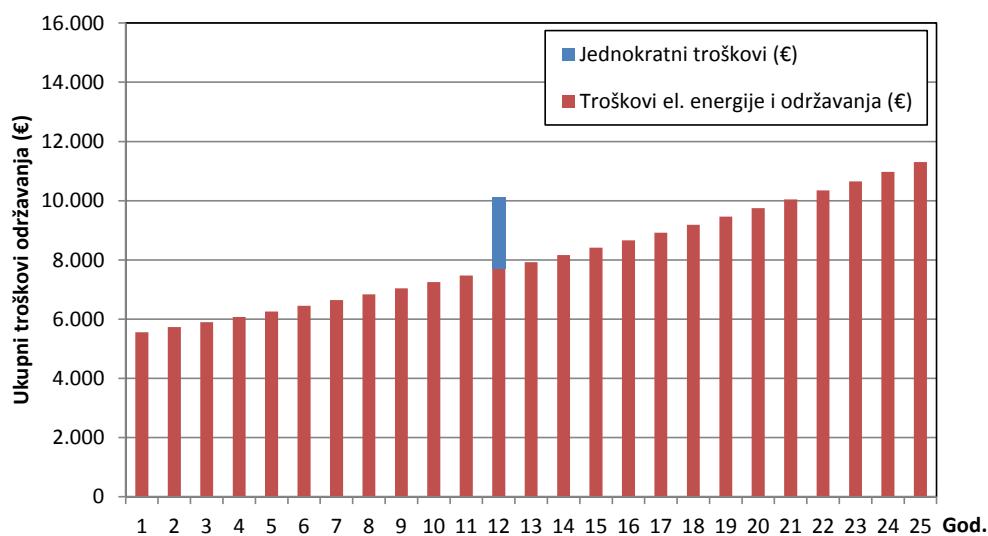
Troškovi rada FN elektrane (1. godina) - OPEX		
Redovito održavanje i upravljanje (% od investicije)	0,5%	186 €
Osiguranje (% od investicije)	0,5%	186 €
Ukupni troškovi rada 1. godina		372 €
Jednokratni budući troškovi (trošak zamjene pretvarača)		
Termin zamjene pretvarača (godina nakon izgradnje)	12 god.	
Trošak zamjene pretvarača (% od početne cijene pretvarača)	50%	2.400 €

S obzirom da je životni vijek elektrane 25 god u tablici 4-61 dani su troškovi po godinama te diskontirani troškovi sa stopom od 5%. Rast cijene el. energije prepostavljen je po stopi od 3%.

Tablica 4-61 Prikaz procijenjenih troškova el. energije i održavanja po godinama rada

Godina	Nediskontirano			Diskontirano (5%)	
	Osnovni troškovi (€)	Jednokratni troškovi (€)	Ukupno (€)	Ukupno troškovi (€)	Kumulativno (€)
1	5.560	0	5.560	5.560	5.560
2	5.727	0	5.727	5.454	11.014
3	5.899	0	5.899	5.350	16.365
4	6.076	0	6.076	5.248	21.613
5	6.258	0	6.258	5.149	26.762
6	6.446	0	6.446	5.050	31.812
7	6.639	0	6.639	4.954	36.767
8	6.838	0	6.838	4.860	41.626
9	7.043	0	7.043	4.767	46.394
10	7.255	0	7.255	4.677	51.070
11	7.472	0	7.472	4.587	55.658
12	7.697	2.400	10.097	5.903	61.561
13	7.928	0	7.928	4.414	65.975
14	8.165	0	8.165	4.330	70.306
15	8.410	0	8.410	4.248	74.553
16	8.663	0	8.663	4.167	78.720
17	8.922	0	8.922	4.087	82.808
18	9.190	0	9.190	4.010	86.817
19	9.466	0	9.466	3.933	90.751
20	9.750	0	9.750	3.858	94.609
21	10.042	0	10.042	3.785	98.394
22	10.344	0	10.344	3.713	102.107
23	10.654	0	10.654	3.642	105.749
24	10.974	0	10.974	3.573	109.321
25	11.303	0	11.303	3.505	112.826

Na slijedećoj slici grafički su prikazani nediskontirani osnovni troškovi el. energije i održavanja te jednokratni trošak zamjene pretvarača.



Slika 4-54 Ukupni troškovi održavanja – nediskontirano

4.7.9 Zaključak

Za PS Sinj, temeljem kriterija najnižeg sadašnjeg troška sustava (NPC), predlaže se izvedba napajanja prema varijanti 2a) koja podrazumijeva priključak na mrežu za sve potrošače PS Sinj (opći potrošači i radni strojevi) i FN sustav instalirane snage 30 kWp. Ova varijanta na promatranom vremenskom periodu od 25 godina ima najmanje troškove, a u usporedbi s varijantom 3) trošak predložene varijante je niži zbog visokog troška dizel goriva u slučaju da se za pogon radnih strojeva koristi dizel agregat. Prema odabranoj varijanti, konfiguracija sustava dana je slijedećom tablicom.

Tablica 4-62 Konfiguracija sustava za PS Sinj

Konfiguracija sustava PS Hvar	
Priključna snaga PS na distribucijsku mrežu	48 kW
Priključna snaga FNE	30 kW
Potrošnja el. energije PS Sinj bez instalirane FNE	48.957 kWh/1.god.
Proizvodnja FNE	38.114 kWh/1.god.
Potrošnja el. energije PS Sinj s instaliranom FNE	27.970 kWh/1.god.
Predano u mrežu (višak u proizvodnji FNE)	17.263 kWh/1.god.

Ukupni investicijski troškovi izgradnje FNE prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-63 Investicijski troškovi izgradnje FNE instalirane snage 30 kWp

Investicijski troškovi FN sustava 30 kW	€
Ukupno:	37.200
Investicijski troškovi priključka PS Sinj na mrežu	€
Ukupno:	8.544
Ukupno investicijski troškovi	€
Ukupno:	45.744

Ukupni operativni troškovi, koji podrazumijevaju trošak el. energije i održavanje za FN sustav te budući jednokratni troškovi zamjene pretvarača u 12. godini, prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-64 Operativni troškovi FNE

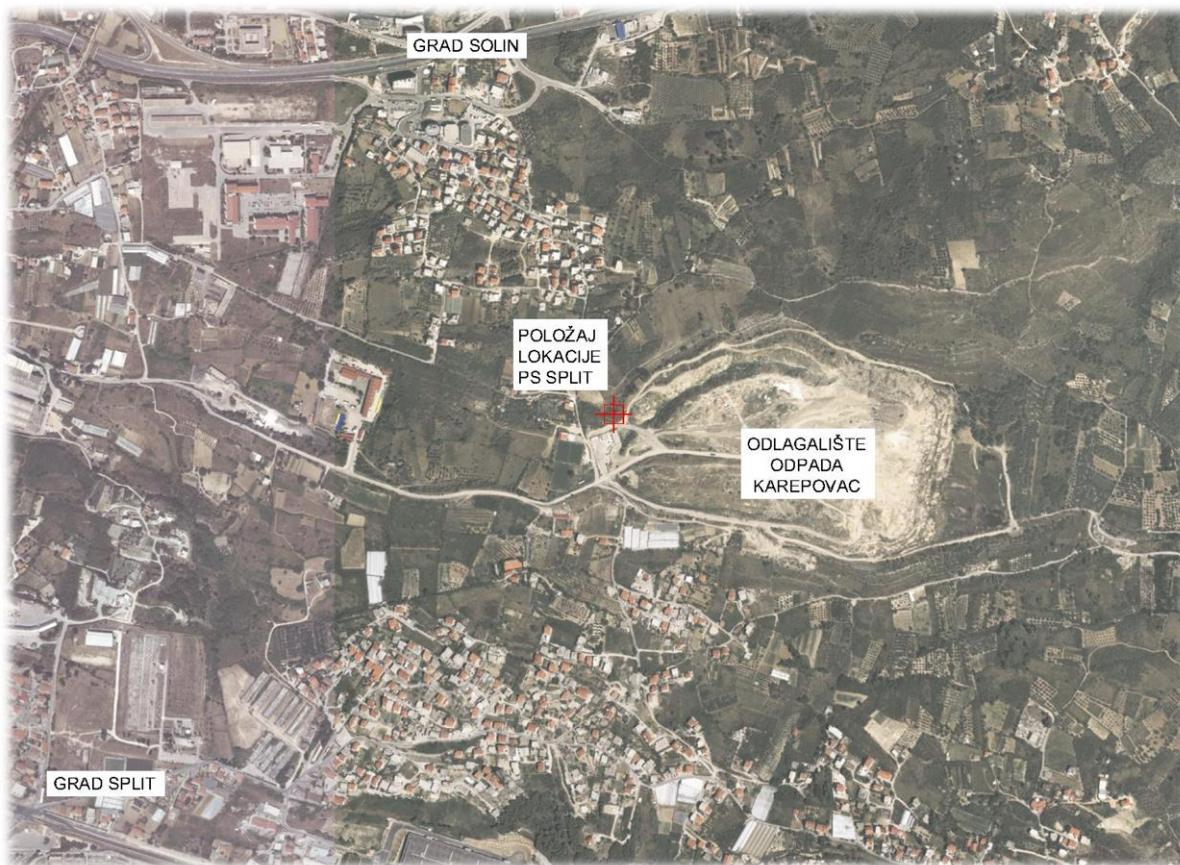
Operativni troškovi	€/god
Održavanje i osiguranje FN sustava	372
Efektivna potrošnja el. energije PS	5.188
Ukupno (prva godina):	5.560
Budući jednokratni troškovi	€
Zamjena pretvarača (invertera) u 12. godini	2.400

4.8 Planiranje FN sustava za PS Split

4.8.1 Lokacija PS Split

Pretovarna stanica Split planira se na području Grada Splita, na zapadnoj granici s Gradom Solinom. Lokacija se nalazi u neposrednoj blizini odlagališta otpada Karepovac. Sama lokacija je opremljena sa svim infrastrukturnim instalacijama, no bez visokih objekata koji bi imali utjecaj na iskoristivost sunčevog zračenja.

Situacija PS Split na ortofoto podlozi dana je na slijedećoj slici.



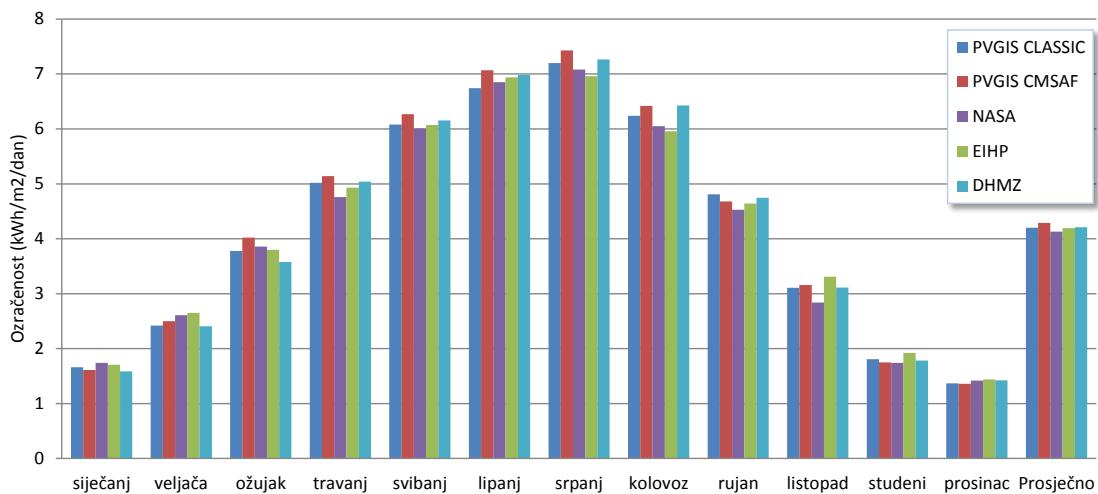
Slika 4-55 Položaj lokacije PS Split na ortofoto podlozi

4.8.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčevi dijagrami

Javno dostupni podaci Sunčeva zračenja koji se mogu koristiti za lokaciju PS Split su:

- PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) s dvije baze podataka (PVGIS –Classic i Climate SAF PVGIS),
- NASA (Surface Meteorology and Solar Energy),
- EIHP (Sunčev zračenje na području Republike Hrvatske, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, ožujak 2007.),
- DHMZ (Državni hidrometeorološki zavod) – dugoročni mjereni podaci zračenja na lokaciji Split.

Mjesečni prosjeci srednje dnevne globalne ozračenosti horizontalne plohe prikazani su na slijedećoj slici.



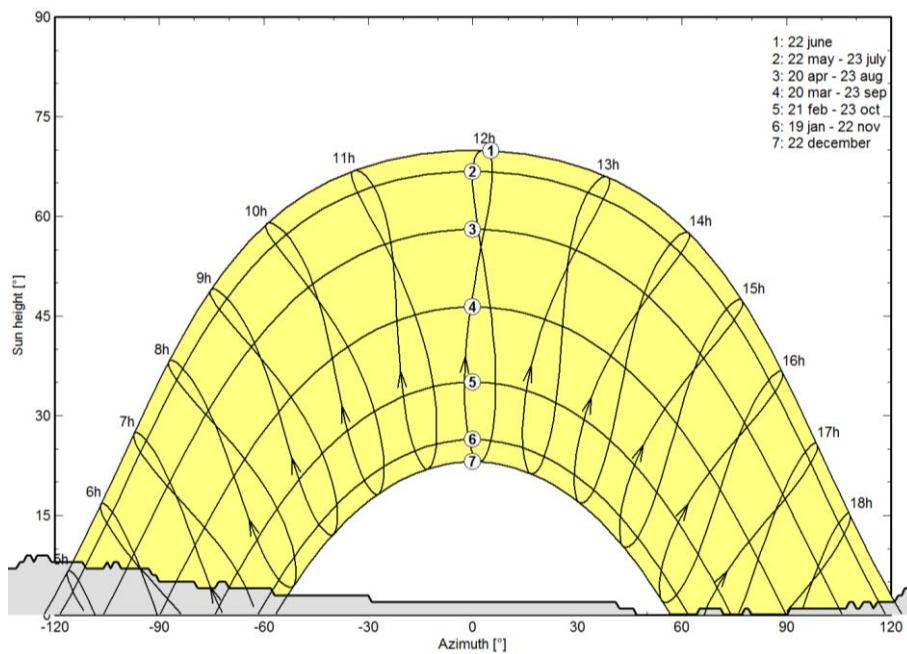
Slika 4-56 Usporedba horizontalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora

Mjesečni prosjeci dnevnih vrijednosti srednjih temperatura, difuzne ozračenosti te globalne ozračenosti horizontalne plohe, preuzeti su iz DHMZ izvora iz razloga što su podaci dobiveni mjerjenjima na neposrednoj blizini promatrane lokacije te su stoga najprikladniji za proračune proizvodnje FN sustava. Korišteni podaci su prikazani u slijedećoj tablici.

Tablica 4-65 Mjesečni procjeni temperature i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji PS Split

Mjesec	Prosječna dnevna temperatura zraka [°C]	Prosječna dnevna ozračenost horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]	Prosječna difuzna dnevna ozračenost horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]
siječanj	6.1	1.59	0.63
veljača	6.5	2.41	0.91
ožujak	9.9	3.58	1.27
travanj	13.6	5.04	1.60
svibanj	18.1	6.15	1.90
lipanj	22.2	6.99	1.88
srpanj	25.2	7.26	1.50
kolovoz	25.0	6.43	1.34
rujan	20.0	4.75	1.29
listopad	15.6	3.11	0.94
studeni	11.5	1.78	0.71
prosinac	7.4	1.42	0.57
prosjek	15.1	4.21	1.21

Na slijedećoj slici prikazan je utjecaj reljefa na trajanje sunčanog dana, iz koje je vidljivo da reljef nema značajan utjecaja na proizvodnju sustava osim ujutro neposredno nakon izlaska sunca.



Slika 4-57 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagrameom na lokaciji PS Split

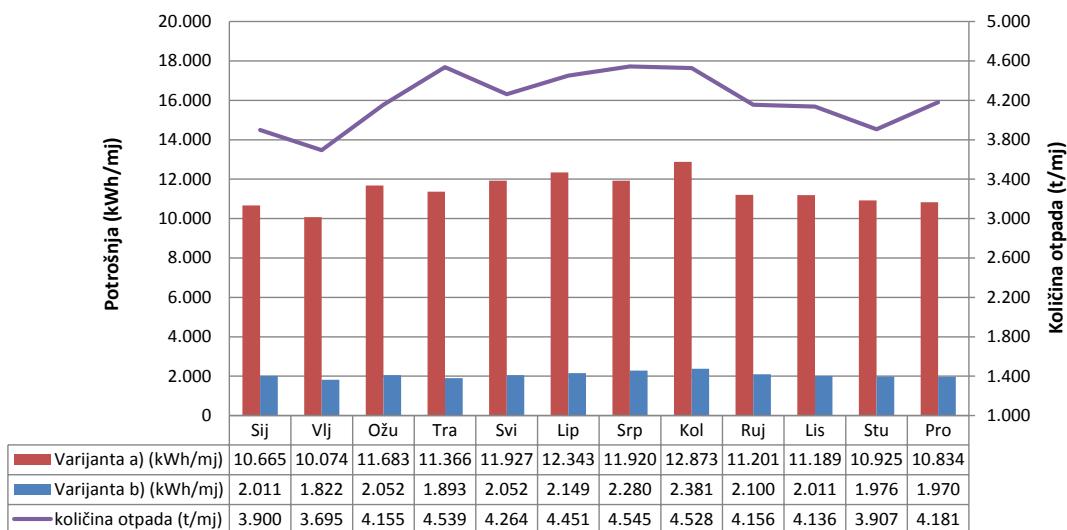
4.8.3 Analiza raspoloživih podataka o potrošnji električne energije

Budući da je pretovarna stanica u fazi planiranja potrebno je procijeniti mjesecnu potrošnju električne energije i dnevne profile potrošnje na temelju dostavljenih podataka o planiranim pretovorenim količinama otpada te planiranim trošilima unutar PS.

U varijanti kada se radni strojevi pogone direktno na dizel gorivo, prema dostavljenim podacima potrebno je, prema poglavlju 4.1, ukupno oko 5,82 litra za pogon svih strojeva tokom jednog punjenja poluprikolice od 20t otpada. Budući da je planirana količina otpada za pretovar na PS Split iznosi **50.457 t/god**, prema prethodno spomenutoj količini potrebnog goriva za 20t otpada, potrebna količina goriva se može se procijeniti na 14.663 l/god. U praksi tijekom hladnjih mjeseci i u slučaju rada strojeva sa većim brojem pokretanja za pretovar manje količine otpada može se povećati ukupna potrošnja goriva. Stoga će se proračunata vrijednost uvećati za korekcijski faktor od 1,2 te se procjenjuje potrošnja goriva na iznos od 17.595 l/god.

Ukupna dostavljena godišnja količina otpada za pretovar prikazana je na slici 4-58 po mjesecima. Na temelju ulaznih podataka procijenjena je potrošnja električne energije za dvije varijante:

- Varijanta a) – cijelokupna potrošnja PS napaja se električnom energijom, bilo iz mreže ili sustava napajanja u otočnom pogonu. Procijenjena godišnja potrošnja električne energije je oko **137.000 kWh**.
- Varijanta b) – električnom energijom napaja se samo opća potrošnja, radni strojevi rade na dizel gorivo. Ukupna godišnja potrošnja električne energije je oko **24.699 kWh**, a potrebna količina dizel goriva je oko **17.595 l/god**.

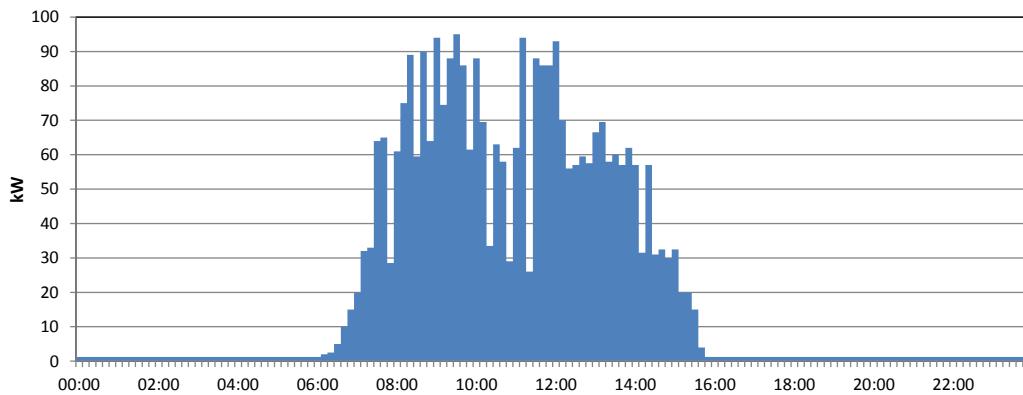


Slika 4-58 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Split

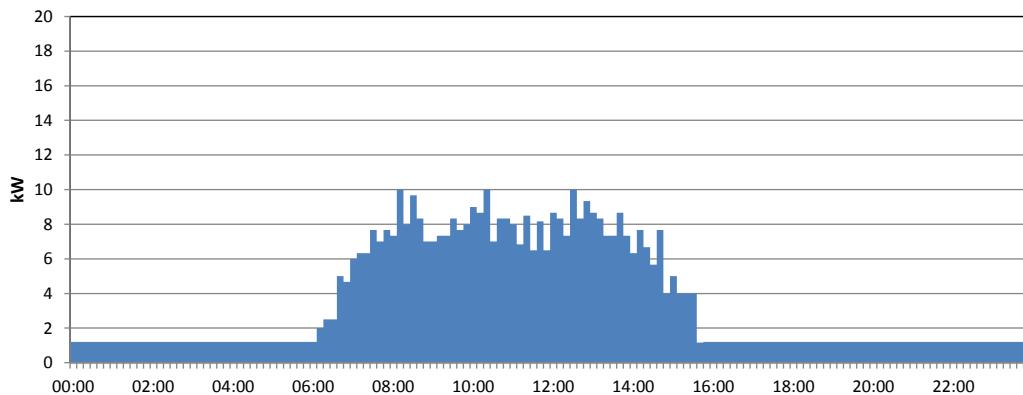
Količina pretovarenog otpada, prema slici 4-58, je približno jednaka tokom cijele godine te prosječno iznosi 4.205 t/mj. Također, isto vrijedi i za potrošnju električne energije, zbog direktnog utjecaja količine otpada na istu.

Prosječna dnevna potrošnja električne energije u varijanti b) kada se napajaju samo opća trošila u PS je oko 67 kWh/dan na razini cijele godine. Razlika potrošnje u varijantama a) i b) predstavlja potrošnju električne energije radnih strojeva koja je procijenjena je na temelju dostavljenih podataka Naručitelja koji su prikazani u poglavljju 4.1. Zbog velikih količina otpada vidljivo je značajna razlika u potrošnji između varijanti a) i b) koja odgovara potrošnji radnih strojeva.

Na slikama 4-59 i 4-60 prikazan je dnevni profil potrošnje za varijante a) i b), i to za jedan karakteristični radni dan. Tijekom noćnih sati pretpostavljena potrošnja je do 1,2 kW za obje varijante, dok tokom dana visoki skokovi u angažiranoj snazi predstavljaju pokretanje radnih strojeva (transportera i poluprikolice). Zbog velikih količina otpada planirane su dvije poluprikolice i trakasta transportera tako da je vršna snaga u vremenu kada su istovremeno u pogonu po dva radna stroja do 96 kW. U varijanti b) za vrijeme pretovara kada se koristi vaga, uređaj za pranje kotača vozila i klima pretpostavljeno je vršno opterećenje od 10 kW. Navedeni profili potrošnje modelirani su u 10 minutnoj rezoluciji te su skalirani za svaki mjesec u godini kako bi ukupna potrošnja odgovarala proračunatim mjesecnim vrijednostima.



Slika 4-59 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta a) - napajanje cjelokupne potrošnje



Slika 4-60 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta b) – napajanje opće potrošnje

Treba napomenuti da su prikazani dijagrami aproksimacije konstruirane na temelju dostavljenih ulaznih podataka koji su raspoloživi u ovoj fazi razrade projekta. Konačno dimenzioniranje sustava potrebno je napraviti u fazi glavnog projekta.

4.8.4 Analiza varijantnih rješenja i odabir osnovnog rješenja napajanja PS

4.8.4.1 Varijanta napajanja 1a) - klasični priključak na elektroenergetsku mrežu - svi potrošači PS napajaju se električnom energijom

S obzirom na zaključke poglavlja 4.2.6, a prema dostavljenim podacima o planiranim godišnjim količinama otpada za PS Split te visokih troškova pogona radnih strojeva na dizel gorivo, odabrana je Varijanta a) koja podrazumijeva napajanje cjelokupne potrošnje PS električnom energijom.

Promatrana lokacija za PS Split nalazi se unutar obuhvata odlagališta komunalnog otpada Karepovac u Splitu. S obzirom na planirane pretovarne količine otpada potrebno je planirati priključak PS na elektroenergetska mreža. Na lokaciji već postoji niskonaponska elektroenergetska mreža ali budući da se radi o značajnom povećanju priključne snage od oko 96 kW za potrebe procijene priključka pretpostaviti će se varijanta kada se priključak radi direktno na NN sabirnice distribucijske TS 10/0,4 kV. Procijenjena udaljenost najbliže distribucijske TS 10/0,4 kV je oko cca 800 m. Stvarni troškovi polaganja NN priključnog kabela proračunati su prema jediničnim cijenama iz tablice 4-3.

U slijedećoj tablici dani su procijenjeni troškovi priključka za potrebnu priključnu snagu od 96 kW.

Tablica 4-66 Troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu

Stavka	Količina	Ukupno (€)
NN Kabel 0,4 kV	0,8 km	21.056
Ukupno (€):		21.056

Međutim, prije konačne procjene troškova potrebno je provjeriti tehničke uvjete u mreži kako bi se točno utvrdili uvjeti priključka jer zbog relativno velike priključne snage postoji mogućnost da će biti potrebno povezivanje sa srednjenačonskom mrežom što znatno povećava troškove.

Sa strane troškova upravljanja i održavanja u budućnosti mogu se izdvojiti troškovi za električnu energiju budući da nema drugih značajnijih troškova. Prema dostavljenim količinama otpada, procijenjenoj potrošnji električne energije, cijenama električne energije (tarifni model NN Crveni, tablica 4-4) i profilima potrošnje proračunati troškovi za električnu energiju na godišnjoj razini prikazani su tablicom 4-67. Prema modeliranim profilima potrošnje udio više tarife je 88% a niže 12% u ukupnoj potrošnji. Također na temelju simulirane potrošnje dobivena je prosječna mjesecna vršna angažirana snaga iz mreže kroz cijelu godinu od 95,5 kW.

Tablica 4-67 Procjena godišnjih troškova električne energije

Troškovi za el. energiju	%	Iznos	Ukupno (€)
Potrošnja u višoj tarifi (kWh)	88%	120.560 kWh	11.453
Potrošnja u nižoj tarifi (kWh)	12%	16.440 kWh	1.052
Prosječno angažirana snaga (kW)	12 mjeseci	95,5 kW	6.710
Naknade za mjernu uslugu	12 mjeseci	10 €/mj.	120
Ukupno (€/god)			19.335
Troškovi za električne energije kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu			
Ukupni troškovi za el. energiju svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)			385.056 €

Dakle, ukupni procijenjeni troškovi električne energije iznose oko 19.335 €/god. Uz prepostavku rasta cijena električne energije od 3% i diskontnu stopu od 5% ukupni troškovi električne energije u periodu od 25 godina svedeni na prvu godinu iznose 385.056 €.

U procijenjenim troškovima za električnu energiju značajan udio imaju troškovi za angažiranu snagu. Isto je posljedica profila potrošnje i povremenog angažiranja radnih strojeva visoke snage za relativno kratke periode. Troškovi angažirane snage čine oko 35% troškova za električnu energiju.

4.8.4.2 Varijanta 2a) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – svi potrošači PS napajaju se električnom energijom

Varijanta napajanja 2a) je nadopunjena varijanta 1a) u kojoj se uz priključak na mrežu ugrađuje dodatno i FN sustav. Troškovi priključka na električnu mrežu identični su kao i u varijanti 1a).

Veličina fotonaponskog sustava se dimenzionira s obzirom na očekivanu godišnju potrošnju i priključnu snagu potrošača. Preporučena veličina FN sustava za PS Split dimenzionira se s obzirom na kriterij okvirnog podudaranja godišnje proizvodnje i potrošnje. Naime ukupna godišnja potrošnja električne energije procijenjena je na 137.000 kWh, a procijenjena proizvodnja sustava od 95 kWp, uz okvirnu procjenu proizvodnje za ovu lokaciju od 1300 kWh/kW, je oko 123.500 kWh. Proizvodnja

sustava neznatno manja od proizvodnje a instalirana snaga je ograničena snagom priključka na elektroenergetsku mrežu na cca 95 kW.

Potrebno je napomenuti da se, za potrebe usporedbe predloženih varijanti napajanja, predmetni FN sustav snage 95 kW razmatra samo sa teoretske osnove, dok će za konkretan slučaj stvarnu snagu trebati prilagoditi mogućnostima smještaja opreme na prostoru PS.

U sljedećoj tablici, na osnovu simulacije u programskom paketu HOMER, dana je osnovna bilanca potrošnje i proizvodnje uz instaliranje FN sustava 95 kW u paralelnom radu s mrežom.

Tablica 4-68 Bilanca proizvodnje i potrošnje

Bilanca proizvodnje i potrošnje		
	%	kWh
Proizvodnja	100%	123.500
Direktno korišteno	63%	77.328
Isporučeno u mrežu	37%	46.172
Potrošnja	100%	137.000
Kupljeno iz mreže	44%	59.672
Vlastita proizvodnja	56%	77.328

Investicijski i operativni troškovi

Investicijski i operativni troškovi dani su sljedećom tablicom.

Tablica 4-69 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije

INVESTICIJSKI TROŠKOVI PRIKLJUČKA NA MREŽU		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Priključak na mrežu	21.056 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-66.
INVESTICIJSKI TROŠKOVI FN SUSTAVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
FN sustav	113.850 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7.
OPERATIVNI TROŠKOVI		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Troškovi održavanja i osiguranja	1.139 €/1.god	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7 na osnovu instalirane snage FN sustava. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene pretvarača na polovici životnog vijeka	7.600 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7 na osnovu instalirane snage FN sustava.

Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava

Pod pojmom prihoda smatra se dobit od prodaje proizvedene električne energije direktno u mrežu, kao i umanjenje računa za električnu energiju zbog dijela proizvodnje iskorištene direktno u sustavu.

Procjena prihoda dana je u slijedećoj tablici.

Tablica 4-70 Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava

UŠTEDA ZBOG DIREKTNO KORIŠTENE PROIZVEDENE EL. ENERGIJE		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Vrijednost direktno korištene energije iz FNE	0,093 €/kWh	Veliki dio proizvodnje događa za vrijeme više tarife i iznosi oko 95% proizvodnje, a tek 5% za vrijeme niže tarife. Prikazani iznos je ponderirana aritmetička sredina cijena više i niže tarife u navedenim omjerima proizvodnje po tarifama.
Iznos direktno korištene el. energije	77.328 kWh	Proračunata vrijednost za instaliranu snagu FN sustava od 95 kW, prema tablici 4-68. Navedena vrijednost u najvećojmjeri ovisi o pretpostavljenom profilu potrošnje PS.
Ušteda zbog direktno iskorištene proizvedene el. energije	7.192 € / 1. god.	Ušteda za iduće godine usklađuje se s obzirom na stopu rasta cijene el. energije od 3% i povećane troškova održavanja sa stopom inflacije od 2%.

PRIHOD OD PREDANE EL. ENERGIJE U MREŽU		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Otkupna cijena el. energije predane u mrežu	0,033 €/kWh	Iznos preuzet prema tablici 4-4.
Iznos predane el. energije u mrežu	46.172 kWh	Proračunata vrijednost za instaliranu snagu FN sustava od 95 kW, prema tablici 4-68. Navedena vrijednost u najvećojmjeri ovisi o pretpostavljenom profilu potrošnje PS.
Prihod od predane el. energije u mrežu	1.524 € / 1. god.	Prihod za iduće godine usklađuje se s obzirom na stopu rasta cijene el. energije od 3% i povećane troškova održavanja sa stopom inflacije od 2%.

UKUPNO POVEĆANJE PRIHODA ZBOG INSTALACIJE FN SUSTAVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Ukupni prihodi	8.715 €/god	Zbroj uštede zbog direktno iskorištene proizvedene el. energije i prihoda od predane el. energije u mrežu (gornji dio tablice)

Utjecaj rada FN sustava na umanjenje efektivnih troškova el. energije

Temeljem procijenjenih prihoda zbog proizvodnje električne energije iz FN sustava računa se efekt umanjenja ukupnih troškova električne energije, tj. procjena efektivnih troškova el. energije uz rad FN sustava.

Tablica 4-71 Efektivni godišnji troškovi el. energije uz rad FN sustava

Smanjenje računa za električnu energiju	
1. Procijenjeni troškovi za el. energiju bez FNE	19.335 €
2. Procijenjeni troškovi održavanja sustava FNE	1.139 €
3. Procijenjene uštede i prihodi izgradnjom FNE	8.715 €
Efektivni troškovi el. energije PS: (1) + (2) - (3)	11.759 €
Operativni troškovi za električne energije kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	
Ukupni troškovi za električnu energiju svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)	240.086 €

Ugradnja FN sustava snage 95 kWp zadovoljilo bi se 56% vlastitih potreba za električnom energijom te bi se smanjili troškovi za električnu energiju za oko 39%, tj. sa 19.335 €/god na oko 11.759 €/god, što rezultira uštedom od 7.576 €/god.

Uz pretpostavku rasta cijena električne energije od 3% i diskontnu stopu od 5% ukupni troškovi električne energije svedeni na početnu godinu iznose 240.086 €. U navedene troškove uključena je i jednokratna zamjena pretvarača u 12 godini.

U navedene procijene nisu uključena moguća smanjenja troškova angažirane snage. Prilikom proračuna pretpostavljena je nepromijenjena količina otpada kroz godine rada PS.

4.8.4.3 Varijanta napajanja 3) - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom

U ovoj varijanti razmatrano je napajanje električnom energijom samo manjih trošila unutar PS vršne snage do 10 kW, a radni strojevi su pogonjeni direktno na dizel gorivo. Preliminarnom analizom utvrđeno je da nije opravdano izvršiti napajanje PS u navedenoj varijanti jer su troškovi priključka višestruko puta niži u odnosu na investicijske troškove sustava za otočni pogon. Također u varijanti otočnog pogona prema procjenama potrošnje potrebno je oko 17.595 litara dizel goriva za pogon radnih strojeva godišnje što bi u konačnici bio veći trošak pogona u odnosu na varijante kada su radni strojevi pogonjeni električnom energijom. Uvažavajući navedene podatke preliminarne razrade varijanta 3) se neće detaljno prikazivati.

4.8.5 Odabir optimalne varijante

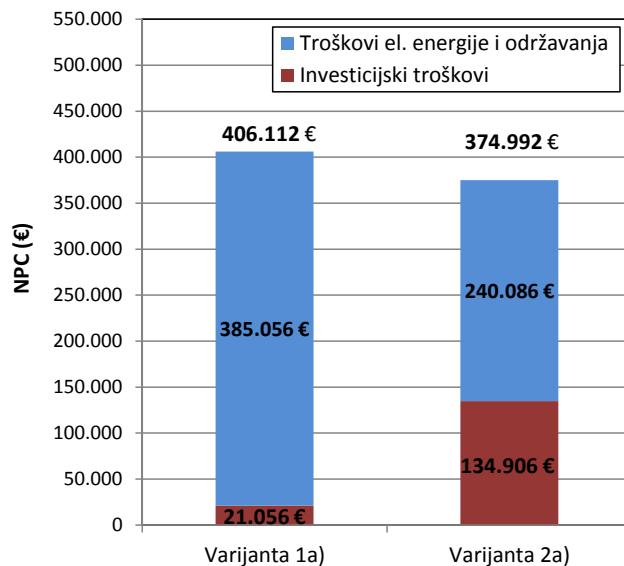
U sljedećoj tablici dana je rekapitulacija rezultata razmatranih varijanti te su dani ukupni troškovi sustava svedeni na sadašnju vrijednost (NPC) što je osnovni kriterij za odabir.

Ukupni troškovi sustava (NPC) u životnom vijeku od 25 godina, sračunati su kao zbroj početnih troškova investicije u prvoj godini i svih troškova održavanja (osnovnih, jednokratnih i goriva) uzimajući u obzir inflaciju po stopi od 2% i rast cijene el. energije od 3% te svedenih na prvu godinu sa diskontnom stopom od 5%. Navedeni proračun ukupnih troškova investicije i održavanja se koristi samo za potrebe usporedbe promatranih varijanti te odabira one koja će u konačnici imati najmanji trošak za investitora.

Tablica 4-72 Sumarni prikaz investicijskih i operativnih troškova po varijantama

Varijanta	Investicijski troškovi (€)			Operativni troškovi (€)				Ukupno NPC (€)	
	Priklučak na mrežu (€)	Vlastiti sustav (€)	Ukupno (€)	Osnovni troškovi (€/god)	Troškovi goriva (€/god)	Jednokratni troškovi (€)	Ukupno 25 god (disk. 5%)		
Varijanta 1a)	21.056	-	21.056	19.215	-	-	385.056	-	406.112
Varijanta 2a)	21.056	113.850	134.906	11.759	-	7.600	240.086	-	374.992

Na slijedećoj slici grafički su prikazani investicijski i operativni troškovi te ukupna NPC pojedine varijante.



Slika 4-61 Investicijski troškovi i operativni troškovi kao udio u ukupnom iznosu NPC za promatrane varijante

Prema prethodno prikazanim rezultatima preporuča se izvedba sustava napajanja prema varijanti 2a). Ukupna investicijska vrijednost za ovu varijantu iznosi cca 134.906 €. Ukupni osnovni troškovi održavanja u 25 godina diskontirani na prvu godinu iznose 240.086 €. Dakle, sadašnji NPC trošak sustava iznosi 374.992 € što je manje u odnosu na varijantu 1a).

Također prilikom proračuna nije u obzir uzeto moguće smanjenje troškova za angažiranu snagu koji će dodatno utjecati na smanjenje NPC varijante 2a) u odnosu na varijantu 1a).

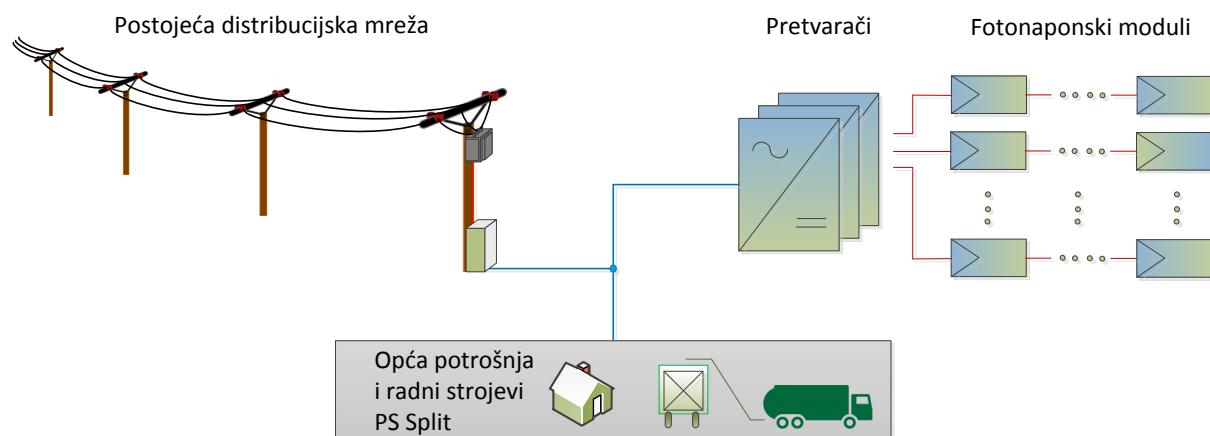
Uvažavajući prethodno navedeno, treba napomenuti da se za potrebe usporedbi varijanti napajanja, predmetni FN sustav snage 95 kW razmatra samo sa teoretske osnove, a da će za konkretni slučaj stvarnu snagu trebati prilagoditi mogućnostima smještaja opreme na prostoru PS. Također u slučaju izvedbe FN sustava manjih snaga od 95 kW varijanta 2a) biti povoljnija od varijante 1a). Navedeno vrijedi zbog još većeg udjela (%) energije koja se direktno koristi za napajanje vlastite potrošnje u slučajevima manje instalirane snage FN sustava.

4.8.6 Analiza rada sustava za predloženu varijantu

Za FN sustav PS Split odabirom varijante 2a) predviđeni su slijedeći elementi sustava:

- FN sustav priključen na elektroenergetsku mrežu,
- FN moduli ukupne instalirane snage 95 kWp,
- pretvarač (inverter) instalirane snage 95 kW.

Načelna shema sustava prikazana je slijedećom slikom.

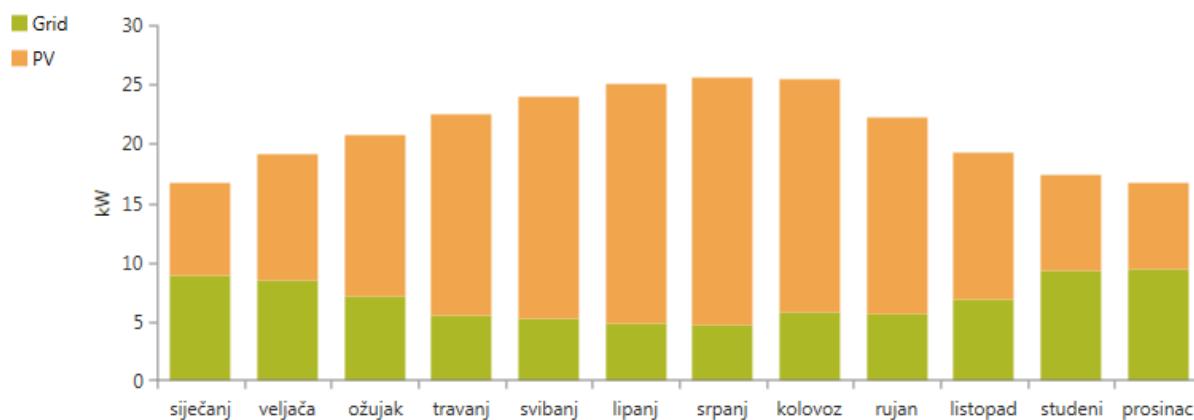


Slika 4-62 Načelna shema sustava napajanja PS Split

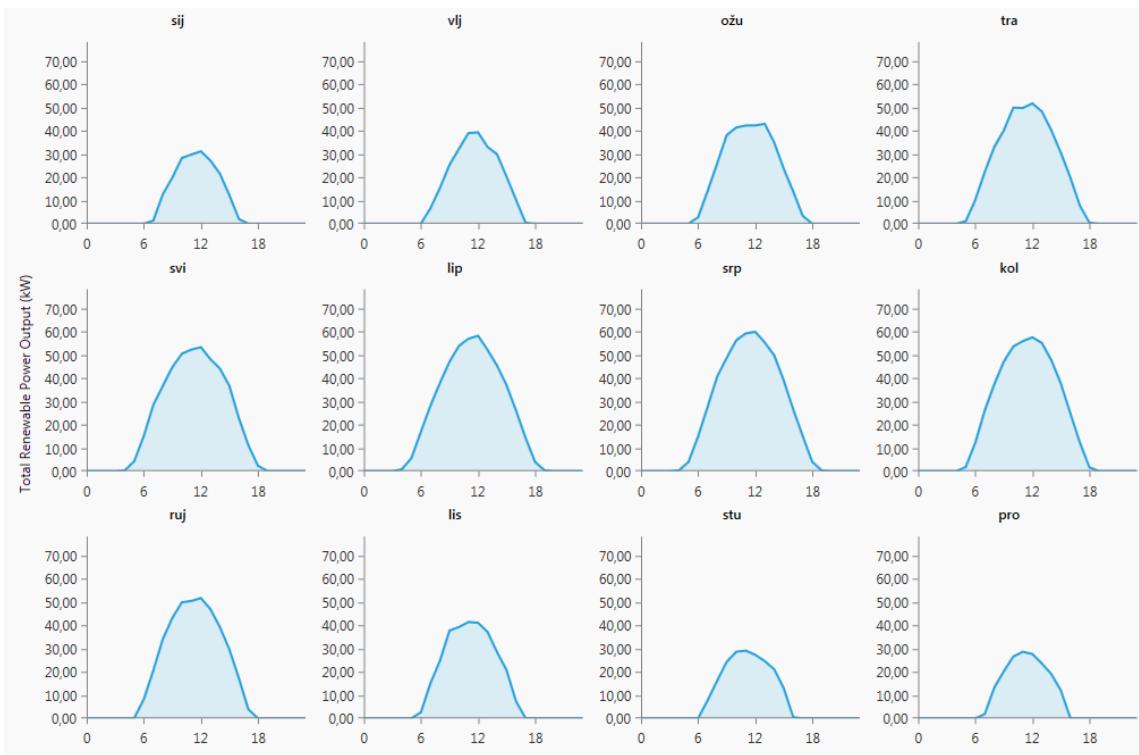
Simulacijom u programskom paketu HOMER dobiveni su podaci o radu FN sustava.

Po pitanju nagiba FN modula odabrana je varijanta sa nagibom 20° zbog manjeg proreda između redova. U konačnici, s obzirom na dostupne krovne površine odredi će se optimalni kut nagiba modula.

Na slici 4-63 dani je prikaz udjela FN sustava u prosječnoj dnevnoj angažiranoj snazi PS Split za svaki mjesec, a na slici 4-64 dan je prikaz prosječnog mjesečnog profila snage FN sustava.



Slika 4-63 Prosječne dnevne angažirane snage i udio FN sustava – HOMER



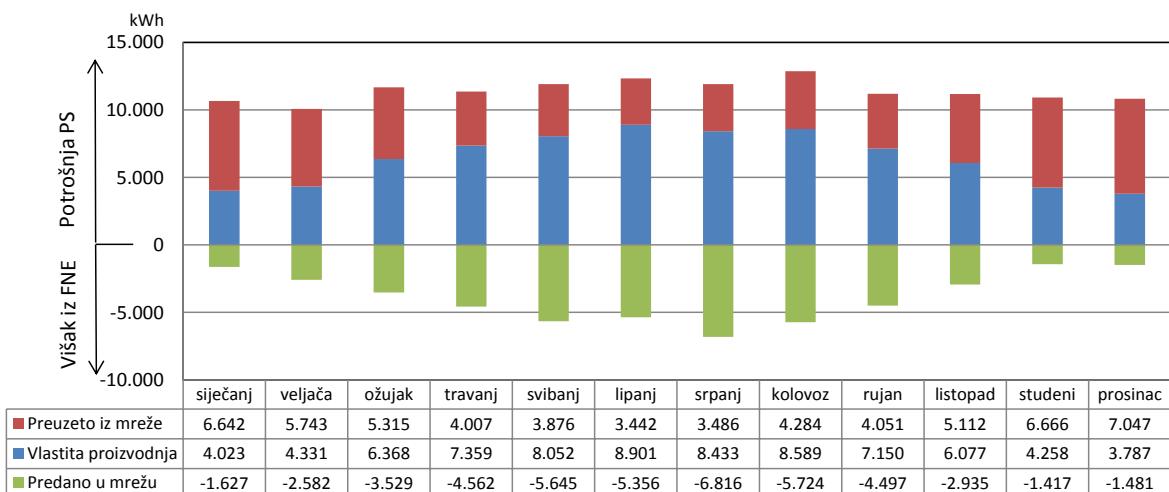
Slika 4-64 Prosječni dnevni profili snage iz FNE - HOMER

FN moduli su planirani s nagibom 20° i azimutom 0° te je potrebno gubitke zbog međusobnog zasjenjenja redova fotonaponskih nizova svesti na najmanju moguću mjeru. Najniža podnevna visina sunca na lokaciji je 22.XII i iznosi 23° tako da su odabrane zaštitne zone konstruirane prema kutu zasjenjenja od 23° . U skladu s navedenim međusobni razmaci između redova modula iznosit će minimalno 0,8 m.

Treba naglasiti da se radi o FN sustavu za pretežito vlastitu potrošnju tako da proizvodnja FN sustava ne odgovara u potpunosti potrošnji PS, a mogući su slijedeći scenariji:

- Proizvodnja FN sustava je veća od potrošnje PS. Višak proizvodnje se predaje u mrežu.
- Proizvodnja FN sustava je manja od potrošnje PS. Manjak u proizvodnji se preuzima iz distribucijske mreže.

Uvažavajući prethodno navedeno, napravljen je proračun proizvodnje FNE za simulirani profil potrošnje po mjesecima. Potrošnja električne energije PS Split dijelom se pokriva vlastitom proizvodnjom iz FNE a dio se preuzima iz mreže. Na slici 4-65 prikazana je potrošnja el. energije PS Split te predani višak el. energije proizveden iz FNE.



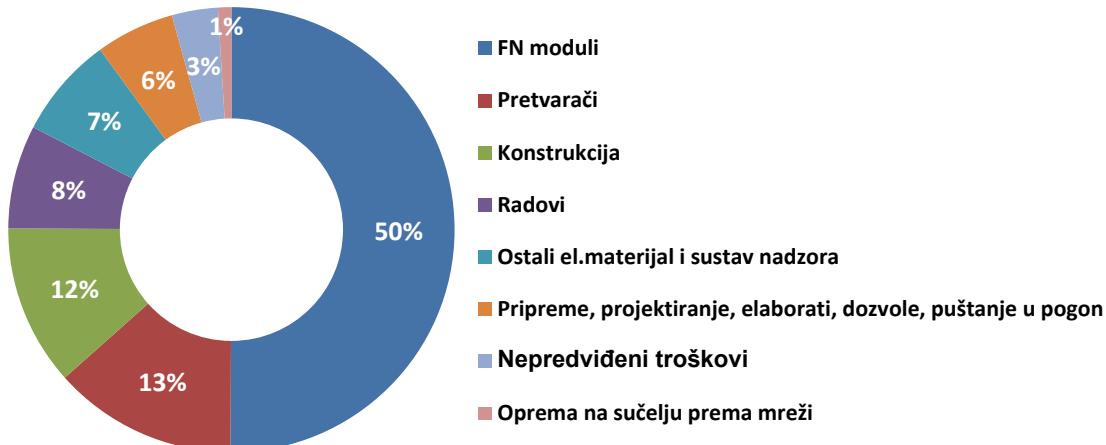
Slika 4-65 Potrošnja PS Split i višak predan u mrežu

4.8.7 Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova

Pregled osnovnih komponenti sustava i investicijski troškovi prikazani su u sljedećoj tablici za odabranu varijantu.

Tablica 4-73 Investicijski troškovi - Varijanta 2a)

Varijabilni troškovi	€/kWp	Ukupno [€]
FN moduli	600	57.000
Konstrukcija	140	13.300
Ostali el. materijal	80	7.600
Radovi	90	8.550
Pretvarači	160	15.200
Nepredviđeni troškovi	40	3.800
Fiksni troškovi	€	€
Sustav nadzora	800	
Oprema na sučelju prema mreži	1.100	
Pripreme, projektiranje, dozvole, puštanje u pogon	3.500	
Elaborati utjecaja na mrežu i podešenja zaštite	3.000	
Ukupno investicijski troškovi troškovi	€	€
Ukupno		113.850



Slika 4-66 Udio troškova u ukupnoj investiciji

4.8.8 Procjena troškova upravljanja i održavanja

Procijenjeni troškovi održavanja za prvu godinu rada dati su u slijedećoj tablici.

Tablica 4-74 Procijenjeni troškovi održavanja

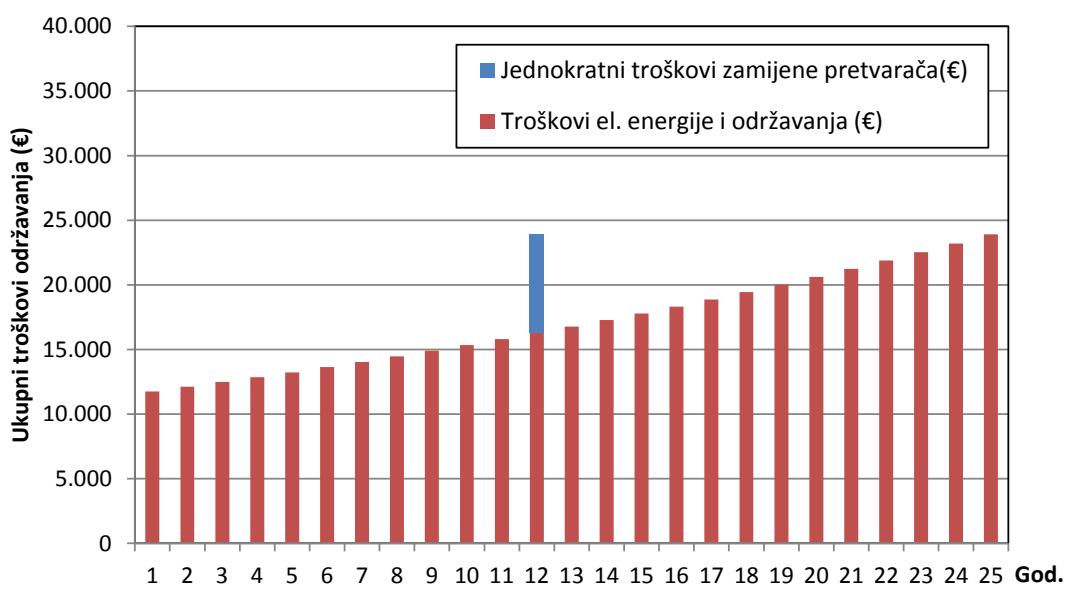
Troškovi rada FN elektrane (1. godina) - OPEX		
Redovito održavanje i upravljanje (% od investicije)	0,5%	569 €
Osiguranje (% od investicije)	0,5%	569 €
Ukupni troškovi rada 1. godina		1138 €
Jednokratni budući troškovi (trošak zamjene baterija i pretvarača)		
Termin zamjene pretvarača (godina nakon izgradnje)	12 god.	
Trošak zamjene pretvarača (% od početne cijene pretvarača)	50%	7.600 €

S obzirom da je životni vijek elektrane 25 god u tablici 4-75 dati su troškovi po godinama te diskontirani troškovi sa stopom od 5%. Rast osnovnih troškova održavanja pretpostavljen je sa stopom inflacije od 2%, dok je rast cijene el. energije pretpostavljen sa stopom od 3%. Budući da se cjelokupna potrošnja napaja električnom energijom, tako neće biti dodatnih troškova za dizel gorivo.

Tablica 4-75 Prikaz procijenjenih troškova održavanja po godinama rada

Godina	Nediskontirano				Diskontirano (5%)	
	Osnovni troškovi (€)	Jednokratni troškovi (€)	Gorivo (€)	Ukupno (€)	Ukupno troškovi (€)	Kumulativno (€)
1	11.758	0	0	11.758	11.758	11.758
2	12.111	0	0	12.111	11.534	23.292
3	12.474	0	0	12.474	11.314	34.606
4	12.848	0	0	12.848	11.099	45.705
5	13.234	0	0	13.234	10.887	56.593
6	13.631	0	0	13.631	10.680	67.273
7	14.040	0	0	14.040	10.477	77.749
8	14.461	0	0	14.461	10.277	88.026
9	14.895	0	0	14.895	10.081	98.108
10	15.342	0	0	15.342	9.889	107.997
11	15.802	0	0	15.802	9.701	117.698
12	16.276	7.600	0	23.876	13.960	131.658
13	16.764	0	0	16.764	9.335	140.992
14	17.267	0	0	17.267	9.157	150.150
15	17.785	0	0	17.785	8.983	159.132
16	18.319	0	0	18.319	8.812	167.944
17	18.868	0	0	18.868	8.644	176.587
18	19.434	0	0	19.434	8.479	185.066
19	20.017	0	0	20.017	8.318	193.384
20	20.618	0	0	20.618	8.159	201.543
21	21.236	0	0	21.236	8.004	209.547
22	21.873	0	0	21.873	7.851	217.398
23	22.530	0	0	22.530	7.702	225.100
24	23.205	0	0	23.205	7.555	232.655
25	23.902	0	0	23.902	7.411	240.066

Na slici 4-67 grafički su prikazani nediskontirani troškovi održavanja kako za troškove električne energije i održavanja tako i za jednokratne troškove u budućnosti.



Slika 4-67 Ukupni troškovi održavanja – nediskontirano

4.8.9 Zaključak

Za PS Split, temeljem kriterija najnižeg sadašnjeg troška sustava (NPC), predlaže se izvedba napajanja prema varijanti 2a) koja podrazumijeva priključak na mrežu za sve potrošače PS Split (opći potrošači i radni strojevi) i FN sustav instalirane snage 95 kWp. Ova varijanta na promatranom vremenskom periodu od 25 godina ima najmanje troškove u usporedbi s ostalim varijantama. Prema odabranoj varijanti, konfiguracija sustava dana je slijedećom tablicom.

Tablica 4-76 Konfiguracija sustava za PS Split

Konfiguracija sustava PS Split	
Priključna snaga PS na distribucijsku mrežu	96 kW
Priključna snaga FNE	95 kW
Potrošnja el. energije PS Split bez instalirane FNE	137.000 kWh/1.god.
Proizvodnja FNE	123.500 kWh/1.god.
Potrošnja el. energije PS Split s instaliranim FNE	59.672 kWh/1.god.
Predano u mrežu (višak u proizvodnji FNE)	46.172 kWh/1.god.

Ukupni investicijski troškovi izgradnje FNE prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-77 Investicijski troškovi izgradnje FNE instalirane snage 95 kWp

Investicijski troškovi FN sustava 95 kW	€
Ukupno:	113.850
Investicijski troškovi priključka PS Split na mrežu	€
Ukupno:	21.056
Ukupno investicijski troškovi	€
Ukupno:	134.906

Ukupni operativni troškovi, koji podrazumijevaju trošak el. energije i održavanje za FN sustava te jednokratni trošak zamjene pretvarača u 12. godini, prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-78 Operativni troškovi FNE

Operativni troškovi	€/god
Održavanje i osiguranje FN sustava	1.139
Efektivna potrošnja el. energije PS	10.620
Ukupno (prva godina):	11.759
Budući jednokratni troškovi	€
Zamjena pretvarača (invertera) u 12. godini	7.600

4.9 Planiranje FN sustava za PS Vis

4.9.1 Lokacija PS Vis

Pretovarna stanica Vis planira se na području Općine Vis na otoku Visu. Lokacija se nalazi cca 1,6 km jugozapadno od Grada Visa.

Planirana lokacija se nalazi u udolini na blago nagnutom terenu okrenutom prema jugu, dakle radi se o povoljnom terenu s obzirom na iskoristivost sunčevog zračenja.

Situacija PS Vis na ortofoto podlozi dana je na slijedećoj slici.



Slika 4-68 Položaj lokacije PS Vis na ortofoto podlozi

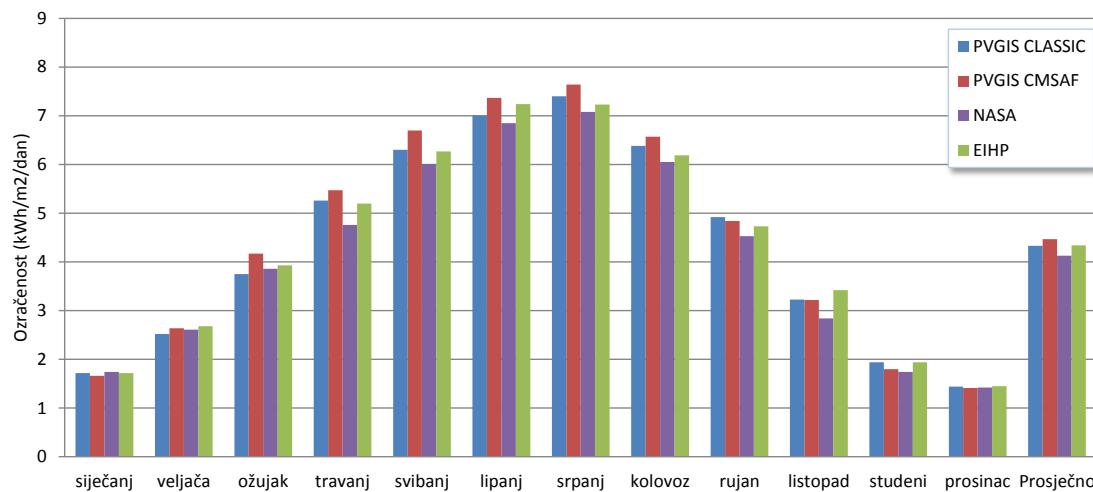
4.9.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčevi dijagrami

Javno dostupni podaci Sunčeva zračenja koji se mogu koristiti za lokaciju PS Vis su:

- PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) s dvije baze podataka (PVGIS –Classic i Climate SAF PVGIS),
- NASA (Surface Meteorology and Solar Energy),
- EIHP (Sunčev zračenje na području Republike Hrvatske, Energetski institut Hrvoje Požar,

Zagreb, ožujak 2007.).

Mjesečni prosjeci srednje dnevne globalne ozračenosti horizontalne plohe prikazani su na slijedećoj slici.



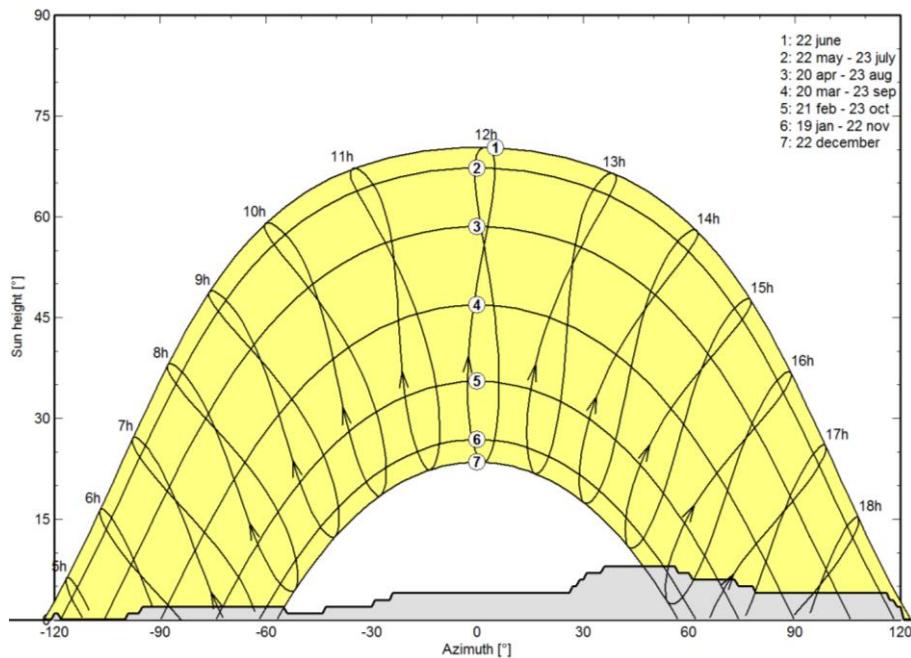
Slika 4-69 Usporedba horizontalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora

Mjesečni prosjeci dnevnih vrijednosti srednjih temperatura, difuzne ozračenosti te globalne ozračenosti horizontalne plohe, preuzeti su iz izvora PVGIS Classic. Kako PVGIS Classic daje niže vrijednosti ozračenosti od ostalih dostupnih izvora, osim podataka dostupnih od izvora NASA, može se smatrati da je procjena više na strani sigurnosti. Korišteni podaci su prikazani u slijedećoj tablici.

Tablica 4-79 Mjesečni procjeci temperature i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji PS Vis

Mjesec	Prosječek dnevne temperature zraka [°C]	Prosječek globalne dnevne ozračenosti horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]	Prosječek difuzne dnevne ozračenosti horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]
siječanj	8.8	1.72	0.86
veljača	9.2	2.52	1.16
ožujak	10.9	3.75	1.61
travanj	13.6	5.26	2.10
svibanj	17.3	6.30	2.52
lipanj	21.2	7.01	2.59
srpanj	23.6	7.40	2.29
kolovoz	23.7	6.38	2.04
rujan	20.5	4.92	1.62
listopad	17.4	3.23	1.26
studen	14.2	1.94	0.93
prosinac	10.7	1.44	0.76
prosjek	15.9	4.33	1.65

Na slijedećoj slici prikazan je utjecaj reljefa na trajanje sunčanog dana, iz koje je vidljivo da reljef nema značajan utjecaja na proizvodnju sustava osim predvečer prije zalaska sunca.



Slika 4-70 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji PS Vis

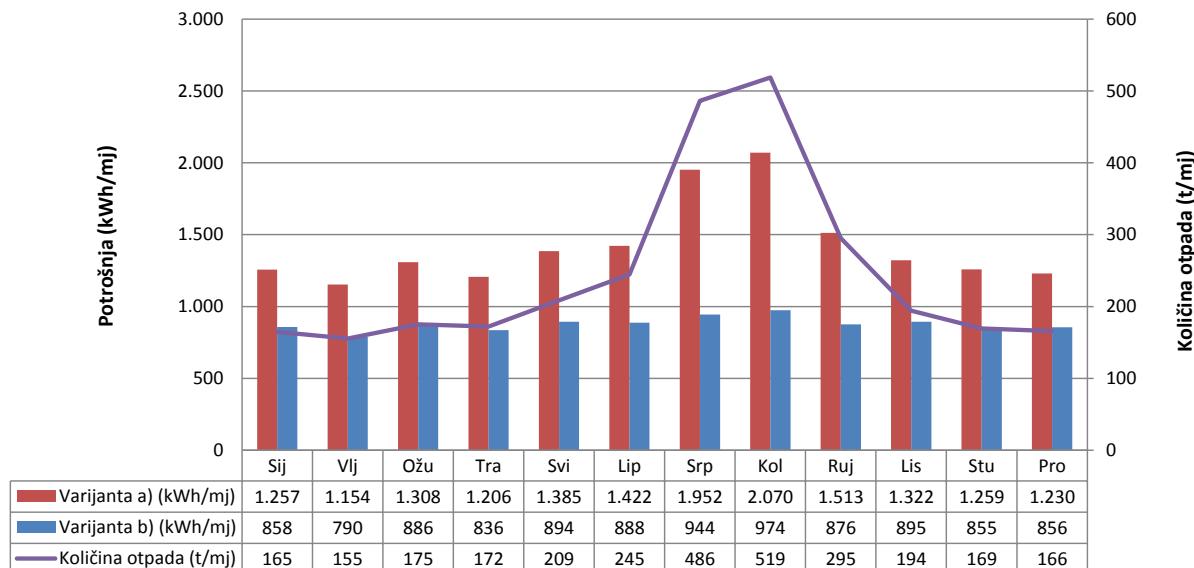
4.9.3 Analiza raspoloživih podataka o potrošnji električne energije

Budući da je pretovarna stanica u fazi planiranja potrebno je procijeniti mjesecnu potrošnju električne energije i dnevne profile potrošnje na temelju dostavljenih podataka o planiranim pretovarenim količinama otpada te planiranim trošilima unutar PS.

U varijanti kada se radni strojevi pogone direktno na dizel gorivo, prema dostavljenim podacima potrebno je, prema poglavlju 4.1, ukupno oko 5,82 litra goriva za pogon svih strojeva tokom jednog punjenja poluprikolice od 20t otpada. Budući da je planirana količina otpada za pretovar na PS Vis iznosi **2.950 t/god**, prema prethodno spomenutoj količini potrebnog goriva za 20t otpada, potrebna količina goriva se može se procijeniti na 858 l/god. U praksi tijekom hladnjih mjeseci i u slučaju rada strojeva sa većim brojem pokretanja za pretovar manje količine otpada može se povećati ukupna potrošnja goriva. Stoga će se proračunata vrijednost uvećati za korekcijski faktor od 1,2 te se procjenjuje potrošnja goriva na iznos od 1.030 l/god.

Ukupna dostavljena godišnja količina otpada kao i potrebna električna energija za PS prikazana je po mjesecima na slici 4-71. Na temelju ulaznih podataka procijenjena je potrošnja električne energije za dvije varijante:

- Varijanta a) – cjelokupna potrošnja PS napaja se električnom energijom, bilo iz mreže ili sustava napajanja u otočnom pogonu. Procijenjena godišnja potrošnja električne energije je oko **17.079 kWh**.
- Varijanta b) – električnom energijom napaja se samo opća potrošnja, radni strojevi rade na dizel gorivo. Ukupna godišnja potrošnja električne energije je oko **10.553 kWh**, a potrebna količina dizel goriva je oko **1.030 l/god**.

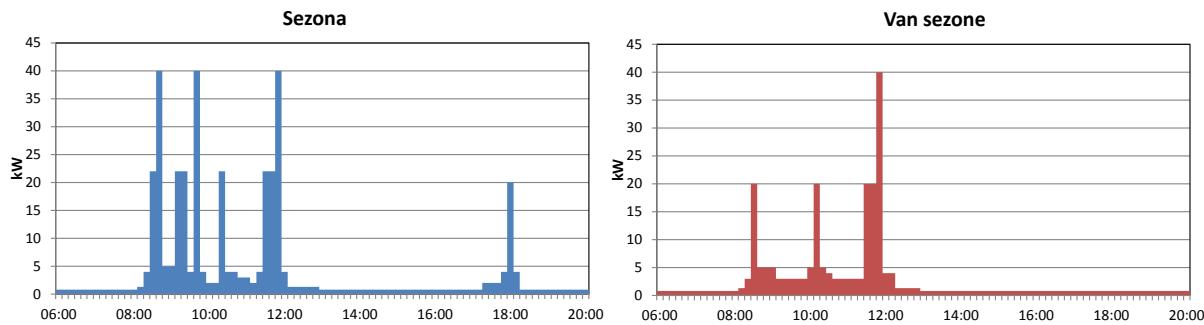


Slika 4-71 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Vis

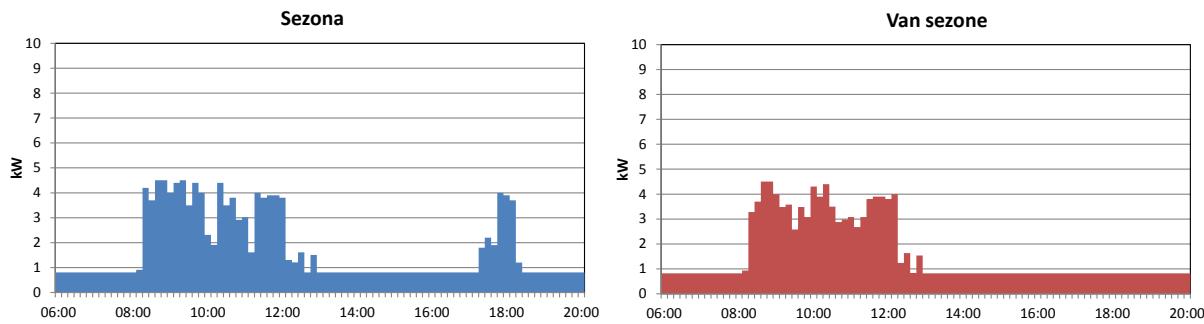
Tijekom turističke sezone od lipnja do rujna količina pretovarenog otpada je čak dva do tri puta veća u odnosu na preostala razdoblja u godini što utječe i na povećanje potrošnje električne energije. Može se primjeriti da simulirana potrošnja u varijanti b) ne ovisi značajno o količini pretovarenog otpada jer se radi o općim potrošačima.

Prosječna dnevna potrošnja električne energije u varijanti b) kada se napajaju samo opća trošila u PS je oko 29 kWh/dan na razini cijele godine. Razlika potrošnje u varijantama a) i b) predstavlja potrošnju električne energije radnih strojeva koja je procijenjena je na temelju dostavljenih podataka Naručitelja koji su prikazani u poglavljju 4.1. Zbog većih količina otpada u ljetnim mjesecima vidljivo je i povećanje razlike u potrošnji varijanti a) i b) koje odgovara povećanoj potrošnji radnih strojeva.

Na slikama 4-72 i 4-73 prikazan je dnevni profil potrošnje za varijante a) i b), i to za jedan karakteristični radni dan u sezoni, odnosno van turističke sezone. Tijekom noćnih sati pretpostavljena potrošnja je do 0,8 kW za obje varijante, dok tokom dana visoki skokovi u angažiranoj snazi predstavljaju pokretanje radnih strojeva (transportera i poluprikolice). U varijanti b) za vrijeme pretovara kada se koristi vaga, uređaj za pranje kotača vozila i klima pretpostavljeno je vršno opterećenje od 4-5 kW. Navedeni profili potrošnje modelirani su u 10 minutnoj rezoluciji te su skalirani za svaki mjesec u godini kako bi ukupna potrošnja odgovarala proračunatim mjesečnim vrijednostima.



Slika 4-72 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta a) - napajanje cjelokupne potrošnje PS



Slika 4-73 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta b) – napajanje opće potrošnje

Treba napomenuti da su prikazani dijagrami aproksimacije konstruirane na temelju dostavljenih ulaznih podataka koji su raspoloživi u ovoj fazi razrade projekta. Konačno dimenzioniranje sustava potrebno je napraviti u fazi glavnog projekta.

4.9.4 Analiza varijantnih rješenja i odabir osnovnog rješenja napajanja PS

4.9.4.1 Varijanta napajanja 1b) - klasični priključak na elektroenergetsku mrežu – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom

S obzirom na zaključke poglavila 4.2.6, a prema dostavljenim podacima o planiranim godišnjim količinama otpada za PS Vis te povezanih relativno niskih troškova u slučaju pogona radnih strojeva na dizel gorivo, odabrana je Varijanta b) koja podrazumijeva napajanje samo opće potrošnje PS električnom energijom, dok se za pogon radnih strojeva koristi dizel gorivo. Ovo rješenje predlaže se zbog relativno malih količina otpada i povezanih visokih troškova angažirane snage u slučaju varijante a). Osim navedenog, zbog postojeće NN mreže na lokaciji, trošak priključka računa se po jediničnoj cijeni te je priključak manje snage bitno jeftiniji.

Promatrana lokacija za PS Vis nalazi se nalazi cca 1,6 km jugozapadno od Grada Visa, a planirana je u sklopu sanacije odlagališta Wellington na Visu. Sukladno tome, predviđen je razvodni ormar za priključak na elektroenergetsку mrežu na planiranoj lokaciji izgradnje PS Vis.

Zbog blizine priključnog mjesta na elektroenergetsku mrežu očekivani stvarni troškovi su manji od troškova propisanim pravilnikom o naknadi za priključenje na elektroenergetsku mrežu i povećanje vršne snage Hrvatske energetske regulatorne agencije (HERA). U tom slučaju, troškovi priključka na mrežu niskog napona računaju se umnoškom priključne snage P (kW) i jedinične cijene $C_{NN}(\text{kn}/\text{kW}) = 1.350,00 \text{ kn}/\text{kW}$ ($178 \text{ €}/\text{kW}$).

Troškovi priključka na električnu mrežu određeni su potrebnom priključnom snagom PS od cca 5 kW, no kako u slučaju trofaznog priključka na mrežu najniža vrijednost priključne snage iznosi 11 kW, ista je i odabrana za priključnu snagu PS Vis. Troškovi priključka za odabranu priključnu snagu od 11 kW, prikazani su u slijedećoj tablici.

Tablica 4-80 Troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu

Stavka	Iznos
Priključna snaga (kW)	11 kW
Jedinična cijena priključka (€/kW)	178 €/kW
Ukupni troškovi priključka	1.958 €

Procijenjeni investicijski troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu iznose oko 1.958 €.

Sa strane troškova upravljanja i održavanja u budućnosti mogu se samo izdvojiti troškovi za električnu energiju te troškovi dizel goriva za pogon radnih strojeva. Prema dostavljenim količinama otpada, procijenjenoj potrošnji električne energije, cijenama električne energije (tarifni model NN Crveni, tablica 4-4) i profilima potrošnje proračunati troškovi za električnu energiju na godišnjoj razini prikazani su tablicom 4-81. Prema modeliranim profilima potrošnje udio više tarife je 70% a niže 30% u ukupnoj potrošnji. Također na temelju simulirane potrošnje dobivena je prosječna mjesecna vršna angažirana snaga iz mreže kroz cijelu godinu od 4,5 kW.

Tablica 4-81 Procjena godišnjih troškova električne energije

Troškovi za el. energiju	%	Iznos	Ukupno (€)
Potrošnja u višoj tarifi (kWh)	80%	7.356 kWh	699
Potrošnja u nižoj tarifi (kWh)	20%	3.197 kWh	205
Prosječno angažirana snaga (kW)	12 mjeseci	4,5 kW	316
Naknade za mjernu uslugu	12 mjeseci	10 €/mj.	120
Ukupno (€/god)		1.340	
Troškovi za električne energiju kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu			
Ukupni troškovi za el. energiju svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)			26.853 €

Dakle, ukupni procijenjeni troškovi električne energije iznose oko 1.340 €/god. Uz pretpostavku rasta cijena električne energije od 3% i diskontnu stopu od 5% ukupni troškovi električne energije u periodu od 25 godina svedeni na prvu godinu iznose 26.853 €.

Troškovi pogona radnih strojeva na dizel gorivo prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-82 Procjena godišnjih troškova pogona radnih strojeva

OPERATIVNI TROŠKOVI POGONA RADNIH STROJEVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Količina dizel goriva za radne strojeve za 1. godinu	1.030 L/1.god	Poglavljem 4.9.3 procijenjena je potrebna količina goriva potrebna za pogon radnih strojeva te iznosi 1030 l/god.
Troškovi dizel goriva radnih strojeva	1.084 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
Troškovi za pogon radnih strojeva kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu		
Ukupni troškovi dizel goriva svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)		19.559 €

Dakle, ukupni procijenjeni troškovi dizel goriva iznose oko 1.084 € za prvu godinu rada, a za sve slijedeće godine pretpostavljen je rast cijena sa stopom inflacije od 2%. U konačnici ukupni troškovi goriva tokom životnog vijeka, diskontirani sa stopom od 5% su procijenjeni na 19.559 €, uz pretpostavku nepromijenjene količine otpada kroz godine.

4.9.4.2 Varijanta 2b) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom

Varijanta napajanja 2b) je nadopunjena varijanta 1b) u kojoj se uz priključak na mrežu ugrađuje dodatno i FN sustav. Troškovi priključka na električnu mrežu identični su kao i u varijanti 1b).

Veličina fotonaponskog sustava se dimenzionira s obzirom na kriterij okvirnog podudaranja godišnje proizvodnje FN sustava te očekivane godišnje opće potrošnje PS Vis, bez radnih strojeva koji su pogonjeni direktno na dizel gorivo. Ukupna godišnja potrošnja električne energije procijenjena je na 10.533 kWh, a procijenjena proizvodnja sustava od 8 kWp, uz okvirnu procjenu proizvodnje za ovu lokaciju od 1350 kWh/kW, je oko 10.734 kWh. Proizvodnja sustava neznatno veća od proizvodnje što će se kompenzirati u prvim godinama rada zbog degradacije FN modula, a sve u varijanti sa pretpostavkom konstantne potrošnje tijekom životnog vijeka elektrane. Ukoliko dođe do porasta pretovarene količine otpada potrošnja će i prije nadvisiti proizvodnju te će se povećati udio direktno korištene proizvedene energije i konačno isplativost projekta.

U slijedećoj tablici, na osnovu simulacije u programskom paketu HOMER, dana je osnovna bilanca potrošnje i proizvodnje uz instaliranje FN sustava 8 kW u paralelnom radu s mrežom.

Tablica 4-83 Bilanca proizvodnje i potrošnje

Bilanca proizvodnje i potrošnje		
	%	kWh
Proizvodnja	100	10.734
Direktno korišteno	51	5.454
Isporučeno u mrežu	49	5.280
Potrošnja	100	10.533
Kupljeno iz mreže	48	5.098
Vlastita proizvodnja	52	5.545

Investicijski i operativni troškovi

Investicijski i operativni troškovi dati su sljedećom tablicom.

Tablica 4-84 Procjena investicijskih i operativnih troškova FN sustava i pogona radnih strojeva

INVESTICIJSKI TROŠKOVI PRIKLJUČKA NA MREŽU		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Priključak na mrežu	1.958 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-80.

INVESTICIJSKI TROŠKOVI FN SUSTAVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
FN sustav	12.780 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7.

OPERATIVNI TROŠKOVI FN SUSTAVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Troškovi održavanja i osiguranja	128 €/1.god	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7 na osnovu instalirane snage FN sustava. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene pretvarača na polovici životnog vijeka	640 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7 na osnovu instalirane snage FN sustava.

OPERATIVNI TROŠKOVI POGONA RADNIH STROJEVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Količina dizel goriva za radne strojeve za 1. godinu	1.030 L/1.god	Poglavljem 4.9.3 procijenjena je potrebna količina goriva potrebna za pogon radnih strojeva te iznosi 1030 l/god.
Troškovi dizel goriva radnih strojeva	1.084 €/1.god	Cijena litre goriva uzeta je prema tablici 4-14.
Troškovi za pogon radnih strojeva kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu		
Ukupni troškovi dizel goriva svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)		19.559 €

Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava

Pod pojmom prihoda smatra se dobit od prodaje proizvedene električne energije direktno u mrežu, kao i umanjenje računa za električnu energiju zbog dijela proizvodnje iskorištene direktno u sustavu.

Procjena prihoda dana je u slijedećoj tablici.

Tablica 4-85 Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava

UŠTEDA ZBOG DIREKTNO KORIŠTENE PROIZVEDENE EL. ENERGIJE		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Vrijednost direktno korištene energije	0,093 €/kWh	Veliki dio proizvodnje događa za vrijeme više tarife i iznosi oko 95% proizvodnje, a tek 5% za vrijeme niže tarife. Prikazani iznos je ponderirana aritmetička sredina cijena više i niže tarife.
Iznos direktno korištene el. energije	5.454 kWh	Proračunata vrijednost za instaliranu snagu FN sustava od 8 kW, prema tablici 4-83. Navedena vrijednost u najvećojmjeri ovisi o pretpostavljenom profilu potrošnje PS.
Ušteda zbog direktno iskorištene proizvedene el. energije	507 € / 1. god.	Ušteda za iduće godine usklađuje se s obzirom na degradaciju FN modula i stopu rasta cijene el. energije od 3%

PRIHOD OD PREDANE EL. ENERGIJE U MREŽU		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Otkupna cijena el. energije predane u mrežu	0,033 €/kWh	Iznos preuzet prema tablici 4-4 (0,25 kn/kWh).
Iznos direktno korištene energije	5.280 kWh	Proračunata vrijednost za instaliranu snagu FN sustava od 8 kW, prema tablici 4-83. Navedena vrijednost u najvećojmjeri ovisi o pretpostavljenom profilu potrošnje PS.
Prihod od predane el. energije u mrežu	174 € / 1. god.	Prihod za iduće godine usklađuje se s obzirom na degradaciju FN modula i stopu rasta cijene el. energije od 3%

UKUPNO POVEĆANJE PRIHODA ZBOG INSTALACIJE FN SUSTAVA		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Ukupni prihodi	681 €/god	Zbroj uštede zbog direktno iskorištene proizvedene el. energije i prihoda od predane el. energije u mrežu (gornji dio tablice)

Utjecaj rada FN sustava na umanjenje efektivnih troškova el. energije

Temeljem procijenjenih prihoda zbog proizvodnje električne energije iz FN sustava računa se efekt umanjenja ukupnih troškova električne energije, tj. procjena efektivnih troškova el. energije uz rad FN sustava.

Efektivni troškovi el. energije te procijenjeni operativni troškovi FN sustava za prvu godinu rada sustava te troškovi zamjene pretvarača kroz životni vijek od 25 godina, prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-86 Efektivni godišnji troškovi el. energije uz rad FN sustava

Procijenjeni trošak električne energije za prvu godinu rada sustava	
1. Procijenjeni troškovi za el. energiju bez FNE	1.340 €
2. Procijenjeni troškovi održavanja sustava FNE	128 €
3. Procijenjene uštede i prihodi izgradnjom FNE	681 €
Efektivni troškovi el. energije PS: (1) + (2) - (3)	787 €
Operativni troškovi za električne energije kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	
Ukupni troškovi za električnu energiju svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)	16.145 €

Ugradnja FN sustava snage 8 kWp zadovoljilo bi se 51% vlastitih potreba za električnom energijom te bi se smanjili troškovi za električnu energiju za oko 41%, tj. sa 1.340 €/god na 787 €/god, što rezultira uštedom od 553 €/god.

Uz pretpostavku rasta cijena električne energije od 3% i diskontnu stopu od 5% ukupni troškovi električne energije svedeni na početnu godinu iznose 16.145 €. U navedene troškove uključena i je jednokratna zamjena pretvarača u 12 godini.

U navedene procijene nisu uključena moguća smanjenja troškova angažirane snage. Prilikom proračuna pretpostavljena je nepromijenjena količina otpada kroz godine rada PS.

Također, troškovi pogona radnih strojeva na dizel gorivo ostaju nepromijenjeni u odnosu na varijantu 1b) te iznose 1.084 € za prvu godinu, odnosno u životnom vijeku od 25 god., svedeni na prvu godinu iznose 19.559 €.

4.9.4.3 Varijanta napajanja 3) - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom

U ovoj varijanti razmatrano je napajanje električnom energijom proizvedenom FN sustavom i generatorom, bez priključka na distribucijsku mrežu, i to samo manjih trošila unutar PS, odnosno opće potrošnje, dok su radni strojevi pogonjeni direktno na dizel gorivo, kao i kod prethodnih varijanti. Za predmetnu lokaciju, u skladu sa ulaznim podacima sustava i definiranom karakterističnom potrošnjom, na osnovu simulacije u programskom paketu HOMER dobiveno je optimalno tehnno-ekonomsko rješenje prema slijedećoj slici.

Architecture						Gen.	System
PV (kW)	Gen. (kW)	A600_1695	Converter (kW)	Hours	Fuel (L)	Ren. Frac (%)	
12,0	7	24	6	138	320	91	
14,0	7	24	6	95	221	94	
13,0	7	24	6	128	299	92	
15,0	7	24	6	87	202	94	
16,0	7	24	6	80	185	95	
17,0	7	24	6	68	157	96	
11,0	7	48	6	120	279	92	
12,0	7	48	6	106	246	93	
13,0	7	48	6	75	175	95	
14,0	7	48	6	51	119	97	
15,0	7	48	6	26	59	98	
16,0	7	48	6	14	33	99	
17,0	7	48	6	14	33	99	

Slika 4-74 Prikaz proračuna optimalnog rješenja sustava - programski paket HOMER Pro

Tablica 4-87 Optimalna veličina komponenti sustava

Komponenta	Veličina
FN moduli	12 kWp
Pretvarač	6 kW
Baterije (1695 Ah, 2 V)	24 članka
Dizel generator	7 kW

Investicijski i operativni troškovi otočnog pogona i pogona radnih strojeva

Investicijski i operativni troškovi dani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-88 Procjena godišnjih i operativnih troškova otočnog sustava i pogona radnih strojeva

INVESTICIJSKI TROŠKOVI OTOČNOG SUSTAVA		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
FN sustav	47.960 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-11, u skladu s opremom navedenom u tablici 4-87.
OPERATIVNI TROŠKOVI		
OTOČNI SUSTAV		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Količina dizel goriva za generator za 1. godinu	320 L/1.god	Godišnja potreba goriva za rada dizel generatora procijenjena je prema slici 4-74
Troškovi dizel goriva generatora	337 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
Troškovi održavanja i osiguranja	480 €/1.god	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-11 na osnovu instalirane snage FN modula i kapaciteta baterija. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene pretvarača na polovici životnog vijeka	4.280 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-12 na osnovu instalirane snage FN modula.
Troškovi zamjene baterija u 8. i 16. godini	11.700 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-12 na osnovu kapaciteta baterija.
RADNI STROJEVI		
Količina dizel goriva za radne strojeve za 1. godinu	1.030 L/1.god	Godišnja potreba goriva za rada dizel generatora procijenjena je prema poglavlju 4.9.3.
Troškovi dizel goriva radnih strojeva	1.084 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
REKAPITULACIJA OPERATIVNIH TROŠKOVA		
Procijenjeni operativni troškovi za otočni sustav	480 €/1.god	Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Procijenjeni operativni troškovi dizel goriva za radne strojeve i dizel generator	1.421 €/1. god.	Zbroj stavki troškova za dizel gorivo na nivou cijele pretvarne stanice. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene 2 seta baterija i jedne zamjenu pretvarača	15.980 €	Zbroj jednokratnih troškova zamjene pretvarača i baterija svedeni na sadašnju vrijednost.
UKUPNI OPERATIVNI TROŠKOVI SVEDENI NA PRVU GODINU		
Ukupni operativni troškovi kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	18.403 €	Uračunata stopa inflacije od 2% i diskontna stopa 5%
Ukupni troškovi dizel goriva kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	25.640 €	Uračunata stopa inflacije od 2% i diskontna stopa 5%.

4.9.5 Odabir optimalne varijante

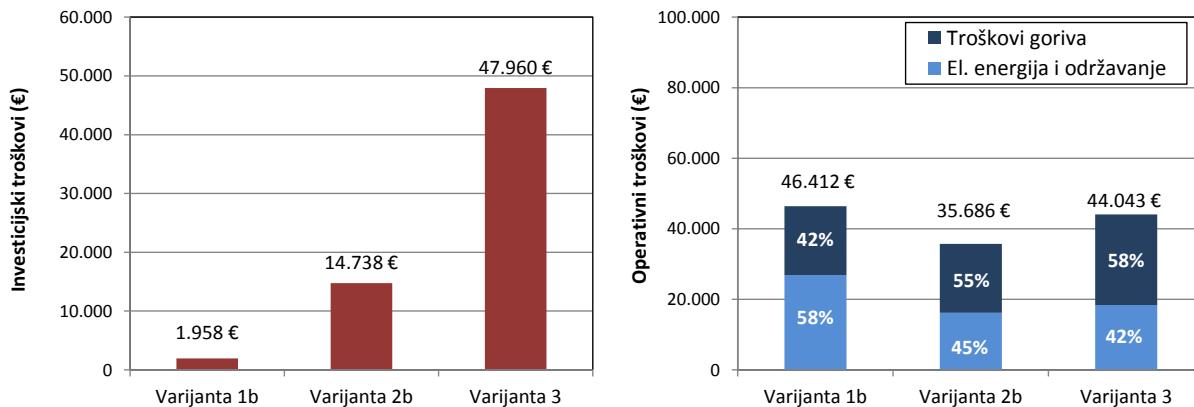
U sljedećoj tablici dana je rekapitulacija rezultata razmatranih varijanti te su dani ukupni troškovi sustava svedeni na sadašnju vrijednost (NPC) što je osnovni kriterij za odabir.

Ukupni troškovi sustava (NPC) u životnom vijeku od 25 godina, računati su kao zbroj početnih troškova investicije u prvoj godini i svih troškova održavanja (osnovnih, jednokratnih i goriva) uzimajući u obzir inflaciju po stopi od 2% i rast cijene el. energije od 3% te svedenih na prvu godinu sa diskontnom stopom od 5%. Navedeni proračun ukupnih troškova investicije i održavanja se koristi samo za potrebe usporedbe promatranih varijanti te odabira one koja će u konačnici imati najmanji trošak za investitora.

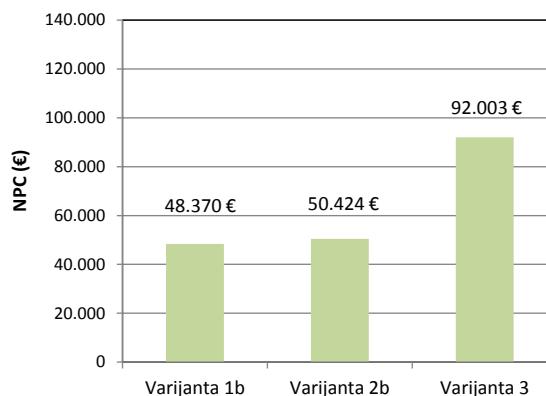
Tablica 4-89 Sumarni prikaz investicijskih i operativnih troškova po varijantama

Varijanta	Investicijski troškovi (€)			Operativni troškovi (€)				Ukupno NPC (€)	
	Priključak na mrežu (€)	Vlastiti sustav (€)	Ukupno (€)	Osnovni troškovi (€/god)	Troškovi goriva (€/god)	Jednokratni troškovi (€)	Ukupno 25 god (disk. 5%)		
							Osnovni troškovi (€)	Gorivo (€)	
Varijanta 1b	1.958	-	1.958	1.340	1.084	-	26.853	19.559	48.370
Varijanta 2b	1.958	12.780	14.738	787	1.084	640	16.145	19.559	50.442
Varijanta 3	-	47.960	47.960	480	1.421	15.980	18.403	25.640	92.003

Na slijedećim slikama grafički su prikazani investicijski i operativni troškovi te ukupna NPC pojedine varijante.



Slika 4-75 Investicijski troškovi i operativni troškovi diskontirani na nultu godinu



Slika 4-76 Neto sadašnji trošak NPC za promatrane varijante

Prema prethodno prikazanim rezultatima, iako je vrijednost NPC-a najniži za varijantu 1b), preporuča se izvedba sustava napajanja prema varijanti 2b). Unatoč što ista ima cca 2.000 € veći NPC iznos od varijante 1b), zbog male razlike predlaže se uvažiti pozitivne efekte proizvodnje električne energije iz energije sunca, kao i usklađenje sa rješenjima ostalih pretovarnih stanica u sklopu ŽCGO za koje se preporuča FN sustav.

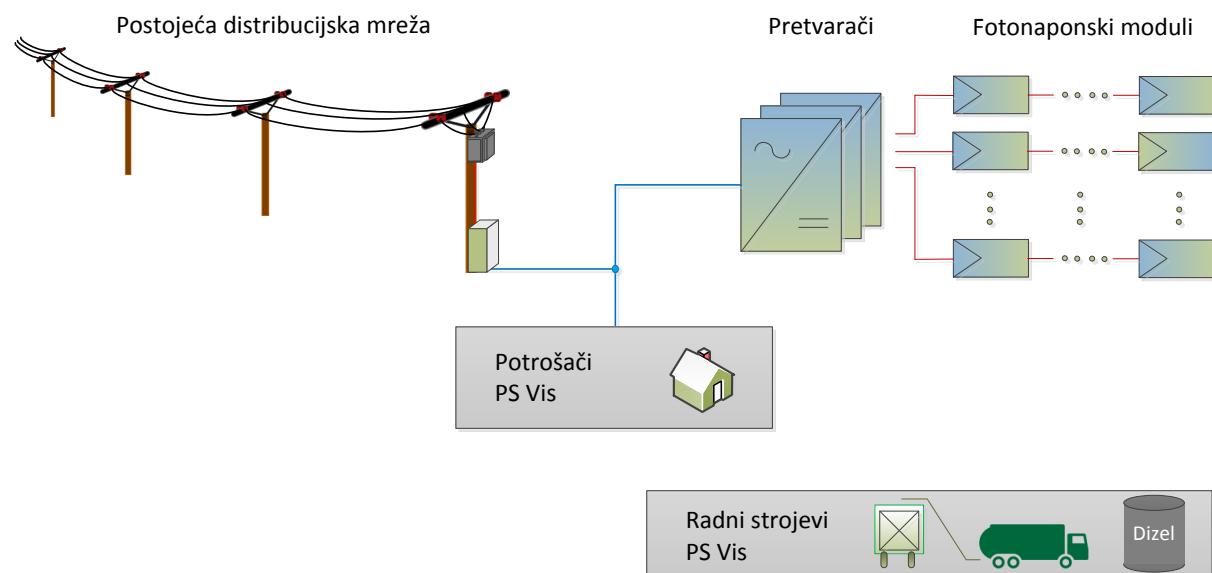
Ukupna investicijska vrijednosti za varijantu 2b) iznosi cca 14.738 €. Ukupni osnovni troškovi održavanja u prvoj godini iznose oko 787 €, čemu je potrebno pridodati i godišnje troškove goriva u iznosu od 1.084 €, kao i troška zamjene pretvarača koji je procijenjen na cca 640 €. Dakle, sadašnji NPC trošak sustava iznosi 50.424 € što je oko 45% manje u odnosu na varijantu 3).

4.9.6 Analiza rada sustava za predloženu varijantu

Za FN sustav PS Vis odabirom varijante 2b) predviđeni su slijedeći elementi sustava:

- FN sustav priključen na elektroenergetsku mrežu,
- FN moduli ukupne instalirane snage 8 kWp,
- pretvarač (inverter) instalirane snage 8 kW.

Načelna shema sustava prikazana je slijedećom slikom.

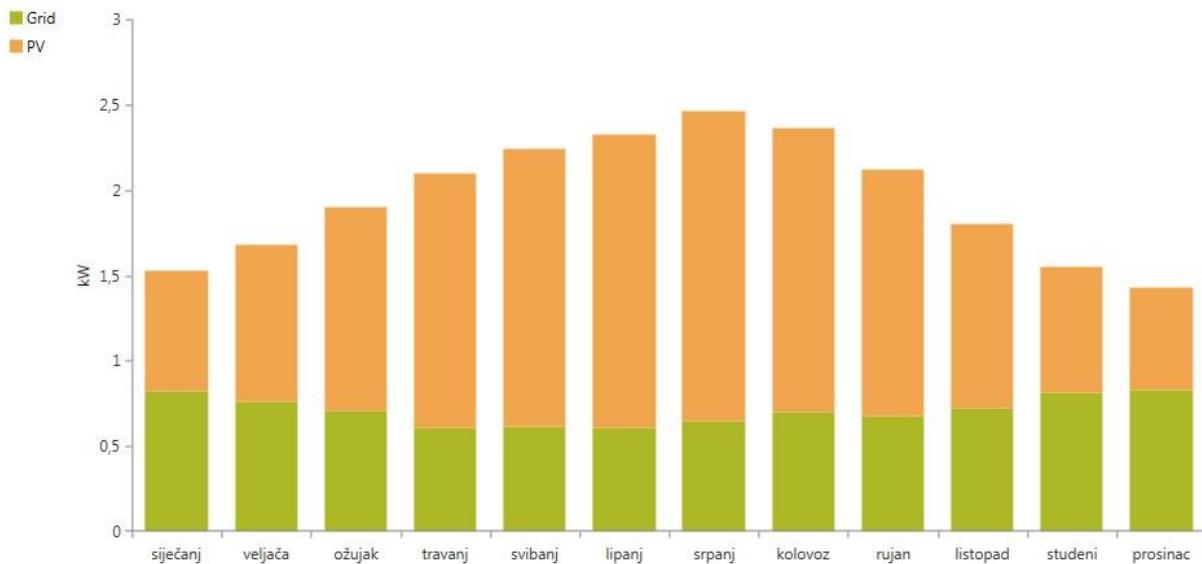


Slika 4-77 Načelna shema sustava napajanja PS Vis

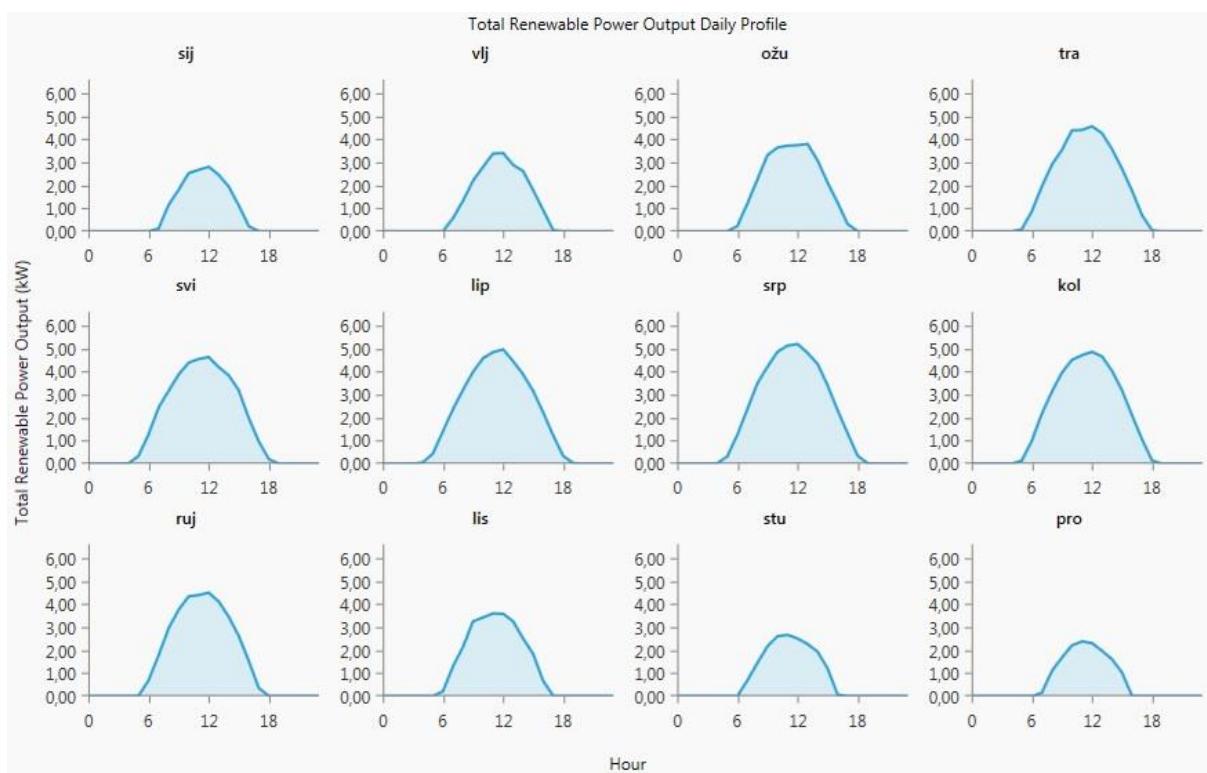
Simulacijom u programskom paketu HOMER dobiveni su podaci o radu FN sustava.

Po pitanju nagiba FN modula najbolje rezultate prema NPC kriteriju daje slučaj sa nagibom 20°. Iako je za FN sustave često povoljnije ići na veći nagib koji odgovara većoj zimskoj proizvodnji kada je manje sunčevog zračenja, u ovom slučaju bitan je parametar povećana ljetna potrošnja zbog sezonskih oscilacija mjesecnih količina otpada.

Na slici 4-78 dani je prikaz udjela FN sustava u prosječnoj dnevnoj angažirane snazi PS Vis za svaki mjesec, a na slici 4-79 dan je prikaz prosječnog mjesecnog profila snage FN sustava.



Slika 4-78 Prosječne dnevne angažirane snage i udio FN sustava – HOMER



Slika 4-79 Prosječni dnevni profili snage iz FNE - HOMER

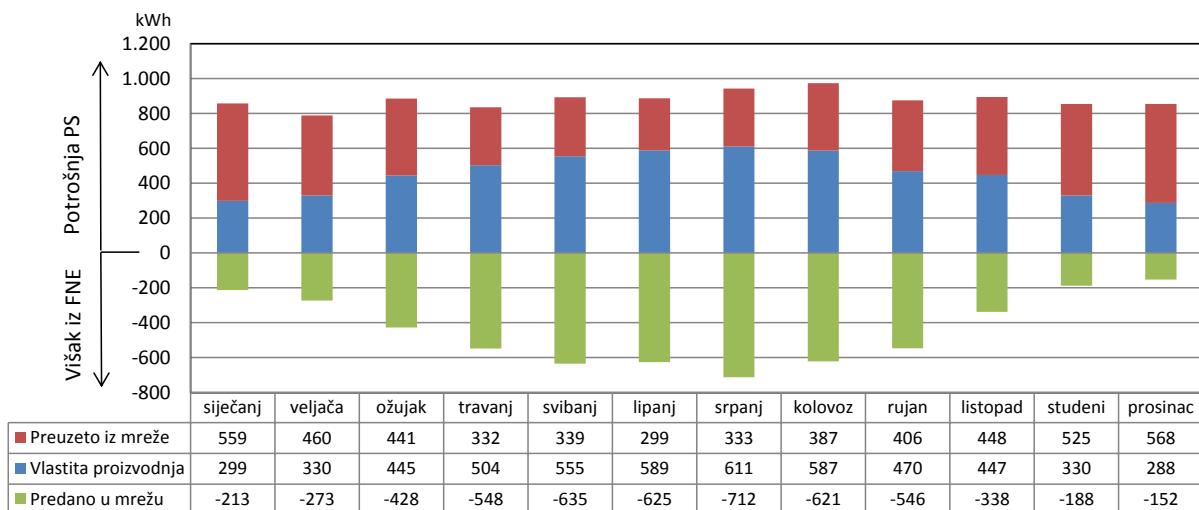
FN moduli su planirani s nagibom 20° i azimutom 0° te je potrebno gubitke zbog međusobnog zasjenjenja redova fotonaponskih nizova svesti na najmanju moguću mjeru. Najniža podnevna visina sunca na lokaciji je 22.XII i iznosi 23° tako da su odabrane zaštitne zone konstruirane prema kutu zasjenjenja od 23° . U skladu s navedenim međusobni razmaci između redova modula iznositi će minimalno 0,8 m.

Treba naglasiti da se radi o FN sustavu za pretežito vlastitu potrošnju tako da proizvodnja FN sustava ne odgovara u potpunosti općoj potrošnji PS, a mogući su slijedeći scenariji:

- Proizvodnja FN sustava je veća od opće potrošnje. Višak proizvodnje se predaje u mrežu.

- Proizvodnja FN sustava je manja od opće potrošnje. Manjak u proizvodnji se preuzima iz distribucijske mreže.

Uvažavajući prethodno navedeno, napravljen je proračun proizvodnje FNE za simulirani profil potrošnje po mjesecima bez velikih radnih strojeva, odnosno za opću potrošnju. Potrošnja el. energije PS Vis dijelom se pokriva vlastitom proizvodnjom iz FNE a dio se preuzima iz mreže. Na slijedećoj slici prikazana je potrošnja el. energije PS Vis te predani višak el. energije proizveden iz FNE.



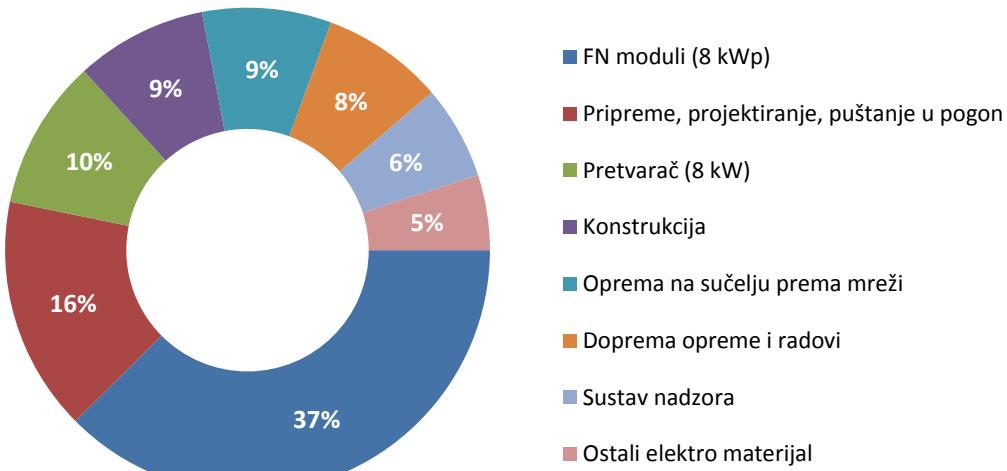
Slika 4-80 Potrošnja PS Vis i višak predan u mrežu

4.9.7 Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova

Investicijski troškovi za odabranu varijantu prikazani su u slijedećom tablicom.

Tablica 4-90 Investicijski troškovi - Varijanta 2b)

Varijabilni troškovi - FN Sustav (8 kWp)	€/kWp	Ukupno [€]
FN moduli	600	4.800
Konstrukcija	140	1.120
Ostali el. materijal	80	640
Radovi	90	720
Pretvarač	160	1.280
Nepredviđeni troškovi	40	320
Fiksni troškovi	€	
Sustav nadzora	800	
Oprema na sučelju prema mreži	1.100	
Pripreme, projektiranje, dozvole, puštanje u pogon	2.000	
Ukupno investicijski troškovi troškovi	€	
Ukupno		12.780



Slika 4-81 Udio troškova u ukupnoj investiciji

4.9.8 Procjena troškova upravljanja i održavanja

Procijenjeni troškovi održavanja za prvu godinu rada dani su u slijedećoj tablici.

Tablica 4-91 Procijenjeni troškovi održavanja

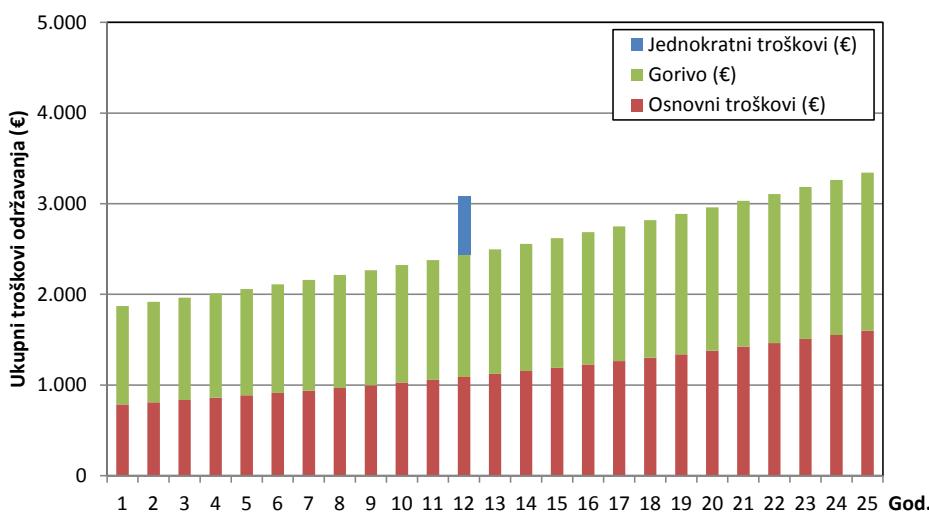
Troškovi rada FN elektrane (1. godina) - OPEX		
Redovito održavanje i upravljanje (% od investicije)	0,5%	64 €
Osiguranje (% od investicije)	0,5%	64 €
Ukupni troškovi rada 1. godina		128 €
Jednokratni budući troškovi (trošak zamjene pretvarača)		
Termin zamjene pretvarača (godina nakon izgradnje)	12 god.	
Trošak zamjene pretvarača (% od početne cijene pretvarača)	50%	640 €
Troškovi dizel goriva za velike strojeve (1. godina)		
Dizel gorivo za radne strojeve (1. godina rada)	1.030 l	1.084 €

S obzirom da je životni vijek elektrane 25 god u tablici 4-92 dani su troškovi po godinama te diskontirani troškovi sa stopom od 5%. Rast cijena goriva i osnovnih troškova održavanja pretpostavljen je sa stopom inflacije od 2%, dok je rast cijene el. energije pretpostavljen sa stopom od 3%.

Tablica 4-92 Prikaz procijenjenih troškova održavanja po godinama rada

Godina	Nediskontirano				Diskontirano (5%)	
	Osnovni troškovi (€)	Jednokratni troškovi (€)	Gorivo (€)	Ukupno (€)	Ukupno troškovi (€)	Kumulativno (€)
1	787	0	1.084	1.871	1.871	1.871
2	811	0	1.106	1.916	1.825	3.696
3	835	0	1.128	1.963	1.780	5.476
4	860	0	1.150	2.010	1.737	7.213
5	886	0	1.173	2.059	1.694	8.907
6	912	0	1.197	2.109	1.653	10.560
7	940	0	1.221	2.160	1.612	12.172
8	968	0	1.245	2.213	1.573	13.745
9	997	0	1.270	2.267	1.534	15.279
10	1.027	0	1.295	2.322	1.497	16.776
11	1.058	0	1.321	2.379	1.461	18.236
12	1.089	640	1.348	3.077	1.799	20.036
13	1.122	0	1.375	2.497	1.390	21.426
14	1.156	0	1.402	2.558	1.357	22.783
15	1.190	0	1.430	2.621	1.324	24.106
16	1.226	0	1.459	2.685	1.292	25.398
17	1.263	0	1.488	2.751	1.260	26.658
18	1.301	0	1.518	2.819	1.230	27.888
19	1.340	0	1.548	2.888	1.200	29.088
20	1.380	0	1.579	2.959	1.171	30.259
21	1.421	0	1.611	3.032	1.143	31.402
22	1.464	0	1.643	3.107	1.115	32.517
23	1.508	0	1.676	3.184	1.088	33.605
24	1.553	0	1.709	3.263	1.062	34.667
25	1.600	0	1.744	3.343	1.037	35.704

Na slijedećoj slici grafički su prikazani nediskontirani troškovi održavanja kako za osnovne troškove održavanja tako i za troškove dizel goriva.



Slika 4-82 Ukupni troškovi održavanja – nediskontirano

4.9.9 Zaključak

Za PS Vis, iako temeljem kriterija najnižeg sadašnjeg troška sustava (NPC) varijanta 1b) ima najnižu vrijednost, zbog gotovo zanemarive razlike u usporedbi s varijantom 2b), predlaže se izvedba napajanja prema varijanti 2b) koja podrazumijeva priključak na mrežu i FN sustav instalirane snage 8 kWp, prilagođen napajanju općih potrošača, dok se za pogon radnih strojeva (transporter, poluprikolica) koristi dizel gorivo. Odabir varijante 2b) usklađen je sa rješenjima ostalih pretovarnih stanica u sklopu ŽCGO za koje se također preporuča FN sustav. Prema odabranoj varijanti, konfiguracija sustava dana je slijedećom tablicom.

Tablica 4-93 Konfiguracija sustava za PS Vis

Uzni podaci PS Vis	
Priključna snaga PS na distribucijsku mrežu	11 kW
Priključna snaga FNE	8 kW
Potrošnja el. energije PS Vis bez instalirane FNE	10.533 kWh/1.god.
Proizvodnja FNE	10.734 kWh/1.god.
Potrošnja el. energije PS Vis s instaliranom FNE	5.098 kWh/1.god.
Predano u mrežu (višak u proizvodnji FNE)	5.280 kWh/1.god.
Potrošnja dizel goriva za pogon radnih strojeva	1.030 L/1.god.

Ukupni investicijski troškovi izgradnje FNE prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-94 Investicijski troškovi izgradnje FNE instalirane snage 8 kWp

Investicijski troškovi FN sustava 8 kW	€
Ukupno:	12.780
Investicijski troškovi priključka PS Vis na mrežu	€
Ukupno:	1.958
Ukupno investicijski troškovi	€
Ukupno:	14.738

Ukupni operativni troškovi, koji podrazumijevaju trošak el. energije, operativne troškove za FN sustav i pogon radnih strojeva na dizel gorivo te budući jednokratni troškovi zamjene pretvarača u 12. godini, prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-95 Operativni troškovi izgradnje FNE

Operativni troškovi	€/1.god
Održavanje i osiguranje FN sustava	128
Efektivna potrošnja el. energije PS	659
Dizel gorivo za pogon radnih strojeva	1.084
Ukupno:	1.871
Budući jednokratni troškovi	€
Zamjena pretvarača (invertera) u 12. godini	640

4.10 Planiranje FN sustava za PS Zagvozd

4.10.1 Lokacija PS Zagvozd

Pretovarna stanica Zagvozd planira se na području Općine Zagvozd. Lokacija se nalazi cca 3,2 km jugozapadno od naselja Zagvozd te 10,8 km sjeveroistočno od Grada Imotskog.

Planirana lokacija se nalazi na blago nagnutom terenu okrenutom prema sjeveru, no svejedno se radi o povoljnem terenu s obzirom na iskoristivost sunčevog zračenja.

Situacija PS Zagvozd na ortofoto podlozi dana je na slijedećoj slici.



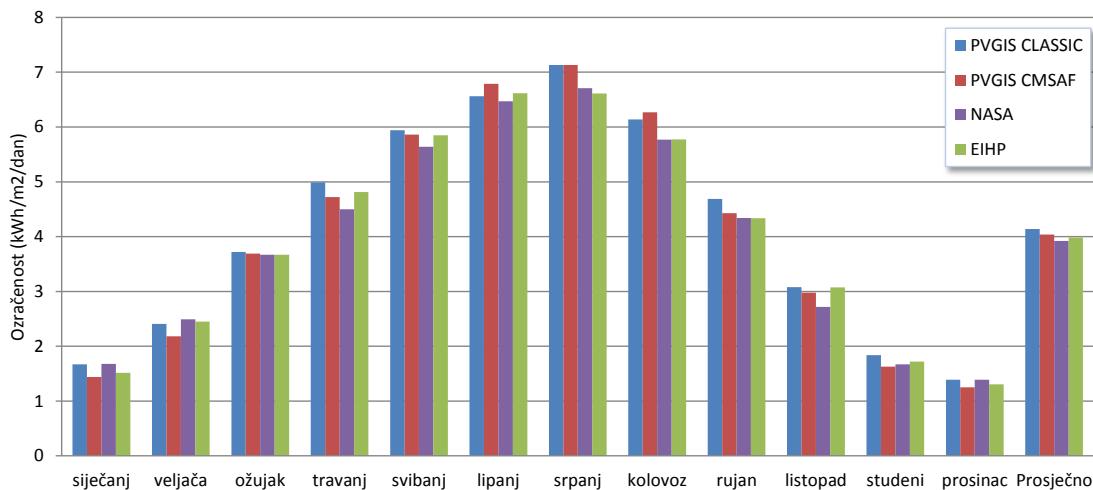
Slika 4-83 Položaj lokacije PS Zagvozd na ortofoto podlozi

4.10.2 Javno dostupni dugoročni podaci sunčeva zračenja, energetski potencijal lokacije i sunčevi dijagrami

Javno dostupni podaci Sunčeva zračenja koji se mogu koristiti za lokaciju PS Zagvozd su:

- PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) s dvije baze podataka (PVGIS –Classic i Climate SAF PVGIS),
- NASA (Surface Meteorology and Solar Energy),
- EIHP (Sunčev zračenje na području Republike Hrvatske, Energetski institut Hrvoje Požar, Zagreb, ožujak 2007.).

Mjesečni prosjeci srednje dnevne globalne ozračenosti horizontalne plohe prikazani su na slijedećoj slici.



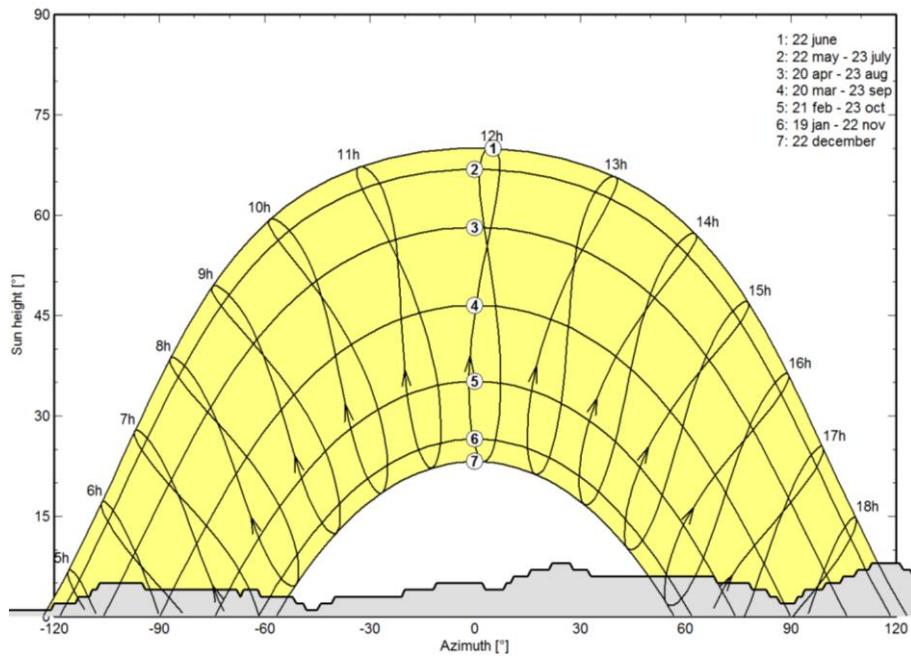
Slika 4-84 Usporedba horizontalne ozračenosti iz različitih javno dostupnih izvora

Mjesečni prosjeci dnevnih vrijednosti srednjih temperatura, difuzne ozračenosti te globalne ozračenosti horizontalne plohe, preuzeti su iz izvora PVGIS CMSAF. Kako PVGIS CMSAF daje niže vrijednosti ozračenosti od ostalih dostupnih izvora, može se smatrati da je procjena više na strani sigurnosti. Korišteni podaci su prikazani u slijedećoj tablici.

Tablica 4-96 Mjesečni projekti temperatura i dnevnih ozračenosti horizontalne plohe na lokaciji PS Zagvozd

Mjesec	Projek dnevne temperature zraka [°C]	Projek globalne dnevne ozračenosti horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]	Projek difuzne dnevne ozračenosti horizontalne plohe [kWh/m ² /dan]
siječanj	1.1	1.44	0.90
veljača	1.9	2.18	1.25
ožujak	5.5	3.69	1.82
travanj	9.7	4.72	2.35
svibanj	14.6	5.86	2.79
lipanj	18.7	6.79	2.89
srpanj	21.6	7.13	2.57
kolovoz	21.5	6.27	2.33
rujan	15.7	4.43	1.78
listopad	11.7	2.98	1.39
studen	7.0	1.63	0.98
prosinac	2.4	1.25	0.81
projek	11.0	4.04	1.82

Na slijedećoj slici prikazan je utjecaj reljefa na trajanje sunčanog dana, iz koje je vidljivo da reljef nema značajan utjecaja na proizvodnju sustava osim ujutro neposredno nakon izlaska te predvečer prije zalaska sunca.



Slika 4-85 Prikaz konture reljefa preklopljene sa Sunčevim dijagramom na lokaciji PS Zagvozd

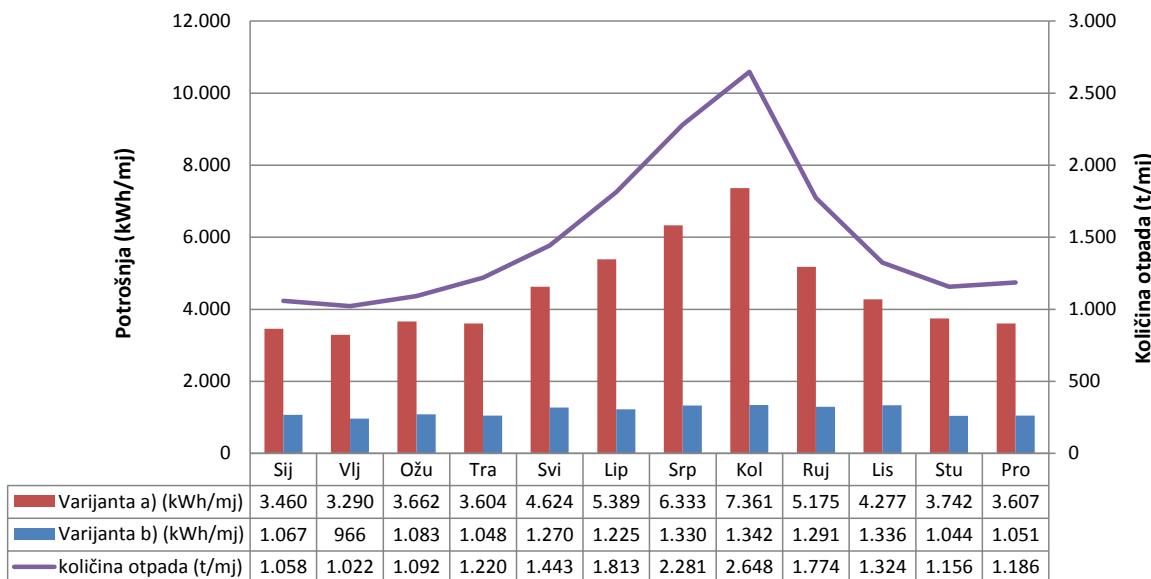
4.10.3 Analiza raspoloživih podataka o potrošnji električne energije

Budući da je pretovarna stanica u fazi planiranja potrebno je procijeniti mjesecnu potrošnju električne energije i dnevne profile potrošnje na temelju dostavljenih podataka o planiranim pretovarenim količinama otpada te planiranim trošilima unutar PS.

U varijanti kada se radni strojevi pogone direktno na dizel gorivo, prema dostavljenim podacima potrebno je, prema poglavlju 4.1, ukupno oko 5,82 litra goriva za pogon svih strojeva tokom jednog punjenja poluprikolice od 20t otpada. Budući da je planirana količina otpada za pretovar na PS Zagvozd iznosi **18.017 t/god**, prema prethodno spomenutoj količini potrebnog goriva za 20t otpada, potrebna količina goriva se može se procijeniti na 5.236 l/god. U praksi tijekom hladnijih mjeseci i u slučaju rada strojeva sa većim brojem pokretanja za pretovar manje količine otpada može se povećati ukupna potrošnja goriva. Stoga će se proračunata vrijednost uvećati za korekcijski faktor od 1,2 te se procjenjuje potrošnja goriva na iznos od 6.283 l/god.

Ukupna dostavljena godišnja količina otpada za pretovar prikazana je na slici 4-86 po mjesecima. Na temelju ulaznih podataka procijenjena je potrošnja električne energije za dvije varijante:

- Varijanta a) – cijelokupna potrošnja PS napaja se električnom energijom, bilo iz mreže ili sustava napajanja u otočnom pogonu. Procijenjena godišnja potrošnja električne energije je oko **54.524 kWh**.
- Varijanta b) – električnom energijom napaja se samo opća potrošnja, radni strojevi rade na dizel gorivo. Ukupna godišnja potrošnja električne energije je oko **14.053 kWh**, a potrebna količina dizel goriva je oko **6.283 l/god**.

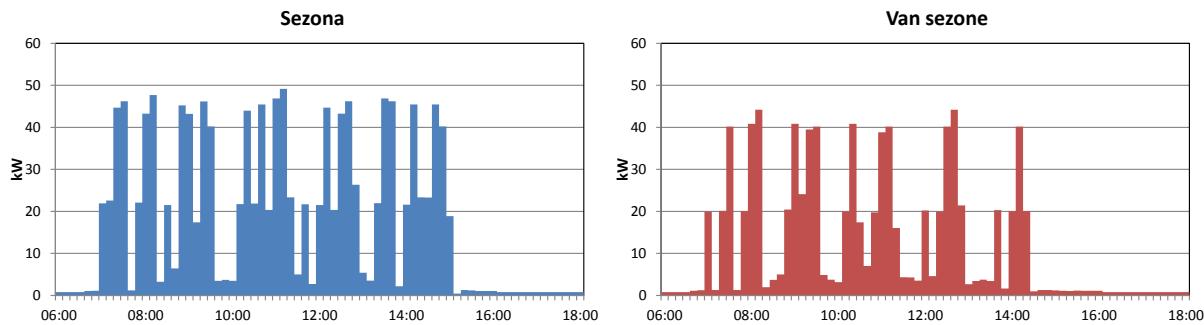


Slika 4-86 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Zagvozd

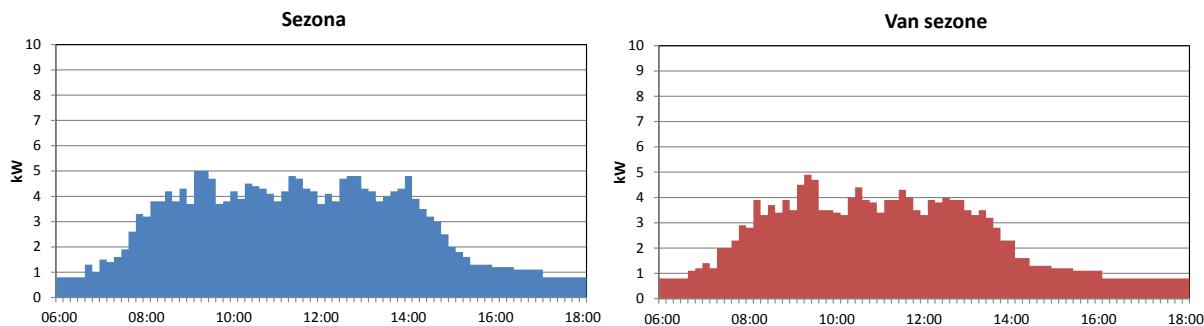
Tijekom turističke sezone od lipnja do rujna količina pretovarenog otpada je čak dva do tri puta veća u odnosu na preostala razdoblja u godini što utječe i na povećanje potrošnje električne energije. Može se primijetiti da simulirana potrošnja u varijanti b) ne ovisi značajno o količini pretovarenog otpada jer se radi o općim potrošačima.

Prosječna dnevna potrošnja električne energije u varijanti b) kada se napajaju samo opća trošila u PS je oko 39 kWh/dan na razini cijele godine. Razlika potrošnje u varijantama a) i b) predstavlja potrošnju električne energije radnih strojeva koja je procijenjena je na temelju dostavljenih podataka Naručitelja koji su prikazani u poglavlju 4.1. Zbog većih količina otpada u ljetnim mjesecima vidljivo je i povećanje razlike u potrošnji varijanti a) i b) koje odgovara povećanoj potrošnji radnih strojeva.

Na slikama 4-87 i 4-88 prikazan je dnevni profil potrošnje za varijante a) i b), i to za jedan karakteristični radni dan u sezoni, odnosno van turističke sezone. Tijekom noćnih sati pretpostavljena potrošnja je do 1 kW za obje varijante, dok tokom dana visoki skokovi u angažiranoj snazi predstavljaju pokretanje radnih strojeva (transportera i poluprikolice). U varijanti b) za vrijeme pretovara kada se koristi vaga, uređaj za pranje kotača vozila i klima pretpostavljeno je vršno opterećenje od 4-5 kW. Navedeni profili potrošnje modelirani su u 10 minutnoj rezoluciji te su skalirani za svaki mjesec u godini kako bi ukupna potrošnja odgovarala proračunatim mjesecnim vrijednostima.



Slika 4-87 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta a) - napajanje cjelokupne potrošnje PS



Slika 4-88 Potrošnja električne energije pretovarne stanice – Varijanta b) – napajanje opće potrošnje

Treba napomenuti da su prikazani dijagrami aproksimacije konstruirane na temelju dostavljenih ulaznih podataka koji su raspoloživi u ovoj fazi razrade projekta. Konačno dimenzioniranje sustava potrebno je napraviti u fazi glavnog projekta.

4.10.4 Analiza varijantnih rješenja i odabir osnovnog rješenja napajanja PS

4.10.4.1 Varijanta napajanja 1 b) - klasični priključak na elektroenergetsku mrežu – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom

S obzirom na zaključke poglavlja 4.2.6, a prema dostavljenim podacima o planiranim godišnjim količinama otpada za PS Zagvozd odabrana je Varijanta b) koja podrazumijeva napajanje samo opće potrošnje PS električnom energijom, dok se za pogon radnih strojeva koristi dizel gorivo. Međutim, potrebno je napomenuti da se radi o gotovo graničnom slučaju jer je procijenjena količina otpada od cca 18.000 t/god. vrlo blizu orientacijske vrijednosti od 20.000 t/god. kod koje se preporuča pogon radnih strojeva na el. energiju.

Uspoređujući investicijske troškove za priključak u oba slučaja radi se o relativno zahtjevnom priključku na postojeću distribucijsku mrežu koja uključuje povezivanje na srednjenačinsku mrežu i transformaciju napona te su troškovi priključenja u obje varijanti gotovo isti bez obzira na razliku u priključnoj snazi.

Naime, promatrana lokacija za PS Zagvozd nalazi se cca 3,2 km jugozapadno od naselja Zagvozd te 10,8 km sjeveroistočno od Grada Imotskog. Trenutno ne postoji mogućnost priključka na elektroenergetsку mrežu na samoj lokaciji planirane pretovarne stanice. Najbliža distribucijska trafostanica TS 10/0,4 kV udaljena je oko cca 2,5 km od planirane lokacije PS.

Troškovi priključka u ovom slučaju snosi investitor te se isti obračunavaju prema stvarnoj cijeni priključka. Iako se u varijantama b) razmatra napajanje općih trošila električnom energijom vršne snage do 5 kW, zbog velike udaljenosti od mreže i potrebe izgradnje SN priključnog kabela, cijene priključka ne ovisi o priključnoj snazi s obzirom na raspon snaga potreban u PS. Budući da je vršna snaga potrošača PS 48 kW ista će se razmatrati kao priključna snaga same PS na elektroenergetsku mrežu. U slijedećoj tablici dani su procijenjeni troškovi priključka za potrebnu priključnu snagu od 48 kW.

Tablica 4-97 Troškovi priključka na elektroenergetsку mrežu – PS Zagvozd

Stavka	Količina	Ukupno (€)
Stupna TS 10/0,4 kV – do 100kW	1	26.320
Kabel 10 kV	2,5 km	98.675
Projektna dokumentacija		3.000
Ukupno (€):		127.995

Procijenjeni investicijski troškovi priključka na elektroenergetsku mrežu iznose oko 127.995 €, što je u odnosu na planiranu priključnu snagu od oko 48 kW velika investicija. Jedinični troškovi po kW priključne snage iznose oko 2.667 €/kW.

Sa strane troškova upravljanja i održavanja u budućnosti mogu se izdvojiti troškovi za električnu energiju budući da nema drugih značajnijih troškova. Prema dostavljenim količinama otpada, procijenjenoj potrošnji električne energije, cijenama električne energije (tarifni model NN Crveni, tablica 4-4) i profilima potrošnje proračunati troškovi za električnu energiju na godišnjoj razini prikazani su tablicom 4-98. Prema modeliranim profilima potrošnje udio više tarife je 75% a niže 25% u ukupnoj potrošnji. Također na temelju simulirane potrošnje dobivena je prosječna mjesecna vršna angažirana snaga iz mreže kroz cijelu godinu od 5 kW.

Tablica 4-98 Procjena godišnjih troškova električne energije

Troškovi za el. energiju	%	Iznos	Ukupno (€)
Potrošnja u višoj tarifi (kWh)	75%	10.540 kWh	1.001
Potrošnja u nižoj tarifi (kWh)	25%	3.513 kWh	225
Prosječno angažirana snaga (kW)	12 mjeseci	5,0 kW	351
Naknade za mjernu uslugu	12 mjeseci	10 €/mj.	120
Ukupno (€/god)			1.697
Troškovi za električne energije kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu			
Ukupni troškovi za el. energiju svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)			34.007 €

Dakle, ukupni procijenjeni troškovi električne energije iznose oko 1.697 €/god. Uz pretpostavku rasta cijena električne energije od 3% i diskontnu stopu od 5% ukupni troškovi električne energije u periodu od 25 godina svedeni na prvu godinu iznose 34.007 €.

Troškovi pogona radnih strojeva na dizel gorivo prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-99 Procjena godišnjih troškova pogona radnih strojeva

OPERATIVNI TROŠKOVI POGONA RADNIH STROJEVA		
Stavka	Iznos	Pojašnjenje
Količina dizel goriva za radne strojeve za 1. godinu	6.283 L/1.god	Poglavljem 4.10.3 procijenjena je potrebna količina goriva potrebna za pogon radnih strojeva
Troškovi dizel goriva radnih strojeva	6.616 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
Troškovi za pogon radnih strojeva kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu		
Ukupni troškovi dizel goriva svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)		119.375 €

Dakle, ukupni procijenjeni troškovi dizel goriva iznose oko 6.616 € za prvu godinu rada, a za sve slijedeće godine pretpostavljen je rast cijena sa stopom inflacije od 2%. U konačnici ukupni troškovi goriva tokom životnog vijeka, diskontirani sa stopom od 5% su procijenjeni na 119.375 €, uz pretpostavku nepromijenjene količine otpada kroz godine.

4.10.4.2 Varijanta 2b) - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom - samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom

Varijanta napajanja 2b) je nadopunjena varijanta 1b) u kojoj se uz priključak na mrežu ugrađuje dodatno i FN sustav. Troškovi priključka na električnu mrežu identični su kao i u varijanti 1b).

Veličina fotonaponskog sustava se dimenzionira s obzirom na kriterij okvirnog podudaranja godišnje proizvodnje FN sustava te očekivane godišnje opće potrošnje PS Zagvozd, bez radnih strojeva koji su pogonjeni direktno na dizel gorivo. Ukupna godišnja potrošnja električne energije procijenjena je na 14.053 kWh, a procijenjena proizvodnja sustava od 12 kWp, uz okvirnu procjenu proizvodnje za ovu lokaciju od 1250 kWh/kW, je oko 14.800 kWh. No, imajući u vidu da je predviđena priključna snaga priključka 11 kW, odabire se FN sustav od 11 kWp uz okvirnu procjenu proizvodnje od oko 13.566 kWh.

U slijedećoj tablici, na osnovu simulacije u programskom paketu HOMER, dana je osnovna bilanca potrošnje i proizvodnje uz instaliranje FN sustava 11 kW u paralelnom radu s mrežom.

Tablica 4-100 Bilanca proizvodnje i potrošnje

Bilanca proizvodnje i potrošnje		
	%	kWh
Proizvodnja	100%	13.566
Direktno korišteno	62%	8.431
Isporučeno u mrežu	38%	5.135
Potrošnja	100%	14.053
Kupljeno iz mreže	40%	5.622
Vlastita proizvodnja	60%	8.431

Investicijski i operativni troškovi

Investicijski i operativni troškovi dani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-101 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije

INVESTICIJSKI TROŠKOVI PRIKLJUČKA NA MREŽU		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Priključak na mrežu	127.995 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-97.

INVESTICIJSKI TROŠKOVI FN SUSTAVA		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
FN sustav	16.110 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7.

OPERATIVNI TROŠKOVI FN SUSTAVA		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Troškovi održavanja i osiguranja	161 €/1.god	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7 na osnovu instalirane snage FN sustava. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene pretvarača na polovici životnog vijeka	880 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-7 na osnovu instalirane snage FN sustava.

OPERATIVNI TROŠKOVI POGONA RADNIH STROJEVA		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Količina dizel goriva za radne strojeve za 1. godinu	6.283 L/1.god	Poglavljem 4.10.3 procijenjena je potrebna količina goriva potrebna za pogon radnih strojeva te iznosi 6.283 l/god.
Troškovi dizel goriva radnih strojeva	6.616 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
Troškovi za pogon radnih strojeva kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu		
Ukupni troškovi dizel goriva svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)		119.375 €

Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava

Pod pojmom prihoda smatra se dobit od prodaje proizvedene električne energije direktno u mrežu, kao i umanjenje računa za električnu energiju zbog dijela proizvodnje iskorištene direktno u sustavu.

Procjena prihoda dana je u slijedećoj tablici.

Tablica 4-102 Procjena prihoda uslijed proizvodnje električne energije FN sustava

UŠTEDA ZBOG DIREKTNO KORIŠTENE PROIZVEDENE EL. ENERGIJE		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Vrijednost direktno korištene energije iz FNE	0,093 €/kWh	Veliki dio proizvodnje događa za vrijeme više tarife i iznosi oko 95% proizvodnje, a tek 5% za vrijeme niže tarife. Prikazani iznos je ponderirana aritmetička sredina cijena više i niže tarife.
Iznos direktno korištene el. energije	8.431 kWh	Proračunata vrijednost za instaliranu snagu FN sustava od 11 kW, prema tablici 4-100. Navedena vrijednost u najvećojmjeri ovisi o prepostavljenom profilu potrošnje PS.
Ušteda zbog direktno iskorištene proizvedene el. energije	788 € / 1. god.	Ušteda za iduće godine uskladjuje se s obzirom na degradaciju FN modula i stopu rasta cijene el. energije od 3%.

PRIHOD OD PREDANE EL. ENERGIJE U MREŽU		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Otkupna cijena el. energije predane u mrežu	0,033 €/kWh	Iznos preuzet prema tablici 4-4 (0,25 kn/kWh).
Iznos direktno korištene energije	5.135 kWh	Proračunata vrijednost za instaliranu snagu FN sustava od 11 kW, prema tablici 4-100. Navedena vrijednost u najvećojmjeri ovisi o prepostavljenom profilu potrošnje PS.
Prihod od predane el. energije u mrežu	169 € / 1. god.	Prihod za iduće godine uskladjuje se s obzirom na degradaciju FN modula i stopu rasta cijene el. energije od 3%

UKUPNO POVEĆANJE PRIHODA ZBOG INSTALACIJE FN SUSTAVA		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Ukupni prihodi	957 €/god	Zbroj uštede zbog direktno iskorištene proizvedene el. energije i prihoda od predane el. energije u mrežu (gornji dio tablice)

Utjecaj rada FN sustava na umanjenje efektivnih troškova el. energije

Temeljem procijenjenih prihoda zbog proizvodnje električne energije iz FN sustava računa se efekt umanjenja ukupnih troškova električne energije, tj. procjena efektivnih troškova el. energije uz rad FN sustava.

Tablica 4-103 Efektivni godišnji troškovi el. energije uz rad FN sustava

Smanjenje računa za električnu energiju	
1. Procijenjeni troškovi za el. energiju bez FNE	1.697 €
2. Procijenjeni troškovi održavanja sustava FNE	161 €
3. Procijenjene uštede i prihodi izgradnjom FNE	957 €
Efektivni troškovi el. energije PS: (1) + (2) - (3)	902 €
Operativni troškovi za električne energije kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	
Ukupni troškovi za električnu energiju svedeni na prvu godinu (disk. stopa 5%)	19.242 €

Ugradnja FN sustava snage 11 kWp zadovoljilo bi se 60% vlastitih potreba za električnom energijom te bi se smanjili troškovi za električnu energiju za oko 47%, tj sa 1.697 €/god na 902 €/god, što rezultira uštedom od 796 €/god.

Uz pretpostavku rasta cijena električne energije od 3% i diskontnu stopu od 5% ukupni troškovi električne energije svedeni na početnu godinu iznose 19.242 €. U navedene troškove uključena i je jednokratna zamjena pretvarača u 12 godini.

U navedene procijene nisu uključena moguća smanjenja troškova angažirane snage. Prilikom proračuna pretpostavljena je nepromijenjena količina otpada kroz godine rada PS.

Također, troškovi pogona radnih strojeva na dizel gorivo ostaju nepromijenjeni u odnosu na varijantu 1b) te iznose 6.616 € za prvu godinu, odnosno u životnom vijeku od 25 god., svedeni na prvu godinu iznose 119.375 €.

4.10.4.3 Varijanta napajanja 3) - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom

U ovoj varijanti razmatrano je napajanje električnom energijom samo manjih trošila unutar PS, a radni strojevi su pogonjeni direktno na dizel gorivo. Za predmetnu lokaciju, u skladu sa ulaznim podacima sustava i definiranom karakterističnom potrošnjom, dobiveno je optimalno tehnosko-ekonomsko rješenje prema slijedećoj slici.

Architecture						Gen7		System
PV (kW)	Gen7 (kW)	A600_1695	Converter (kW)	Fuel (L)	Hours	Ren Frac (%)		
14,0	7	24	6	676	291	86		
13,0	7	24	6	756	326	84		
12,0	7	24	6	846	364	82		
15,0	7	24	6	620	267	87		
17,0	7	24	6	471	202	90		
16,0	7	24	6	555	241	88		
18,0	7	24	6	426	183	91		
19,0	7	24	6	401	173	91		
20,0	7	24	6	379	164	92		
14,0	7	48	6	442	190	91		
16,0	7	48	6	307	132	93		
15,0	7	48	6	409	176	91		
13,0	7	48	6	566	243	88		
17,0	7	48	6	263	113	94		
12,0	7	48	6	681	292	85		

Slika 4-89 Prikaz proračuna optimalnog rješenja sustava - programski paket HOMER Pro

Tablica 4-104 Optimalna veličina komponenti sustava

Komponenta	Veličina
FN moduli	14 kWp
Pretvarač	6 kW
Baterije (1695Ah, 2 V)	24
Disel generator	7 kW

Investicijski i operativni troškovi otočnog sustava

Investicijski i operativni troškovi dani su tablicom 4-105. Osim operativnih troškova rada otočnog sustava, zbog usporedbe sa ostalim varijantama, u ovom slučaju potrebno je procijeniti i operativne troškove pogona radnih strojeva na dizel gorivo.

Tablica 4-105 Procjena godišnjih i operativnih troškova električne energije

INVESTICIJSKI TROŠKOVI OTOČNOG SUSTAVA		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
FN sustav, baterije i ostali troškovi	50.760 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-11 u skladu s opremom navedenom u tablici 4-104.
OPERATIVNI TROŠKOVI		
OTOČNI SUSTAV		
<i>Stavka</i>	<i>Iznos</i>	<i>Pojašnjenje</i>
Količina dizel goriva za generator za 1. godinu	676 L/1.god	Godišnja potreba goriva za rada dizel generatora procijenjena je prema slici 4-89.
Troškovi dizel goriva generatora	712 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
Troškovi održavanja i osiguranja	508 €/1.god	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-11 na osnovu instalirane snage FN modula i kapaciteta baterija. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene pretvarača na polovici životnog vijeka	4.660 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-12 na osnovu instalirane snage FN modula.
Troškovi zamjene baterija u 8. i 16. godini	11.700 €	Troškovi su preuzeti iz tablice 4-12 na osnovu kapaciteta baterija.
RADNI STROJEVI		
Količina dizel goriva za radne strojeve za 1. godinu	6.283 L/1.god	Godišnja potreba goriva za rada dizel generatora procijenjena je prema poglavju 4.10.3.
Troškovi dizel goriva radnih strojeva	6.616 €/1.god	Cijena dizel goriva preuzeta iz tablice 4-14.
REKAPITULACIJA OPERATIVNIH TROŠKOVA		
Procijenjeni operativni troškovi za otočni sustav	508 €/1.god	Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Procijenjeni operativni troškovi dizel goriva za radne strojeve i dizel generator	7.328 €/1. god.	Zbroj stavki troškova za dizel gorivo na nivou cijele pretvarne stanice. Troškovi za iduće godine rastu prema stopi inflacije.
Troškovi zamjene 2 seta baterija i jedne zamjenu pretvarača	16.360 €	Zbroj jednokratnih troškova zamjene pretvarača i baterija svedeni na sadašnju vrijednost.
UKUPNI OPERATIVNI TROŠKOVI SVEDENI NA PRVU GODINU		
Ukupni operativni troškovi kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	19.242 €	Uračunata stopa inflacije od 2% i diskontna stopa 5%.
Ukupni troškovi dizel goriva kroz životni vijek od 25 god svedeni na prvu godinu	132.219 €	Uračunata stopa inflacije od 2% i diskontna stopa 5%.

4.10.5 Odabir optimalne varijante

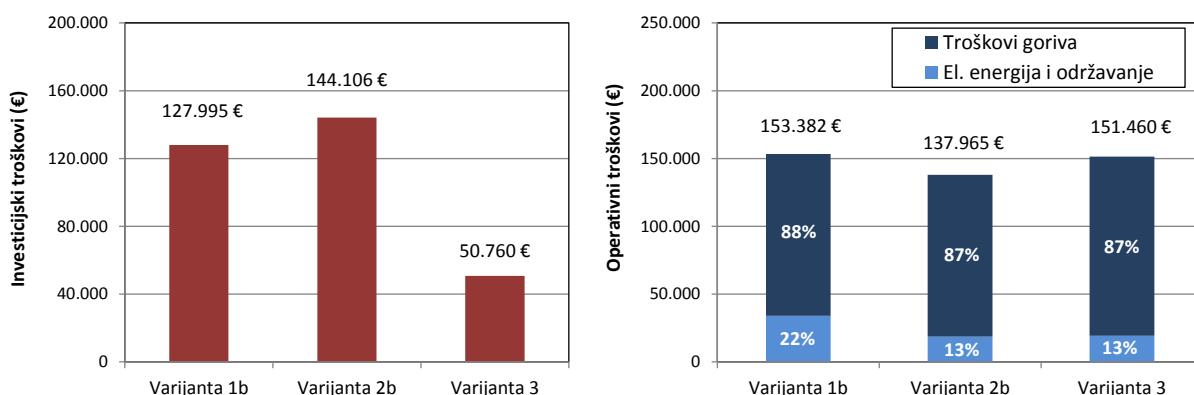
U sljedećoj tablici dana je rekapitulacija rezultata razmatranih varijanti te su dani ukupni troškovi sustava svedeni na sadašnju vrijednost (NPC) što je osnovni kriterij za odabir.

Ukupni troškovi sustava (NPC) u životnom vijeku od 25 godina, sračunati su kao zbroj početnih troškova investicije u prvoj godini i svih troškova održavanja (osnovnih, jednokratnih i goriva) uzimajući u obzir inflaciju po stopi od 2% i rast cijene el. energije od 3% te svedenih na prvu godinu sa diskontnom stopom od 5%. Navedeni proračun ukupnih troškova investicije i održavanja se koristi samo za potrebe usporedbe promatranih varijanti te odabira one koja će u konačnici imati najmanji trošak za investitora.

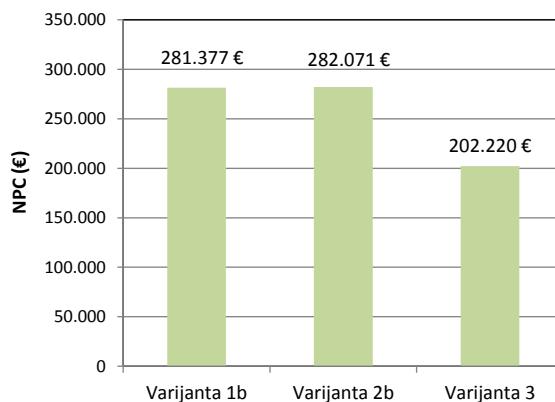
Tablica 4-106 Sumarni prikaz investicijskih i operativnih troškova po varijantama

Varijanta	Investicijski troškovi (€)			Operativni troškovi (€)				Ukupno NPC (€)	
	Priključak na mrežu (€)	Vlastiti sustav (€)	Ukupno (€)	Osnovni troškovi (€/god)	Troškovi goriva (€/god)	Jednokratni troškovi (€)	Ukupno 25 god (disk. 5%)		
							Osnovni troškovi (€)	Gorivo (€)	
Varijanta 1b	127.995	-	127.995	1.697	6.616	-	34.007	119.375	281.377
Varijanta 2b	127.996	16.110	144.106	902	6.616	880	18.590	119.375	282.071
Varijanta 3	-	50.760	50.760	508	7.328	16.360	19.242	132.219	202.220

Na slijedećim slikama grafički su prikazani investicijski i operativni troškovi te ukupna NPC pojedine varijante.



Slika 4-90 Investicijski troškovi i operativni troškovi diskontirani na nultu godinu



Slika 4-91 Neto sadašnji trošak NPC za promatrane varijante

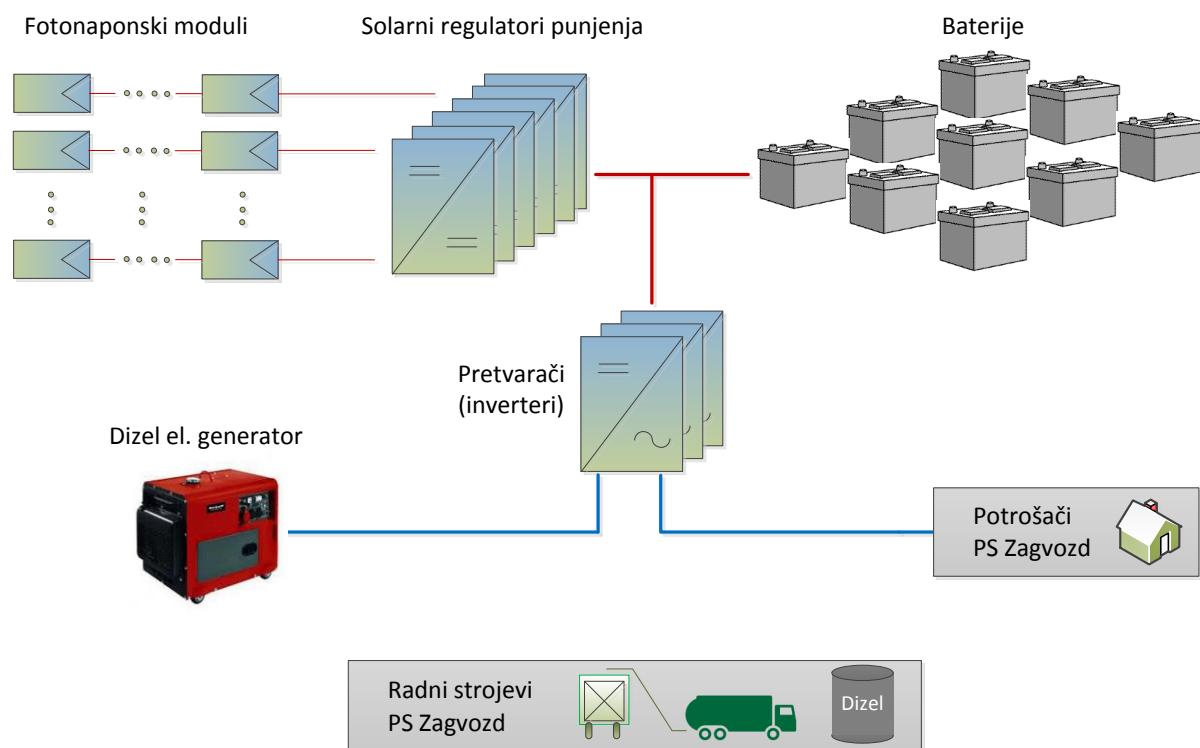
Prema prethodno prikazanim rezultatima preporuča se izvedba sustava napajanja prema varijanti 3. Ukupna investicijska vrijednost za ovu varijantu iznosi cca 50.760 €. Ukupni operativni troškovi, što uključuje i dizel gorivo za pogon radnih strojeva i generatora u 25 godina diskontirani na prvu godinu iznose 151.460 €. Dakle, sadašnji NPC trošak sustava iznosi 202.220 € što je oko 31% manje u odnosu na ostale varijante.

4.10.6 Analiza rada sustava za predloženu varijantu

Za FN sustav PS Zagvozd odabirom varijante 3) predviđeni su slijedeći elementi sustava:

- FN moduli ukupne instalirane snage 14 kWp,
- regulatori punjenja ukupne instalirane snage 14 kW,
- baterije koje omogućuju autonomiju sustava od cca 2 dana, odnosno baterije kapaciteta 24 x 1695 Ah,
- dizel generator izlazne AC snage 7 kW,
- pretvarač (inverter) snage 6 kW, na pretvarač su povezuju na DC strani baterije te na AC strani dizel generator, kao pomoći izvor el. energije, i potrošači PS Zagvozd.

Načelna shema sustava prikazana je slijedećom slikom.



Slika 4-92 Načelna shema sustava napajanja PS Zagvozd

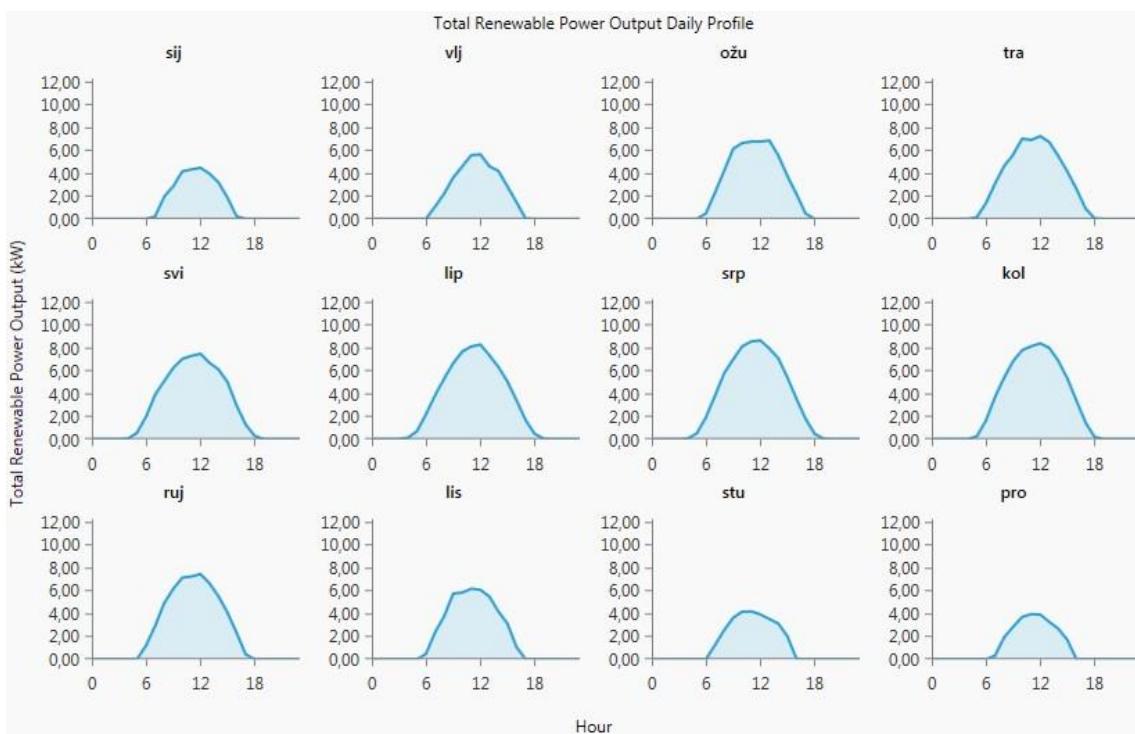
Simulacijom u programskom paketu HOMER dobiveni su podaci o radu FN sustava i dinamici korištenja dizel generatora.

Po pitanju nagiba FN modula najbolje rezultate prema NPC kriteriju daje slučaj sa nagibom 30°. Iako je za otočne sustave često povoljnije ići na veći nagib koji odgovara većoj zimskoj proizvodnji kada je manje sunčevog zračenja, u ovom slučaju bitan je parametar povećana ljetna potrošnja zbog sezonskih oscilacija mjesecnih količina otpada.

Na slici 4-93 dani je prikaz prosječne dnevne angažirane snage FN sustava i dizel generatora, a na slici 4-94 dan je prikaz prosječnog mjesecnog profila teoretski moguće snage FN sustava (neovisno o napunjenoosti baterija i potrošnji).



Slika 4-93 Prosječne dnevne angažirane snage i udio proizvodnje dizel generatora – HOMER



Slika 4-94 Prosječne dnevni profili dostupne snage iz FNE - HOMER

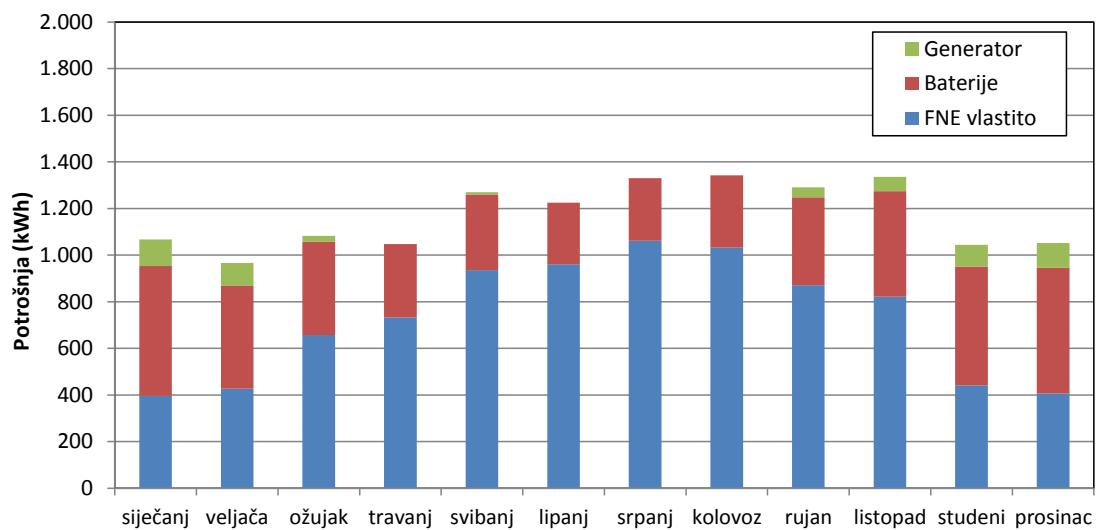
FN moduli su planirani s nagibom 30° i azimutom 0° te je potrebno gubitke zbog međusobnog zasjenjenja redova fotonaponskih nizova svesti na najmanju moguću mjeru. Najniža podnevna visina sunca na lokaciji je 22.XII i iznosi 23° tako da su odabrane zaštitne zone konstruirane prema kutu zasjenjenja od 23° . U skladu s navedenim međusobni razmaci između redova modula iznosit će minimalno 1.2 m.

Treba naglasiti da se radi o otočnom pogonu tako da proizvodnja FN sustava ne odgovara uvjek maksimalno mogućoj u nekom trenutku nego je određena zahtijevanom potrošnjom u tom trenutku, te su mogući su slijedeći scenariji:

- Proizvodnja FN sustava je veća od potrošnje. Višak proizvodnje se koristi za nadopunjavanje baterija ako su iste prazne. Ovaj slučaj se javlja tijekom sunčanih dana.
- Proizvodnja FN sustava je manja od potrošnje. Manjak potrošnje se može nadomjestiti iz baterija ako iste imaju dovoljno skladištene energije, a ako je stanje napunjenosti baterija

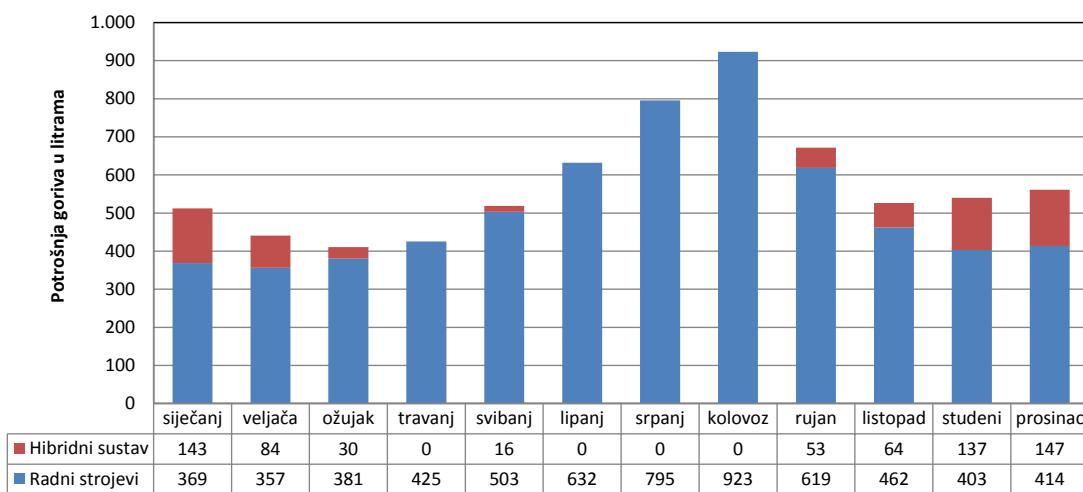
ispod 30%, pali se dizel generator koji u isto vrijeme nadomješćuje manjak potrošne i nadopunjava baterije do određenog stanja napunjenoosti.

Uvažavajući prethodno navedeno, napravljen je proračun proizvodnje FNE, korištenja baterija i dizel generator za simulirani profil potrošnje bez velikih radnih strojeva. Na slijedećoj slici prikazan je udio pojedine komponente u ukupnoj potrošnji električne energije PS Zagvozd.



Slika 4-95 Udio proizvodnje FNE, baterija i generatora u potrošnji

Na slijedećoj slici dana je procijenjena potrošnja dizel goriva po mjesecima. Radni strojevi pogone se direktno na dizel gorivo, a manji dio goriva se koristi i u hibridnom sustavu za dizel generator.



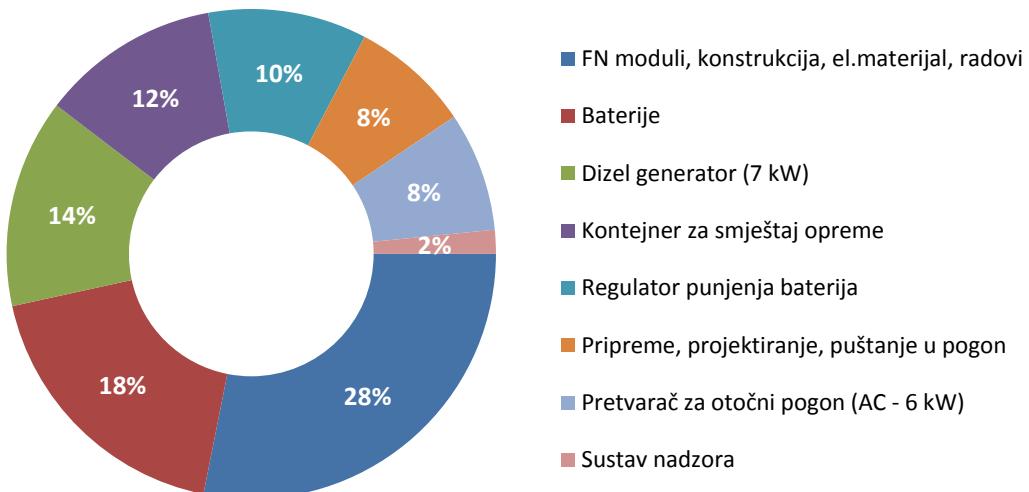
Slika 4-96 Udio potrošnje dizel goriva

4.10.7 Popis osnovnih dijelova FNE i procjena investicijskih troškova

Pregled osnovnih komponenti sustava i investicijski troškovi prikazani su u slijedećoj tablici za odabranu varijantu.

Tablica 4-107 Investicijski troškovi - Varijanta 3)

Varijabilni troškovi - FN Sustav (14 kWp)	€/kWp	Ukupno [€]
FN moduli	600	8.400
Konstrukcija	140	1.960
Ostali el. materijal	120	1.680
Radovi	120	1.680
Regulator punjenja baterija	380	5.320
Nepredviđeni troškovi	40	560
Varijabilni troškovi - Baterije (24 članka)	€/kom	Ukupno [€]
Baterije OPZS - članak 2V, 1695 Ah	390	9.360
Fiksni troškovi	€	€
Kontejner za smještaj opreme	6.000	
Pretvarač za otočni pogon (AC - 6 kW)	4.000	
Sustav nadzora	800	
Dizel generator (7 kW)	7.000	
Pripreme, projektiranje, puštanje u pogon	4.000	
Ukupno investicijski troškovi troškovi	€	€
Ukupno		50.760



Slika 4-97 Udio troškova u ukupnoj investiciji

4.10.8 Procjena troškova upravljanja i održavanja

Procijenjeni troškovi održavanja za prvu godinu rada dani su u slijedećoj tablici.

Tablica 4-108 Procijenjeni operativni troškovi

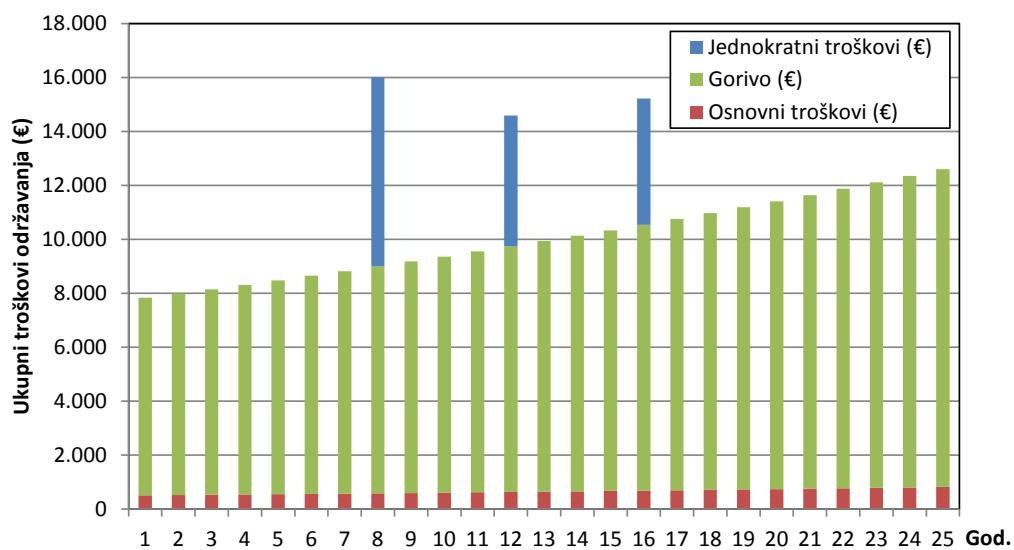
Troškovi rada FN elektrane (1. godina) - OPEX		
Redovito održavanje i upravljanje (% od investicije)	0,5%	254 €
Osiguranje (% od investicije)	0,5%	254 €
Ukupni troškovi rada 1. godina		508 €
Jednokratni budući troškovi (trošak zamjene baterija i pretvarača)		
Termin 1. zamjene baterija (godina nakon izgradnje)	8 god.	
Trošak 1. zamjene baterija (% od početne cijene baterija)	75%	7.020 €
Termin zamjene pretvarača (godina nakon izgradnje)	12 god.	
Trošak zamjene pretvarača (% od početne cijene pretvarača)	50%	4.660 €
Termin 2. zamjene baterija (godina nakon izgradnje)	16 god.	
Trošak 2. zamjene baterija (% od početne cijene baterija)	50%	4.680 €
Troškovi dizel goriva (1. godina)		
Troškovi dizel goriva za rad hibridnog sustava	676 l	712 €
Dizel gorivo za radne strojeve	6.283 l	6.166 €
Ukupni troškovi dizel goriva:		6.959 l
		7.328 €

S obzirom da je životni vijek elektrane 25 god u tablici 4-109 dani su troškovi po godinama te diskontirani troškovi sa stopom od 5%. Rast cijena goriva i osnovnih troškova održavanja pretpostavljen je sa stopom inflacije od 2%.

Tablica 4-109 Prikaz procijenjenih troškova održavanja po godinama rada

Godina	Nediskontirano				Diskontirano (5%)	
	Osnovni troškovi (€)	Jednokratni troškovi (€)	Gorivo (€)	Ukupno (€)	Ukupno troškovi (€)	Kumulativno (€)
1	508	0	7.328	7.836	7.836	7.836
2	518	0	7.474	7.993	7.612	15.448
3	529	0	7.624	8.152	7.394	22.842
4	539	0	7.776	8.315	7.183	30.025
5	550	0	7.932	8.482	6.978	37.003
6	561	0	8.091	8.651	6.779	43.782
7	572	0	8.252	8.824	6.585	50.367
8	584	7.020	8.417	16.021	11.386	61.753
9	595	0	8.586	9.181	6.214	67.967
10	607	0	8.757	9.365	6.036	74.003
11	619	0	8.933	9.552	5.864	79.867
12	632	4.850	9.111	14.593	8.532	88.399
13	644	0	9.293	9.938	5.534	93.933
14	657	0	9.479	10.136	5.376	99.309
15	670	0	9.669	10.339	5.222	104.531
16	684	4.680	9.862	15.226	7.324	111.855
17	697	0	10.060	10.757	4.928	116.782
18	711	0	10.261	10.972	4.787	121.569
19	726	0	10.466	11.191	4.650	126.220
20	740	0	10.675	11.415	4.517	130.737
21	755	0	10.889	11.644	4.388	135.126
22	770	0	11.107	11.877	4.263	139.389
23	785	0	11.329	12.114	4.141	143.530
24	801	0	11.555	12.356	4.023	147.553
25	817	0	11.786	12.603	3.908	151.460

Na slijedećoj slici grafički su prikazani nediskontirani troškovi održavanja za osnovne i jednokratne troškove te troškove dizel goriva.



Slika 4-98 Ukupni troškovi održavanja – nediskontirano

4.10.9 Zaključak

Za PS Zagvozd, temeljem kriterija najnižeg sadašnjeg troška sustava (NPC), predlaže se izvedba napajanja prema varijanti 3) koja podrazumijeva otočni pogon sustava sa FN sustavom, baterijama i dizel generatorom za napajanje općih potrošača, dok se za pogon radnih strojeva (transporter, poluprikolica) koristi dizel gorivo. Razlog zbog kojeg ova varijanta na promatranom vremenskom periodu od 25 godina ima najmanje troškove je visoki trošak priključka na elektroenergetsku mrežu za varijante 1b) i 2b). Prema odabranoj varijanti, konfiguracija sustava dana je slijedećom tablicom.

Tablica 4-110 Konfiguracija sustava za PS Zagvozd

Konfiguracija sustava PS Zagvozd	
Snaga FNE	14 kW
Baterije (1695 Ah, 2V)	24 članka
Dizel generator	7 kW
Pretvarač za otočni sustav	6 kW
Potrošnja dizel generatora	676 L/god.
Potrošnja dizel goriva za pogon radnih strojeva	6.283 L/god.

Ukupni investicijski troškovi izgradnje otočnog pogona dani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-111 Investicijski troškovi izgradnje otočnog pogona s FN sustavom snage 14 kWp

Investicijski troškovi FN sustava 14 kW	€
Ukupno:	50.760

Ukupni operativni troškovi, koji podrazumijevaju održavanje za FN sustava i baterija, kao i pogona radnih strojeva na dizel gorivo, te jednokratnih troškova u budućnosti, prikazani su slijedećom tablicom.

Tablica 4-112 Operativni troškovi izgradnje FNE

Operativni troškovi	€/god
Održavanje i osiguranje FN sustava	508
Dizel gorivo za pogon generatora	712
Dizel gorivo za pogon radnih strojeva	6.616
Ukupno (prva godina):	7.836
Budući jednokratni troškovi	€
Prva zamjena baterija u 8. godini	7.020
Zamjena pretvarača (invertera) u 12. godini	4.660
Druga zamjena baterija u 16. godini	4.680

4.11 Rekapitulacija

Temeljem razrade varijantnih rješenja fotonaponskih elektrana Pretovarnih stanica po NPC kriteriju ukupnog troška sustava u životnom vijeku od 25 godina te ostale specifične zaključke i preporuke, u slijedećoj tablici prikazane su preporuke za rješenje napajanja za svaku pojedinu pretovarnu stanicu.

Tablica 4-113 Konačne preporuke za rješenje napajanja pretovarnih stanica

	Preporučeno rješenje napajanja	Pojašnjenja / preporuke
PS Brač	<p><u>Varijanta 3)</u> - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom</p> <p>Otočni sustav:</p> <ul style="list-style-type: none"> - FN moduli <u>12 kW</u>. - Pretvarač <u>6 kW</u> - Dizel generator <u>7 kW</u> - Baterije <u>24x1695 Ah</u> 	<p>Kako u blizini lokacije nema razvijene niskonaponske mreže, a procijenjene količine otpada su relativno niske, preporuča se pogon radnih strojeva na dizel gorivo i izvedba otočnog sustava za napajanje opće potrošnje.</p> <p>Predložena snaga FN sustava od 12 kWp zahtjeva površinu za montažu od cca 180 m², te je prilikom razrade idejnog rješenja potrebno razmotriti moguće opcije smještaja FN modula. Također, potrebno je osigurati i prostor za baterije, dizel generator, pretvarače i ostalu opremu otočnog sustava.</p>
PS Hvar	<p><u>Varijanta 3)</u> - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom</p> <p>Otočni sustav:</p> <ul style="list-style-type: none"> - FN moduli <u>13 kWp</u>. - Pretvarač <u>6 kW</u> - Dizel generator <u>7 kW</u> - Baterije <u>24x1695 Ah</u> 	<p>Kako u blizini lokacije nema razvijene niskonaponske mreže, a procijenjene količine otpada su relativno niske, preporuča se pogon radnih strojeva na dizel gorivo i izvedba otočnog sustava za napajanje opće potrošnje.</p> <p>Predložena snaga FN sustava od 13 kWp zahtjeva površinu za montažu od cca 200 m², te je prilikom razrade idejnog rješenja potrebno razmotriti moguće opcije smještaja FN modula. Također, potrebno je osigurati i prostor za baterije, dizel generator, pretvarače i ostalu opremu otočnog sustava.</p>
PS Sinj	<p><u>Varijanta 2a)</u> - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – svi potrošači PS napajaju se električnom energijom</p> <p>FN sustav snage <u>30 kWp</u>.</p>	<p>S obzirom da je količina otpada blizu vrijednosti kod koje se više isplati planirati pogon radnih strojeva s el. energijom, uz analizu efekata uslijed eventualnih značajnijih porasta cijena goriva, preporučena je varijanta s pogonom radnih strojeva na električnu energiju sa FN sustavom snage 30 kW.</p> <p>Priključak PS Sinj izvodi iz obližnje gospodarske zone Kukuzovac te je procijenjeno da će troškovi biti obračunati prema stvarnom trošku izvedbe priključnog NN kabela. Navedeno je potrebno provjeriti s obzirom na dinamiku izgradnje zone, odnosno zonom planirane TS 10(20)0.4 kV u neposrednoj blizini PS.</p> <p>Predložena snaga FN sustava od 30 kWp zahtjeva površinu za montažu od cca 400 m² te je prilikom razrade idejnog rješenja potrebno razmotriti moguće opcije smještaja FN modula.</p>

	Preporučeno rješenje napajanja	Pojašnjenja / preporuke
PS Split	<p><u>Varijanta 2a)</u> - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – svi potrošači PS napajaju se električnom energijom</p> <p>FN sustav snage <u>95 kWp</u>.</p>	<p>S obzirom na velike godišnje količine otpada za ovu varijantu preporučen je pogon radnih strojeva na električnu energiju. U blizini se nalazi postojeća NN mreža, ali potrebno je provjeriti tehničke uvjete u mreži kako bi se točno utvrdili uvjeti priključka jer zbog relativno velike priključne snage postoji mogućnost da će biti potrebno povezivanje sa srednjenačonskom mrežom.</p> <p>Predložena snaga FN sustava od 95 kWp zahtjeva površinu za montažu od cca 1250 m², te je prilikom razrade idejnog rješenja potrebno razmotriti moguća rješenja montaže. Svaki FN sustav manje snage također je prihvatljiv, tako da je preporuka da se tehnička rješenja objekata PS maksimalno prilagode za montažu FN modula.</p>
PS Vis	<p><u>Varijanta 2b)</u> - priključak na elektroenergetsku mrežu sa instaliranim FN sustavom – samo opći potrošači PS napajaju se električnom energijom</p> <p>FN sustav snage <u>8 kWp</u>.</p>	<p>S obzirom da je količina otpada ispod granice kod koje postaje isplativo planirati pogon radnih strojeva s el. energijom, preporučena je varijanta s pogonom na dizel gorivo. Jedan od razloga je i što se očekuje značajnija razlika u troškovima priključenja u varijanti 2a) (snaga od 48 kW) od troškova priključenja u varijanti 2b) (11 kW). Na lokaciji je prisutna NN mreža i očekuju se da će troškovi priključka biti obračunati po jediničnoj cijeni (€/kW).</p> <p>Zbog relativno jednostavne mogućnosti priključenja preporuča se napajanje opće potrošnje el. energijom i izvedbu FN sustava za paralelan rad s mrežom.</p> <p>Predložena snaga FN sustava od 8 kWp zahtjeva površinu za montažu od cca 110 m² te je prilikom razrade idejnog rješenja potrebno razmotriti moguće opcije smještaja FN modula.</p>
PS Zagvozd	<p><u>Varijanta 3)</u> - otočni pogon, napajanje opće potrošnje PS električnom energijom</p> <p>Otočni sustav:</p> <ul style="list-style-type: none"> - FN moduli <u>14 kWp</u>. - Pretvarač <u>6 kW</u> - Dizel generator <u>7 kW</u> - Baterije <u>24x1695 Ah</u> 	<p>Kako u blizini lokacije nema razvijene niskonaponske mreže, preporuča se pogon radnih strojeva na dizel gorivo i izvedba otočnog sustava za napajanje opće potrošnje.</p> <p>Predložena snaga FN sustava od 14 kWp zahtjeva površinu za montažu od cca 210 m² te je prilikom razrade idejnog rješenja potrebno razmotriti moguća rješenja montaže. Također, potrebno je osigurati i prostor za baterije, dizel generator, pretvarače i ostalu opremu otočnog sustava.</p>

Potrebno je još jednom istaknuti osjetljivost provedene razrade na ulazne podatke kao što su količina otpada, cijena el. energije, a posebno cijene dizel goriva. U svrhu međusobne usporedbe ponuđenih varijantnih rješenja uzete su trenutno sagledive vrijednosti. Dobivene vrijednosti nisu mjerodavne za konačno vrednovanje isplativosti odabralih rješenja jer navedeno nije predmet ove studije.