

UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA LOGISTIKO

Matjaž Friščić

**UVAJANJE FOTOVOLTAIKE NA
PARK&RIDE PARKIRIŠČA S
PRIMEROM MESTNE OBČINE
MARIBOR**

magistrsko delo

Celje-Krško, februar 2014

UNIVERZA V MARIBORU
FAKULTETA ZA LOGISTIKO

Matjaž Friščić

**UVAJANJE FOTOVOLTAIKE NA
PARK&RIDE PARKIRIŠČA S
PRIMEROM MESTNE OBČINE
MARIBOR**

magistrska naloga

Mentor:

Izr. prof. dr. Bojan Rosi

Somentor:

Mag. Marjan Sternad

Celje-Krško, februar 2014

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju izr. prof. dr. Bojanu Rosiju za vodenje, pomoč in vse koristne nasvete. Prav tako bi se zahvalil vsem, ki so mi bili v podporo s svojimi nasveti, idejami in mnenji.



Univerza v Mariboru

Fakulteta za logistiko

IZJAVA O AVTORSTVU

diplomskega dela

Spodaj podpisan/a _____,

študent/ka _____

(študija), z vpisno številko _____, sem avtor/ica

diplomskega dela:

_____.

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo delo rezultat izključno mojega lastnega raziskovalnega dela;
- sem poskrbel/a, da so dela in mnenja drugih avtorjev oz. avtoric, ki jih uporabljam v diplomskem delu, navedena oz. citirana v skladu z navodili Fakultete za logistiko Univerze v Mariboru;
- sem poskrbel/a, da so vsa dela in mnenja drugih avtorjev oz. avtoric navedena v seznamu virov, ki je sestavni del diplomskega dela in je zapisan v skladu z navodili Fakultete za logistiko Univerze v Mariboru;
- sem pridobil/a vsa dovoljenja za uporabo avtorskih del, ki so v celoti prenesena v diplomsko delo in sem to tudi jasno zapisal/a v diplomskem delu;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del, bodisi v obliki citata bodisi v obliki skoraj dobesednega parafraziranja bodisi v grafični obliki, s katerim so tuje misli oz. ideje predstavljene kot moje lastne – kaznivo po zakonu (Zakon o avtorskih in sorodnih pravicah, Uradni list RS št. 21/95), prekršek pa podleže tudi ukrepom Fakultete za logistiko Univerze v Mariboru v skladu z njenimi pravili;
- se zavedam posledic, ki jih dokazano plagiatorstvo lahko predstavlja za predloženo delo in za moj status na Fakulteti za logistiko Univerze v Mariboru;
- je diplomsko delo jezikovno korektno in da je delo lektoriral/a _____.

V Celju, dne _____

Podpis avtorja/-ice: _____

Uvajanje fotovoltaike na Park&Ride parkirišča s primerom mestne občine Maribor

Fotovoltaika se pojavlja kot hitro rastoč način pridobivanja energije v zasebnem in javnem sektorju. Zaradi hitre rasti te zvrsti »zelene« energije, se v nalogi lotimo analize izvedbe v kombinaciji z Park&Ride sistemom, teoretične prednosti ter slabosti celotnega sistema in premislimo o sami ideji Park&Ride v Mariboru. Cilj naloge je ugotoviti v kakšnem obsegu implementirati sistem v parkirišče ter podati izračune zanje ter kritično oceno. Preko literature in osebnih pogovorov izvedemo teoretično implementacijo v realen sistem, ter podamo različne kombinacije in izračune, ki so lahko temelj za premislek vpeljave v prihodnosti.

Ključne besede: fotovoltaika, Park&Ride, Maribor, zelena energija.

The introduction of photovoltaics on parking lots Park&Ride in the example of community Maribor

Photovoltaic systems are proving to be one of the fast growing power production systems in the public sector and in the private sector. Fast development, growth and increasing public interest in such systems has brought our attention to study the possibilities of implementing photovoltaic in Park&Ride Maribor system. Our goal is to find out, in what dimensions we can implement photovoltaic into Park&Ride. Through literature studies and personal interviews, we will theoretically implement the system into a possible real time system. We are going to examine a case of an optimal electrical usage and which can be used as a base idea for further studies.

Keywords: Photovoltaics, Park&Ride, Maribor, green energy.

KAZALO

UVOD	1
OPREDELITEV PODROČJA IN PROBLEMA	3
NAMEN IN CILJI NALOGE	3
OSNOVNE PREDPOSTAVKE IN HIPOTEZE	4
PREDVIDENE METODE RAZISKOVANJA.....	4
STRUKTURA NALOGE	5
1. SPLOŠNO O FOTOVOLTAIKI IN ELEMENTIH FOTOVOLTAIČNE ELEKTRARNE	7
1.1 FOTOVOLTAIKA.....	7
1.1.1 <i>Pridobivanje energije s sončnim obsevanjem</i>	8
1.2 SONČNE CELICE.....	9
1.2.1 <i>Učinkovitost sončne celice</i>	10
1.2.3 <i>Tipi sončnih celic</i>	11
1.3 FOTOVOLTAIČNI MODUL	14
1.4 RAZSMERNIKI	18
1.6 KABLI IN KONEKTORJI	23
1.7 KONSTRUKCIJA	24
1.8 OSTALE SESTAVINE FOTONAPETOSTNE ELEKTRARNE	25
2. SPLOŠNO O PARK&RIDE TER PRIMERI DOBRE PRAKSE	26
2.1 O PARK&RIDE SISTEMIH	27
2.2 NEKAJ PRIMEROV EVROPSKE IN SVETOVNE PRAKSE	28
2.2.1 <i>Ljubljana</i>	29
2.2.2 <i>Celovec</i>	30
2.2.3 <i>Gradec</i>	31
2.2.4 <i>Cleon, Douai, Maubeuge, Flins, Batilly, Sandouville</i>	32
2.2.5 <i>Perry Street Parking</i>	33
2.2.6 <i>Dhahran, Saudi Aramco</i>	33
2.3 OCENA STANJA OPISANIH PARKIRIŠČ TER PARKIRIŠČ PO SVETU	33
3. NAČRTOVANJE PARK&RIDE SISTEMA V MARIBORU	35
3.1 NAČRTOVANJE POVEZAV PARKIRIŠČA PARK&RIDE Z MESTNIM JEDROM .	37
4. NAČRTOVANJE FOTOVOLTAIČNE ELEKTRARNE V SISTEMU PARK&RIDE MARIBOR	41
4.1 KRITERIJI IZBIRE MODULOV	43

4.2 OMREŽNI RAZSMERNIK POWER-ONE AURORA PVI-12,5.....	52
4.3 ANALIZA LOKACIJE.....	55
4.4 ANALIZA NALOŽBE V KOMPONENTE, STROŠKE DELA IN OSTALIH STROŠKOV.....	60
4.4.1 <i>Analiza človeških virov potrebnih za izgradnjo elektrarne</i>	62
4.5 FINANČNA ANALIZA	65
5. POTREBE SISTEMA PARK&RIDE MARIBOR PO ELEKTRIČNI ENERGIJI	68
5.1 ANALIZA POTROŠNIKOV ELEKTRIČNE ENERGIJE V PARK&RIDE MARIBOR ZA OSNOVNI SISTEM	68
5.1.1 <i>Osvetlitev</i>	68
5.1.2 <i>Sistem dinamičnih prikazovalnikov in informacijskih tabel</i>	69
5.1.3 <i>Rampe, avtomati za parkirnino in video nadzor</i>	72
5.2 ANALIZA OSNOVNIH POTROŠNIKOV	73
5.3 IMPLEMENTACIJA ELEKTRIČNIH AVTOBUSOV NA LINIJO P&R MARIBOR ..	75
5.4 IMPLEMENTACIJA ELEKTRIČNIH VOZIL ZA IZPOSOJO V PARK&RIDE MARIBOR.....	81
ZAKLJUČEK.....	84
OCENA IN VREDNOTENJE USPEŠNOSTI REŠITVE PROBLEMA.....	85
POGOJI ZA UVEDBO SISTEMA	86
MOŽNOSTI NADALJNJEGA RAZVOJ.....	87
LITERATURA IN VIRI	89

KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Sončna celica vezana v modul. Moduli vezani v fotonapetostni sistem.....</i>	<i>8</i>
<i>Slika 2: Sončno sevanje.....</i>	<i>9</i>
<i>Slika 3: Animacija delovanja fotonapetostne elektrarne.....</i>	<i>9</i>
<i>Slika 4: Shema delovanja sončne celice.....</i>	<i>10</i>
<i>Slika 5: Polikristalna celica (levo) ter monokristalna celica (desno).....</i>	<i>13</i>
<i>Slika 6: Vezava celice v modul, modulov v PV vejo ter tejo v PV polje.....</i>	<i>15</i>
<i>Slika 7: Prikaz vpliva temperature na napetost modula.....</i>	<i>16</i>
<i>Slika 8: Sestava sončnega kolektorja.....</i>	<i>17</i>
<i>Slika 9 : Razsmerniki na fotonapetostni elektrarni Iskra v Kranju.....</i>	<i>18</i>
<i>Slika 10: Vezava modulov.....</i>	<i>19</i>
<i>Slika 11: Prikaz vodenja elektrarne FE Kidričevo.....</i>	<i>22</i>
<i>Slika 12: Konektorji.....</i>	<i>24</i>
<i>Slika 13: Študija največjega parkirišča prekrita z fotonapetostno elektrarno.....</i>	<i>24</i>
<i>Slika 14: Tržaška cesta, lokacija namenjena za P&R.....</i>	<i>35</i>
<i>Slika 15: Prikaz trenutnega stanja na dani lokaciji.....</i>	<i>36</i>
<i>Slika 16: Predlagana ureditev parkirišča P&R Maribor.....</i>	<i>37</i>
<i>Slika 17: Prikaz povezave odsekov in dolžin med posameznimi odseki.....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 18: Prikaze povezave odsekov in dolžin med posameznimi odseki.....</i>	<i>39</i>
<i>Slika 19: Park&Ride Maribor.....</i>	<i>41</i>
<i>Slika 20: Test fotovoltaičnih modulov.....</i>	<i>42</i>
<i>Slika 21: Drevo kriterijev.....</i>	<i>44</i>
<i>Slika 22: Drevo kriterijev Dexi.....</i>	<i>44</i>
<i>Slika 23: Dexi, vstavljanje atributov.....</i>	<i>45</i>
<i>Slika 24: Določanje uteži v programu Dexi.....</i>	<i>47</i>
<i>Slika 25: Zaloga vrednosti.....</i>	<i>49</i>
<i>Slika 26: Variante, ki so nam razpolago.....</i>	<i>49</i>
<i>Slika 27: Končna ocena primerjave.....</i>	<i>50</i>
<i>Slika 28: PVGIS, vnos lokacije.....</i>	<i>56</i>
<i>Slika 29: Približen izgled konstrukcije.....</i>	<i>56</i>
<i>Slika 30: Vnos podatkov za izračun pridelane energije.....</i>	<i>57</i>
<i>Slika 31: Proizvodnja električne energije po mesecih.....</i>	<i>58</i>
<i>Slika 32: Potovanje sonca.....</i>	<i>59</i>
<i>Slika 33: Grafikon investicije v sončno elektrarno P&R Maribor.....</i>	<i>61</i>
<i>Slika 34: Približen obseg potreb po človeških virih pri izgradnji elektrarne.....</i>	<i>63</i>

<i>Slika 35: Model osvetlitve parkirišča z namenskimi led svetili</i>	67
<i>Slika 36: Primer prikazovalnik zasedenosti parkirišča, na primeru bolnišnice v Oslu</i>	69
<i>Slika 37: Primer montaže in priklopa na sončno elektrarno</i>	72
<i>Slika 38: Primer postavitve parkirnega avtomata Elebi, v Ljubljani</i>	73
<i>Slika 39: Električni avtobus Tam Durabus</i>	77
<i>Slika 40: Pogonski motor ter baterije</i>	78
<i>Slika 41: Nadzorna plošča v električnem avtobusu</i>	77

KAZALO TABEL

<i>Tabela 1: Osnovni parametri</i>	46
<i>Tabela 2: Parametri 2, 3 in 4 nivo</i>	46
<i>Tabela 3: Električne specifikacije modula</i>	50
<i>Tabela 4: Prikaz nazivne moči elektrarne</i>	51
<i>Tabela 5: Podatki za razsmernik Aurora PVI-12.5</i>	54
<i>Tabela 6: Dnevna in mesečna proizvodnja električne energije za lokacijo na Tržaški cesti</i>	57
<i>Tabela 7: Približni stroški investicije</i>	60
<i>Tabela 8: Grafični prikaz potreb po človeških virih</i>	61
<i>Tabela 9: Prikaz parametrov za finančno analizo izgradnje elektrarne</i>	64
<i>Tabela 10: Prikaz razlike med proizvodnjo in potrošnjo električne energije</i>	72
<i>Tabela 11: Podatki o tipu baterije, ki napaja električni avtobus</i>	75
<i>Tabela 12: Primerjalna tabela električnega avtobusa ter klasičnega avtobusa</i>	76
<i>Tabela 13: Podatki o vozilu Citroen C-Zero</i>	79

KRATICE

A- amper

AC- Izmenični tok

CE- Oznaka za evropsko skladnost

DC- Enosmerni tok

EU- Evropska unija

EVA- Folija sestavljena iz etilen vinil acetata

kWh- Kilo wattna ura

MOL- Mestna občina Ljubljana

MOM- Mestna občina Maribor

MWh- Mega wattna ura

N- Kemijska oznaka za bor

NREL- National Renewable Energy laboratory

P- Kemijska oznaka za fosfor

P&R- Park&Ride

PN spoj- Silicijev spoj z dodanim fosforjem in borom

V- Volt

W- Watt

UVOD

Fotovoltaične elektrarne predstavljajo enega izmed večjih okolju prijaznih virov pridobivanja energije. Glede na naš način življenja se potrebe po energiji nenehno večajo, zaloge fosilnih goriv pa manjšajo. Sončna energija je trajen in obnovljiv vir, kateremu daje EU ter ves svet, vse večji pomen. Osnovni gradnik sončne elektrarne je fotonapetostni modul, katerega naloga je pretvorba sončne energije v električno. Natančneje pretvorbo fotonov, katere fotonapetostni modul spremeni v enosmerno energijo, brez posledic za okolje. Pridobljeno električno energijo lahko neposredno uporabimo za napajanje naprav ali jo shranimo za kasnejšo uporabo. Presežek ustvarjene energije lahko po vnaprej določeni ceni prodamo v javno električno omrežje. S tem dodatno izboljšamo rentabilnost elektrarne. Slabost fotovolatičnih elektrarn se kaže v neenakomernem delovanju, ki je odvisno od vremenskih pogojev. Trdimo lahko, da za določeno lokacijo lahko le predvidimo pridelek energije, ne moremo pa ga natančno določiti. Druga večja slabost je prostorski izkoristek. Če želimo pridelati večjo količino električne energije, potrebujemo večje število solarnih oz. fotonapetostnih modulov, kateri zavzemajo ogromno prostora. Razlog za večje število modulov se kaže v relativno nizkem izkoristku. Današnji fotonapetostni moduli imajo izkoristek med 12 in 15 %. Naslednja težava, ki se lahko pojavi pri večji fotovoltaični elektrarni, je iskanje lokacije težave, ki se lahko pojavi v velikem nizu solarnih kolektorjev ob pojavu izrednih vremenskih razmer.

Trend razvoja kaže, da se bo učinkovitost solarnih celic v prihodnosti povečala do 50 % ali več. Trenutno je najbolj razširjena vgradnja silicijevih monokristalnih in polikristalnih modulov, vendar so na trgu vse močnejši tankoslojni solarni moduli. Prednost teh je tanjša izdelava, so lažji ter imajo boljši izkoristek pri difuznem oziroma posrednem sončenju. Njihova proizvodnja je cenejša ter manj škodljiva okolju kot proizvodnja monokristalnih in polikristalnih modulov.

V Sloveniji se vsako leto pojavi več proizvajalcev solarnih elektrarn na ključ, medtem ko le eno podjetje proizvaja module in ostalo potrebno opremo za solarno elektrarno, BiSol.

Trenutno je največja strešna solarna elektrarna v Sloveniji na objektih podjetja CIMOS Maribor. Tlorisna površina modulov je 25000 kvadratnih metrov, letna raven izplena pa znaša 1124 megavatnih ur električne energije. Največja fotovoltaična elektrarna se nahaja v Španiji. Letna nazivna proizvodnja je 150 gigavatnih ur. Zgradil jo je konzorcij štirih nemških podjetij. Ob problemu potrebe po energiji, se pojavlja tudi problem porasta avtomobilskega prometa v vseh evropskih mestih (Sta, 2010).

S tem ko so vozila postala dostopnejša, varnejša ter nudijo neodvisnost, porašča njihova uporaba. To se v mestih izraža kot vse gostejši promet, zastoji, neposreden vpliv na okolje ter kvaliteto življenja. Zato je ideja o Park&Ride sistemih v Sloveniji še kako živa. Sistem namreč manjša neposreden vpliv na okolje s tem, da manjša število vozil v mestih. Uporabniki takšnega sistema na obrobem delu mesta presedejo iz lastnega prevoza na javno prevozno sredstvo. Z modernimi prijemi pa je lahko tak sistem finančno donosen za upravljavca.

Za potrebe magistrske naloge se bomo osredotočili na pridobivanje električne energije s pomočjo fotovoltaike in uvedbe Park&Ride sistema na primeru mestne občine Maribor. V začetku naloge bomo predstavili osnove fotovoltaičnih sistemov in gradnike fotovoltaičnih sistemov, ki so pomembni za izgradnjo elektrarne. Pojasnili bomo pomen in smisel Park&Ride sistemov. Predstavili bomo razširjenost različnih sistemov, pojasnili zakaj uporabiti določen sistem in predlagali tehnologijo za naš primer. Nato se bomo osredotočili na težave s katerimi se izvajalci soočajo ob gradnji ter podali rešitve za učinkovito odpravo. Navedli bomo izračune na podlagi katerih se bomo odločali o velikosti naložbe ter izbire velikosti elektrarne. Nadaljevali bomo z izračunom donosnosti, stroški vzdrževanja, zavarovanja elektrarne ter analizo lokacije postavitve. Izhajanja osnovnih teoretičnih predpostavk bomo aplicirali v realen sistem, ki ga želimo uvesti v sistem Park&Ride v Mariboru. Prav tako bomo izhajali iz že znanih dejstev, ki smo jih dognali pri projektu Park&Ride Tezno, kjer smo predlagali uporabo majhne fotovoltaične elektrarne. Sledi še sklep celotnega magistrskega dela.

Opredelitev področja in problema

Dandanes se vsa večja mesta srečujejo s problemom prezasedenosti mestnih središč z vozili, posledično z njihovimi vplivi. Zaradi prednosti, ki jih osebna vozila nudijo uporabniku, je postal tak način prevoza prvotnega pomena, vpliv pa je očiten. Gneče, zastoji, pomanjkanje parkirnih mest ter onesnažena mestna jedra, so samo nekateri od negativnih vplivov. Odvisnost od lastnega prevoza pa negativno vpliva na javni prevoz.

Uporabnik Park&Ride sistema se z vozilom pripelje do vmesne točke, kjer svoje vozilo pusti ter nadaljuje do končne točke z javnim prevozom. Seveda brez vzpodbujanja za tak prevoz ni veliko interesa, zato želimo v sistem uvesti nekatere inovativne rešitve. Ena izmed teh je uporaba fotovoltaike, s katero želimo zagotoviti energijsko neodvisnost sistema od uporabe javne električne energije. Ob tem pa povečati donosnost ter rentabilnost celotnega sistema za vlagatelje.

Namen in cilji naloge

Cilj naloge je ugotoviti, ali je uporaba fotovoltaike v Park&Ride smiselna ter v kakšnem obsegu. V ta namen bomo izdelali poslovni načrt izgradnje fotovoltaične elektrarne, ki bo sposobna napajati osvetljavo parkirišča, toaletne prostore in električna vozila. Drugi scenarij bo postavitve velike fotovoltaične elektrarne, ki bo pokrivala celotno parkirišče. Sposobna bo napajati celotno parkirišče, električna vozila, informacijske table itd. Predvidevamo, da bomo pri veliki fotovoltaični elektrarni presežek predelane energije prodajali.

Raziskava bo izhajala iz predhodno izdelanega projekta Park&Ride Maribor Tezno (Rosi et al., 2012). Smotrnost fotovoltaike v Park&Ride sistem je odvisna od različnih dejavnikov, kot so cena začetne naložbe, donosnost, vzdrževanje, izplen itd. Fotovoltaika je veda, ki se ukvarja s pretvarjanjem sončne svetlobe oziroma fotonov v električno energijo brez posledic na okolje. Napovedi govorijo, da bi naj do leta 2030 pridobivali 4-5 % energije s pomočjo fotovoltaike.

V roku dveh let pa bi naj fotovoltaične elektrarne postale neodvisne od državnih subvencij zaradi povečanega izkoristka modernih kolektorjev (»Najpogostejša vprašanja z odgovori« [Elektro Maribor], b.d.).

Nedvomno to predstavlja način pridobivanja energije, katerega je smotno preučiti tudi kot del Park&Ride sistema. Zato nas zanima ali je sploh smotno integrirati fotovoltaiko v Park&Ride sistem, saj nam samo parkirišče nudi dovolj velik prostor za elektrarno ter v kakšnem obsegu. Na vprašanja bomo postopoma odgovorili skozi nalogo.

Osnovne predpostavke in hipoteze

Po podatkih statističnega urada republike Slovenije je Slovenija energetska odvisna država od uvoženih energentov. 48 % je energijska odvisnost Slovenije od uvožene energije v letu 2011, kar pomeni skoraj 7 % manj kot v letu 2008 (SURS, 2011). To pomeni, da se energijska odvisnost manjša, vendar je še vedno visoka. Podatki prav tako kažejo, da se je skupna bruto pridelana električna energija iz obnovljivih virov povečala iz 19 % v letu 2005, na 27 % v letu 2011 (SURS, 2011).

To pomeni, da si lahko zadamo naslednje hipoteze:

- fotovoltaika ima ogromen potencial tudi v Park&Ride sistemih, katerim veča rentabilnost;
- park&Ride v kombinaciji s fotovoltaiko, bo zanimiv za uporabnike, če bo implementiran s pravilnim strateškim planom ter spodbujanjem;
- izgradnja velike fotonapetostne elektrarne v Park&Ride se bo izplačala, če bomo pridelano energijo učinkovito izkoriščali.

Predvidene metode raziskovanja

Fotovoltaika ter Park&Ride sistem zajemata več področij. Zato bomo uporabili več različnih metod s katerimi bomo poiskali, preštudirali gradivo in sestavili to nalogo.

V teoretičnem delu naloge, bomo uporabili deskriptivno metodo, s katero bomo preučili literaturo, metodo analize katero smo uporabili pri analizi stanja in metodo kompilacije s katero smo povzeli spoznanja, stališča in sklepe.

Skozi celotno nalogo smo uporabili metodo sinteze s katero smo razčlenil ugotovitve tako v praksi kot teoriji, metodo klasifikacije s katero smo definirali pojme.

Z metodo dedukcije smo sklepali o pomembnosti projekta za uporabnike, statistično metodo s katero smo zbirali, obdelali ter predstavili podatke. Prav tako smo uporabili kavzalne metode z uporabo intervjuja, da smo prišli do realnih podatkov iz prakse.

Struktura naloge

V začetnem poglavju Uvoda izpostavimo problem magistrske naloge, definiramo stanje in pogoje o katerih pišemo, predstavimo cilje naloge, predpostavke in hipoteze ter metode dela. Raziskovanje začnemo z zbiranjem in pregledovanjem literature na področju fotovoltaike, fotovoltaičnih elektrarn in njihovih izvedb. To smo umestili v prvo poglavje *Splošno o fotovoltaiki ter elementih fotovoltaične elektrarne*. Opišemo mnenja in vidike različnih avtorjev na proizvodnjo posameznih komponent elektrarne, učinkovitosti celote ter učinkovitost izvedbe. Nadalje preučimo različna strokovna mnenja o učinkoviti proizvodnji električne energije ter pravilni rabi električne elektrarne.

Nadalje preučimo različne avtorje iz področja Park&Ride ter raziščemo področje, ki smo ga umestili v drugo poglavje pod imenom *Splošno o Park&Ride ter primeri dobre prakse*. Opišemo različne vidike dobre implementacije sistemov ter različne cenovne politike v podobno velikih mestih, kot je mesto Maribor. Dodatno osvetlimo močne točke sistemov, ki jih lahko upoštevamo tudi v naši raziskavi.

Nato v tretjem poglavju z imenom *Načrtovanje Park&Ride sistema v Mariboru*, preučimo različne teorije in možnosti implementacije sistema. Uporabimo znanje, ki smo ga pridobili iz predhodnega projekta Park&Ride Tezno. Ter s pomočjo literature predstavimo možnosti za razvoj sistema na lokaciji Tržaška cesta.

Na podlagi analize predstavimo teoretične možnost za *Načrtovanje fotovoltaične elektrarne v sistemu Park&Ride Maribor*. Predstavimo različne možnosti za izbiro proizvajalcev, analiziramo količino energije, ki jo lahko proizvedemo, ter podamo izračun amortizacijske dobe.

Proti koncu poglavja analiziramo stanje, ki ga lahko dosežemo z učinkovito rabo električne energije predvsem s stroškovne plati, z uporabo električnih avtobusov ter izposajo električnih avtomobilov.

V zadnjem poglavju *Zaključek* ovrednotimo rezultate in dognanja. Ocenimo uspešnost predstavljenih rešitev, ocenimo realne pogoje za uvedbo celotnega sistema ter podamo mnenje za nadaljnji razvoj.

1 SPLOŠNO O FOTOVOLTAIKI IN ELEMENTIH FOTOVOLTAIČNE ELEKTRARNE

1.1 Fotovoltaika

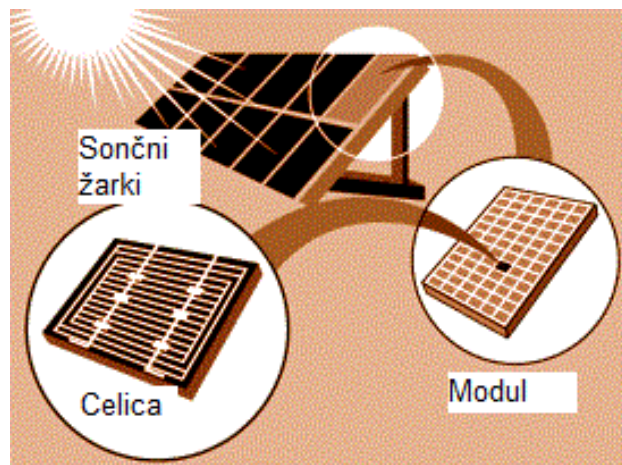
Velik delež energije, ki jo svetovno gospodarstvo ter prebivalstvo danes uporablja, izhaja iz fosilnih goriv. Energetski viri, kot so nafta, premog in zemeljski plin, nastajajo z dolgotrajnim procesom odlaganja odmrlih živali, rastlin in ostalih bitij. Ta proces proizvodnje fosilnih goriv poteka še danes, vendar je zelo dolgotrajen. Prav v tem je osnovni problem. Poraba je večja kot proizvodnja, kar pomeni, da so zaloge fosilnih goriv omejene, kakor so omejene tudi z fizičnim obstojem.

Svetovno gospodarstvo teži k uporabi obnovljivih virov energije prav zaradi omejenosti fosilnih goriv ter posledično vedno večjega onesnaževanja, ki je posledica naraščajočih potreb po fosilnih gorivih. Obnovljivi viri so biomasa, sončna, vetrna, vodna, geotermalna energija ter toplotne črpalke. Na tem področju se ponuja možnost večje gospodarske stabilnosti držav, novih delovnih mest, zmanjšanja okoljskega učinka ter energetske stabilnosti. Konkretno Evropska Unija vidi v obnovljivih virih veliko priložnost, saj bi rada zmanjšala energijsko odvisnost od drugih držav, ter si je zato zadala nalogo, da bodo države članice do leta 2020 proizvajale in uporabljale 20 % energije iz obnovljivih virov (Jereb, Knez & Orthaber, 2010).

Naš predmet raziskovanja bo fotovoltaika in aplikacija fotovoltaike na parkirišče Park&Ride. Fotovoltaika je veda, ki se ukvarja s pretvorbo sončne energije v električno. Natančneje pretvorba sončne energije, fotonov, v enosmerni električni tok. Sončne celice vežemo med seboj ter tako tvorimo modul. Module, ki jih med seboj povežemo, tvorijo fotonapetostni kolektor, katere lahko vežemo vzporedno ali zaporedno. Ti pa z drugimi komponentami tvorijo fotonapetostni sistem za pridobivanje energije (Dragovan, 2011, str. 2).

Velik potencial v fotovoltaiki se kaže v sončni energiji, ki obstaja ne glede na našo izrabo. Ta pa ni zanemarljiva, saj sonce v eni uri pošlje na zemljo več energije kot je človeštvo porabi v enem letu.

Slika 1: Sončna celica vezana v modul. Moduli vezani v fotonapetostni sistem



Vir: Kačič, 2000

1.1.1 Pridobivanje energije s sončnim obsevanjem

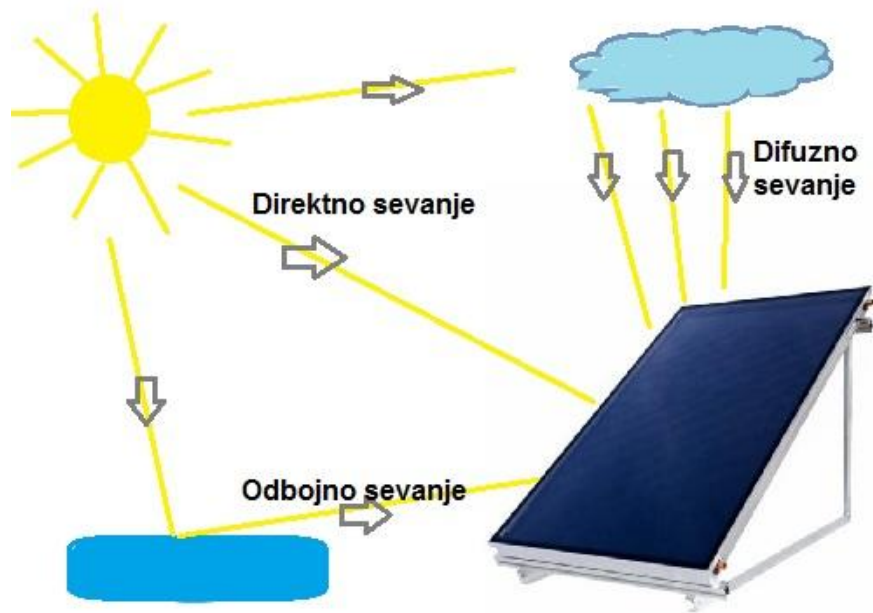
Sončno obsevanje predstavlja največji dotok energije na zemeljsko površino in v ozračje. Energijo sončnega obsevanja merimo z radiometri na več načinov in različne dele spektrov. Izraženo je v J/m^2 , v praksi se pa izraža s kWh/m^2 . Sončno obsevanje predstavlja skupek delnih prispevkov v nekem časovnem obdobju. Poznamo obsevanje na vodoravne ali poljubno postavljene površine. Časovno ločimo urno, dnevno in mesečno obsevanje, katerih pa se za izračunavanje uporablja povprečna vrednost (ARSO, 2004).

Fotovoltaični moduli morajo biti nameščeni tako, da so čim dlje izpostavljeni neposrednemu sončnemu obsevanju. To je najmočnejše med 9. in 16. uro. Povprečno je v Sloveniji med 3 in 3,5 sončnih ur. Najboljša lega modulov v Sloveniji je proti jugu z naklonom med 35° in 40° . Največji izplen pozimi pa dosežemo z naklonom 20° do 30° (Rečnik, osebna komunikacija, april 2013).

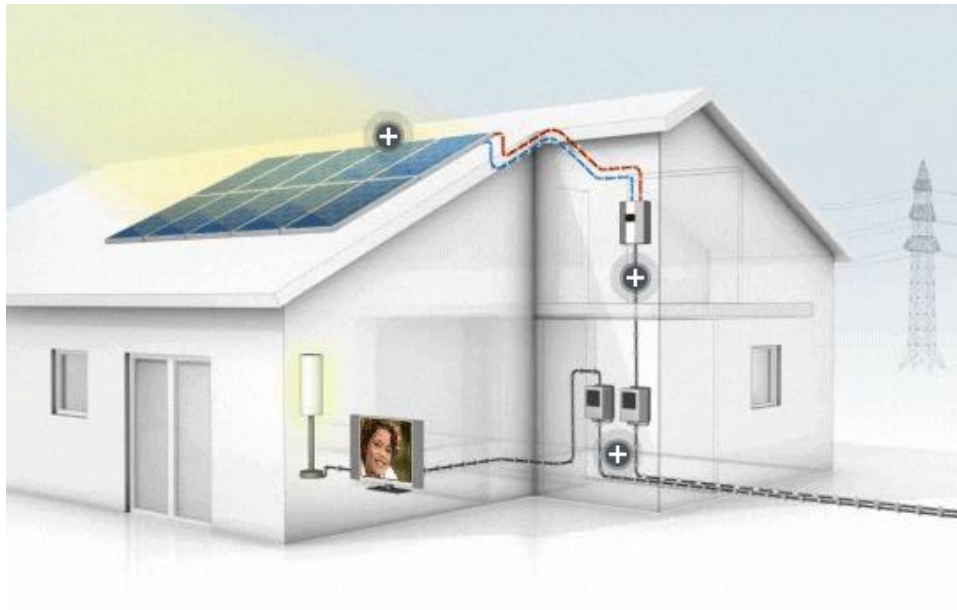
Ločimo tri vrste sončnega sevanja:

- neposredno sončno sevanje;
- difuzno sevanje kot posledica razpršenega sevanja;
- odbito sevanje, ki je posledica odboja sončnega sevanja od okolice.

Slika 2: Sončno sevanje



Slika 3: Animacija delovanja fotonapetostne elektrarne



Vir: »Fotovoltaika – proizvodnja električnega toka« [ProSigma d.o.o.], b.d.

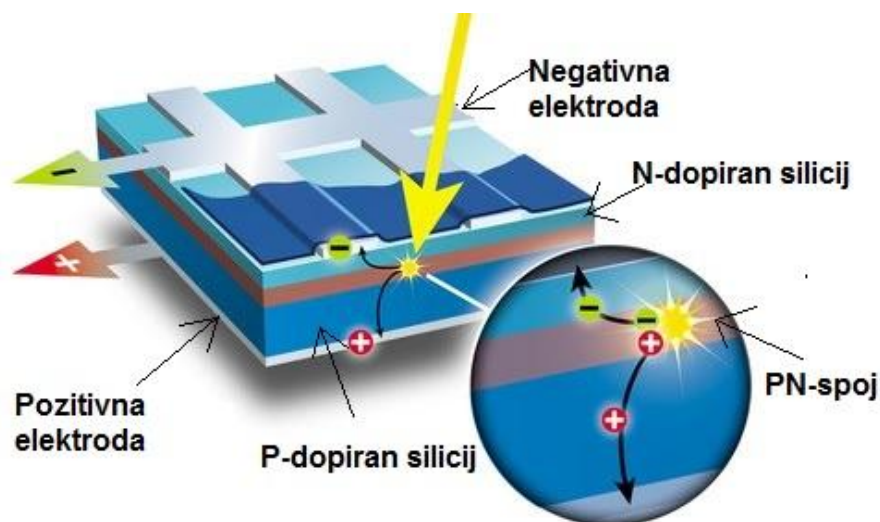
1.2 Sončne celice

Sončna celica je skupek materialov, ki pretvorijo fotone v električno energijo. Najpogosteje je zgrajena iz silicijeve kristalne mreže.

Sam silicij nima prevodniških lastnosti zato mu je dodan bor ali fosfor. Z dodajanjem teh dveh elementov dobimo polprevodniško celico tipa P in N. Pri združitvi P in N elementov dobimo PN spoj (Dragovan, 2011, str. 5).

Delovanje celice pojasni Dragovan kot »Na meji med P in N tipom, presežek elektronov iz N-tipa polprevodnika steče v P-tip polprevodnika, v obratni smeri pa steče presežek vrzeli. Posledica tega pojave je električno polje in posledično napetost (v tem primeru govorimo o zaporni napetosti). Za silicij znaša ta napetost 0,6 V, za druge materiale pa je drugačna. Pod vplivom zunanjega vira napetosti, lahko tok skozi PN-spoj teče le v eni smeri, če je dioda polarizirana v prepustni smeri« (Dragovan, 2011, str. 5).

Slika 4: Shema delovanja sončne celice



Vir: »Delovanje sončne celice« [GEK], b.d.

1.2.1 Učinkovitost sončne celice

Učinkovitost sončne celice je odvisna od tega, koliko prejete sončne energije lahko pretvori v električno. To pomeni, da današnje celice pretvorijo okoli 1/6 svetlobe, ki jo prejmejo, torej imajo učinkovitost 15 % ali več. Monokristalna celica, dimenzije 100 cm^2 , proizvede 1,5 W moči pri 0,5 W enosmerne napetosti in toku 3 A pri polni sončni svetlobi 1000 W/m^2 (Tihec, 2012).

V Ameriškem laboratoriju NREL, so izdelali sončno celico, ki je sposobna vpiti kar 99,7 % sončne energije. Ob veliki vpojni sposobnosti je proces izdelave lažji in cenejši.

Realni izplen modula s takšnimi celicami je 16,5 %, v laboratorijskih pogojih pa 18,2 %. Celice skušajo čim prej pripraviti za serijsko proizvodnjo mono ali multikristalnih silicijevih modulov (Tihec, 2012).

Učinkovitost sončne celice je omejena z več dejavniki. Z večanjem valovne dolžine pada energija svetlobe. Za silicij je največja valovna dolžina 115 um. Na učinkovitost sončne celice prav tako vpliva temperatura celice. Optimalni izkoristek ima celica pri 25° Celzija, z dvigom vsake stopinje nad to mejo pa izkoristek pade za 0,5 %. Ne glede na sevanje je težnja po konstantni električni napetosti ključna. Električni tok se večja z večanjem osvetlitve panelov, vendar se ti zaradi izpostavljenosti pregrevaajo. Zato je potrebno sončne celice ohlajati, kar povzroča izgube. Pomembna je kvaliteta izdelave ter uporabljeni materiali celice, ker ti neposredno vplivajo na dopiranje (dodajanje nečistih elementov) p in n spoja. Dragovan trdi: »Lastne izgube celice nastopajo predvsem zaradi kontaktne mreže, notranje upornosti celic in zaradi refleksije sončnega sevanja na površini celic« (Dragovan, 2011, str. 8).

1.2.3 Tipi sončnih celic

V prodaji je več tipov sončnih celic, ki se razlikujejo po materialu ter zgradbi. Fotovoltaična industrija nenehno stremi k razvoju novih materialov ter tehnologij za izdelavo učinkovitejših celic ob nižanju cene proizvodnje. Današnje celice imajo izkoristek med 10-15 %, medtem ko je v laboratorijskih pogojih mogoč izkoristek tudi 20-30 %. Za mojo nalogo bodo zanimive komercialne sončne celice. Komercialni tipi sončnih celic so (Andrejašič, 2007, str. 7):

Kristalne silicijeve celice:

- monokristalne sončne celice;
- polikristalne sončne celice;
- polikristalne sončne celice v obliki traku;
- apex (polikristalne sončne celice);
- monokristalne sončne celice v obliki dendritne mreže;
- tankoplastne kristalne sončne celice.

Hibridne sončne celice:

- sončne celice iz kamidijevega telurida;
- sončne celice iz bakrov indijevega diselenoida.

Amorfne sončne celice:

- klasične amorfne sončne celice;
- večslojne amorfne sončne celice.

Kristalne silicijeve sončne celice

V to skupino štejemo tako monokristalne kot polikristalne sončne celice. Proizvajajo se v štirih korakih. Najprej iz peska pridobijo čisti silicij, nato iz njega naredijo kristalni silicij iz tega pa kristalne silicijeve rezine.

Te tvorijo v sončne celice, sončne celice pa v module. Silicij se uporablja za izdelavo sončnih celic predvsem zaradi svojih prednosti. Nahaja se v velikih količinah saj tvori kar 1/3 zemeljske skorje. Je nestrupen, kakor tudi njegovi odpadki. Je lahek za obdelavo, se lahko tali, segreva in dokaj lahko oblikuje v monokristalno strukturo. Pridobiva se iz peska po metalurški metodi redukcije v elektropečeh. S tem postopkom dobijo 98-99 % čist silicij, katerega po različnih postopkih očistijo do 99,99999 % čistoče (Dragovan, 2011, str. 9).

Iz čistega silicija se tvorijo monokristalni, polikristalni in amorfni silicij. Bloke tega žagajo ter obdelajo do končne oblike celice. Po žaganju celico jedkajo do globine nekaj mikronov. S tem se popravijo nepravilnosti nastale z žaganje ter ob enem očisti rezino. Pri rezanju rezine nastaja skoraj 50 % izmeta. Začetna rezina silicija je običajno polprevodnik tipa p, dopirana z borom (Andrejašič, 2007, str. 8) .

Nato naredimo z difuzijo fosforja p-n stik. Pri temperaturi 870 °C difundiramo fosfor v plinasti obliki $2\ 5\ P\ O$ v rezino iz sprednje strani. Debelina dopirane plasti narašča s časom, ki ga silicij prebije v plinastem $2\ 5\ P\ O$: po 15-30 min znaša okoli 0,5 μm , kolikor je potrebno za optimalno delovanje celice. Tako nastane na vrhu rezine plast polprevodnika n in oksidna plast, bogata s fosforjem (Andrejašič, 2007, str. 8).

Slika 5: Polikristalna celica (levo) ter monokristalna celica (desno)



Vir: »Vrste solarnih celija« [FrankenSolar], b.d.

Rezine nato položijo v obliko kocke ter jo jedkajo, s čimer odstranijo plast polprevodnikov tipa n na robovih. Nato na sprednji in zadnji strani izdelajo mrežo kontaktov. Sprednjo iz srebra, zadnjo stran iz srebra z dodatkom aluminija, ter s posebnim postopkom tiskajo na površino celice. Na koncu celico še sintrajo. Tiskani trakovi pokrivajo približno 9 % vpadne svetlobe na celici. S posebnimi metodami tiskanja je možno pokrivno površino mreže zmanjšati. Celici se doda še antirefleksivna plast, ki je lahko v različnih barvah (Andrejašič, 2007, str. 9).

Polikristalne sončne celice v obliki traku

Se proizvajajo z vlečenjem dveh tankih kremenčevih ali ogljikovih palic skozi talino silicija. Trak je rezan v pravokotne celice (Dragovan, 2011, str. 13).

Tankoplastne kristalne sončne celice

Tehnologija tankoplastnih sončnih celic obljublja nižjo ceno proizvodnje celice, predvsem na račun manjšega izmeta ter manjše količine energije potrebne za izdelavo celice. Končna površina modula je manjša, modul pa ima višji izkoristek in življenjsko dobo 20 ali več let. Tankoplastna celica je lahko upogljiva ter ima z tiskanim vezjem debelino do 130 mikronov (Dragovan, 2011, str. 13).

Amorfne sončne celice

Proizvajajo iz čistega silicija, kateremu dodajo nekaj vodika. Od kristalnega silicija se razlikuje po neurejeni strukturi. Na očiščen steklen substrat se najprej nanesejo kontaktne plasti (Dragovan, 2011, str. 14).

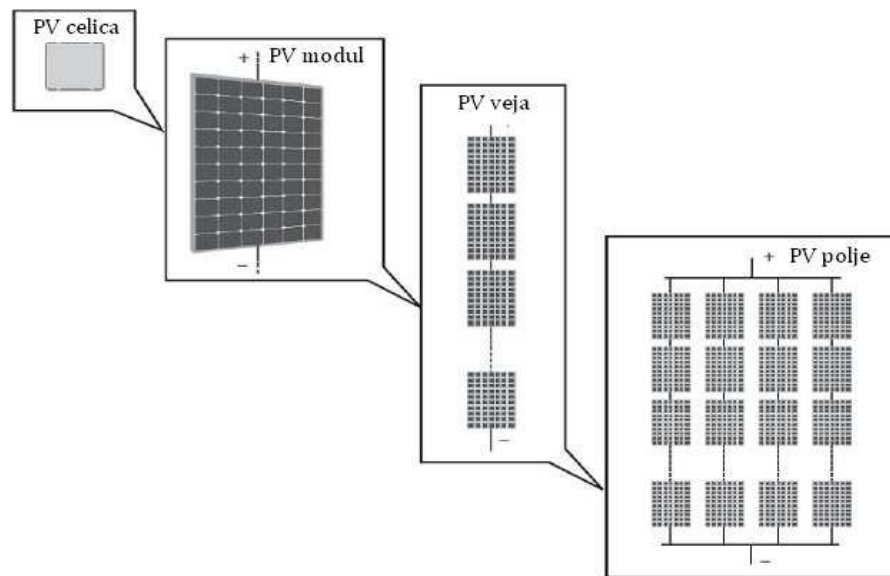
V vakuumu pod vplivom visokofrekvenčnega električnega polja nanesejo plast amorfnega silicija. Sledi nanašanje kovinskih elektrod, najpogosteje aluminijevih. Za zbiranje čim večje količine energije jih vežejo v tandemske celice. Te imajo izkoristek do 8 % (Dragovan, 2011, str. 14).

1.3 Fotovoltaični modul

Po ugotovitvah iz prejšnjem poglavju vemo, da modul sestavlja med seboj vezan niz sončnih celic. Izbira modula za sončno elektrarno je ključnega pomena, saj je od kvalitete izgradnje, materialov, načina vezave itd. odvisna pridobljena energija, moč in življenjska doba fotovoltaične elektrarne. Najbolj razširjena je uporaba monokristalnih in polikristalnih silicijevih modulov. Ti bodo zanimivi za našo fotovoltaično elektrarno zato jim bom namenil nekaj pozornosti.

Celice so vezane v modul vzporedno ali zaporedno. Vezava tvori modul. Navadno so moduli med seboj povezani zaporedno v niz, nizi pa so med seboj združeni zaporedno. Število modulov v nizu je omejeno glede na najvišjo napetost sistema, ki naj ne bi presegal 850 V. Velja pravilo, da morajo biti polja enako velika oziroma vsebovati enako število modulov. Če to ni enako, morajo biti nizi priklopljeni na svoje razsmernike.

Slika 6: Vezava celice v modul, modulov v PV vejo ter tejo v PV polje



Vir: »Fotonapetostni razsmerniki– Priročnik za vgradnjo in uporabo« [fingalsolar], b.d.

Problematika vpliva temperature na delovanje sončnih celic

Raziskave kažejo, da se učinkovitost sončnih celic manjša z večanjem temperature. Optimalno delovanje sončnih celic je med 20 in 25 stopinj Celzija. Z dvigom temperature za eno stopinjo pa se pojavi padec učinkovitosti za 1,1 %.

Problematična lastnost celic je v tem, da se segrejejo za skoraj 100 % vrednost, glede na temperaturo okolja. Torej če je temperatura ozračja 20 stopinj Celzija, se ogrejejo na 40-44 stopinj. Na kritičnih mestih se uporablja hlajenje celotnih modulov, vendar to povzroča določene izgube. Pri načrtovanju fotonapetostne elektrarne se uporablja delavna temperatura 75 stopinj Celzija.

Druga problematika je problem nizkih temperatur. Celice imajo največji izkoristek v sončnih zimskih dneh. Vendar so v zimskem času dnevi krajši in pot sonca je pod nižjim kotom kot poleti. To pomeni, da je v zimskem času vpadni kot svetlobe na module manjši, kar pomeni nižji izkoristek. Premostitev te težave omogočajo sledilne konstrukcije. Ta težava je pa skoraj nepremostljiva pri fiksnih konstrukcija. V zimskem času se lahko prav tako pojavi težava zasnedenosti modulov. Za to obstaja nekaj rešitev, kot so nameščanje modulov pod določenimi koti.

Slika 7: Prikaz vpliva temperature na napetost modula

Min. temp. modula [°C]	Moduli s 36 celicami		Moduli z 48 celicami		Moduli z 72 celicami	
	Napetost modula	Max. število modulov	Napetost modula	Max. število modulov	Napetost modula	Max. število modulov
25	21.6	39	28.8	29	43.2	19
20	22.0	38	29.4	28	44.0	19
15	22.4	37	29.9	28	44.9	18
10	22.	8 37	30.5	27	45.7	18
5	23.3	36	31.0	27	46.5	18
0	23.7	35	31.6	26	47.3	17
-5	24.1	35	32.1	26	48.2	17
-10	24.5	34	32.7	25	49.0	17
-15	24.9	34	33.2	25	49.8	17
-20	25.3	33	33.8	25	50.7	16
-25	25.7	33	34.3	24	51.5	16

Vir: »Fotonapetostni razsmerniki– Priručnik za vgradnjo in uporabo« [fingalsolar], b.d.

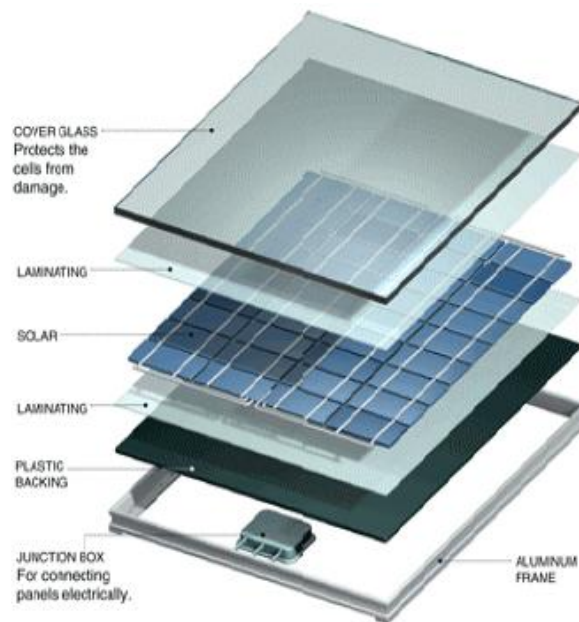
Tabela jasno nakazuje zgoraj opisano stanje. S padcem temperature se večja napetost modula. Zmanjšana napetost se odraža v manjši moči in posledično manjšem energijskemu izplenu.

Sestava fotovoltaičnega modula

Modul sestavlja niz sončnih celic enakih karakteristik. Običajno je v modul vezano 36 do 72 celic, odvisno od velikosti modula. Med seboj vezane celice so postavljene v sendvič strukturo ter obojestransko obdane z EVA folijo. Na zgornji strani jih obdajo s kaljenim steklom na spodnji strani pa s folijo (Rečnik, oseba komunikacija, april 2013).

To konstrukcijo nato laminirajo, da celice obvarujejo pred vlago ter mehničnimi poškodbami. Nato gre sendvič konstrukcija skozi proces ogrevanja ter ohlajanja, kateri hermetično zatesni modul. Za zaključek modula se obdelana sendvič konstrukcija obrobi z aluminijastim, plastičnim ali nerjavečim jeklenim okvirjem. Na zadnjo stran se namesti še priključna doza (Rečnik, oseba komunikacija, april 2013). Ko je fotovoltaični kolektor sestavljen, opravi fazo testiranja. Testira se izhodna moč, mehanska odpornost ter vključuje optični pregled.

Slika 8: Sestava sončnega kolektorja



Vir: Buemi, 2011

EVA folija

Za ovijanje sončnih celic se uporablja EVA (Etilen Vinil acetat) folija. Ta jih varuje pred zunanjimi vplivi ter vlago. Omogoča boljši izkoristek modula. Glavna značilnost EVA folije je, da v primeru poškodbe steklo ne razpade ampak ostane povezano. Proizvajalci modulov morajo uporabljati kvalitetno EVA folijo, saj se lahko ta s časom postara. To pomeni, da porumeni ter se začne razslojevati.

Življenjska doba fotovoltaičnega modula

Življenjska doba kvalitetnih fotovoltaičnih modulov je nad 25 let. Vendar se izplen z leti manjša. Boljši proizvajalci trdijo, da je upad izplena naslednji (»Yingli Solar« [KO-operating d.o.o.], b.d.):

- po 5 letih 95 %;
- po 10 letih 90 %;
- po 18 letih 85 %;
- po 25 letih 80 %.

Izbira ustreznih modulov

Kadar se odločamo za nakup modulov, moramo vedeti ali smo s prostorom omejeni ali ne. Kadar smo omejeni, izbiramo monokristalne module, kadar nismo izbiramo polikristalne module, ki nudijo primerljive lastnosti na nekoliko večji površini.

V našem primeru smo s prostorom omejeni na meje Park&Ride parkirišča. Zato bomo s programsko opremo Dexi naredili večparametrsko analizo ter ugotovili katere module izbrati.

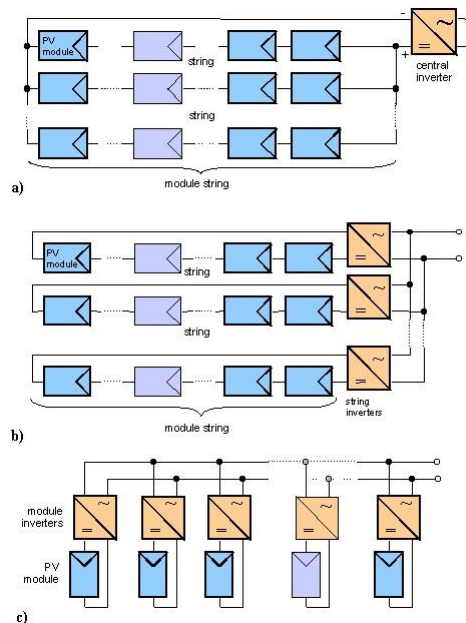
1.4 Razsmerniki

Naloga razsmernikov je pretvorba enosmernega toka v uporaben izmenični tok. Izmenični tok se uporablja pri napajanju vseh električnih naprav, ki jih najdemo v domovih. Razsmerniki so ključnega pomena v fotovoltaičnih sistemih, saj omogočajo izrabo pridobljene energije. Zraven pretvorbe toka je naloga razsmernika še nadzor nad fotonapetostno elektrarno, zaščita pred preobremenitvijo, zagotavljanje energije, ko je pridobljena energija iz fotovoltaične elektrarne prenizka ter oddajanje odvečne energije, ko elektrarna proizvede višek energije. Poznamo mikro razsmernike, ki so nameščeni na zadnji strani fotonapetostnega kolektorja, ter centralne razsmernike, kateri združujejo večje število modulov.

Slika 9: Razsmerniki na fotonapetostni elektrarni Iskra v Kranju



Slika 10: Vezava modulov v: a) centralni razsmernik, b) vejo modulov, c) posamezno na vsak modul



Vir: Quasching, 2004

Vezava je predvsem odvisna od velikosti fotovoltaične elektrarne ter zakonov, ki urejajo to področje. Napetost in tok morata biti v okvirjih specifikacije razsmernika. Navadno je v centralni razsmernik vezana fotovoltaična elektrarna večjih moči. Po posameznih vejah je navadno vezana veja, ki proizvaja med 500 W in 2,5 kW. Vezava razsmernikov na vsakem modulu se lahko uporablja tudi, ko je kateri izmed modulov osenčen ali nima enake izhodne moči kot ostali. To ne oslabi proizvodnje energije. Vendar prihaja do izgub pri vezavi v skupni razsmernik (Quasching, 2004).

Izkoristek razsmernikov

Najpomembnejši parameter razsmernikov je njihova učinkovitost. Razsmernik je povprečno 100 % obremenjen le 20 % obratovalnega časa zaradi razlik v sončni obsevanosti. Za izražanje izkoristka razsmernikov se uporablja izraz evroučinkovitost. Ta je za Evropo izrednega pomena, saj pove povprečno učinkovitost razsmernika v evropskem podnebnju. V povprečju bi naj v centralni Evropi sonce sijalo le 4,2 uri na dan. Največja učinkovitost razsmernika je v območju 50-80 % nazivne moči delovanja. $\eta_{100\%}$ predstavlja učinkovitost pri nazivnih pogojih. Učinkovitost razsmernikov, po evroučinkovitosti, se giblje med 90 % in 97 %.

Izkoristek do 93,5 % je označen z zadovoljivo; 93,6 % do 94,4 % z dobro; ter tisti z 94,5 % do 97 % z zelo dobro (»Fotonapetostni razsmerniki– Priročnik za vgradnjo in uporabo« [fingalsolar], b.d.).

Varnostna in zaščitna funkcija razsmernikov

Razsmerniki imajo nekaj pomembnejših zaščitnih funkcij, kot so:

- zaščita pred otočnim delovanjem;
- napake ozemljitve fotonapetostnih modulov;
- stalni nadzor omrežne napetosti;
- kontrola notranjih temperatur.

Razsmerniki so opremljeni s sistemom pred otočnim delovanjem. Ta sistem izklopi fotonapetostni sistem v primeru izpada energije iz javnega omrežja, ali ob izvajanju vzdrževalnih del na fotonapetostni elektrarni. Enostavnejši sistemi nadzirajo otočno delovanje na podlagi tokov in napetosti. Zahtevnejši sistemi pa nadzorujejo otočno delovanje na pasivni in aktivni ravni. Pasivni spremljajo spremembo frekvenc in fazne premike, medtem ko aktivni spremljajo premike frekvenc, spremembe jalove moči ter lezenje frekvenc. Ko je napaka odpravljena, se sistem samodejno znova zažene (Dragovan, 2011, str. 36).

Razsmerniki so opremljeni z varovalko, ki sproži izklop fotonapetostnega sistema, če pride do napak pri ozemljitvi. Gre za stalen nadzor. Stalni nadzor se vrši nad nadziranjem omrežne napetosti. Ta mora ostati znotraj zakonsko določenih frekvenc in nihanj. Po avtomatskem izkopu sledi kontrolni vklop po 10 sekundah. Če so vrednosti v predpisanih mejah na izhodu, sledi vklop. Pomanjšane vrednosti na vhodu so sprejemljive, saj lahko razumemo pomanjšano vrednost na vhodu ter povečano na izhodu kot nočni način delovanja. Kontrola notranjih temperatur se izvaja kot potreba po omejevanju moči, da ne pride do pregrevanja komponent (»Fotonapetostni razsmerniki– Priročnik za vgradnjo in uporabo« [fingalsolar], b.d.).

1.5 Nadzor delovanja

Za lastnika fotovoltaične elektrarne je izrednega pomena, da lahko nadzoruje dogajanje in proizvodnjo elektrarne. Dober nadzor je temelj učinkovite proizvodnje energije.

Danes fotonapetostne elektrarne vodimo s pomočjo računalniških programov, izdelanih prav v ta namen. Glavne naloge nadzornih programov so (»Fotonapetostni razsmerniki– Priročnik za vgradnjo in uporabo« [fingalsolar], b.d.):

- centralno vodenje elektrarne;
- centralno spremljanje parametrov, meritve, izračuni in obdelava ključnih indikatorjev;
- spremljanje in odprava potencialnih anomalij.

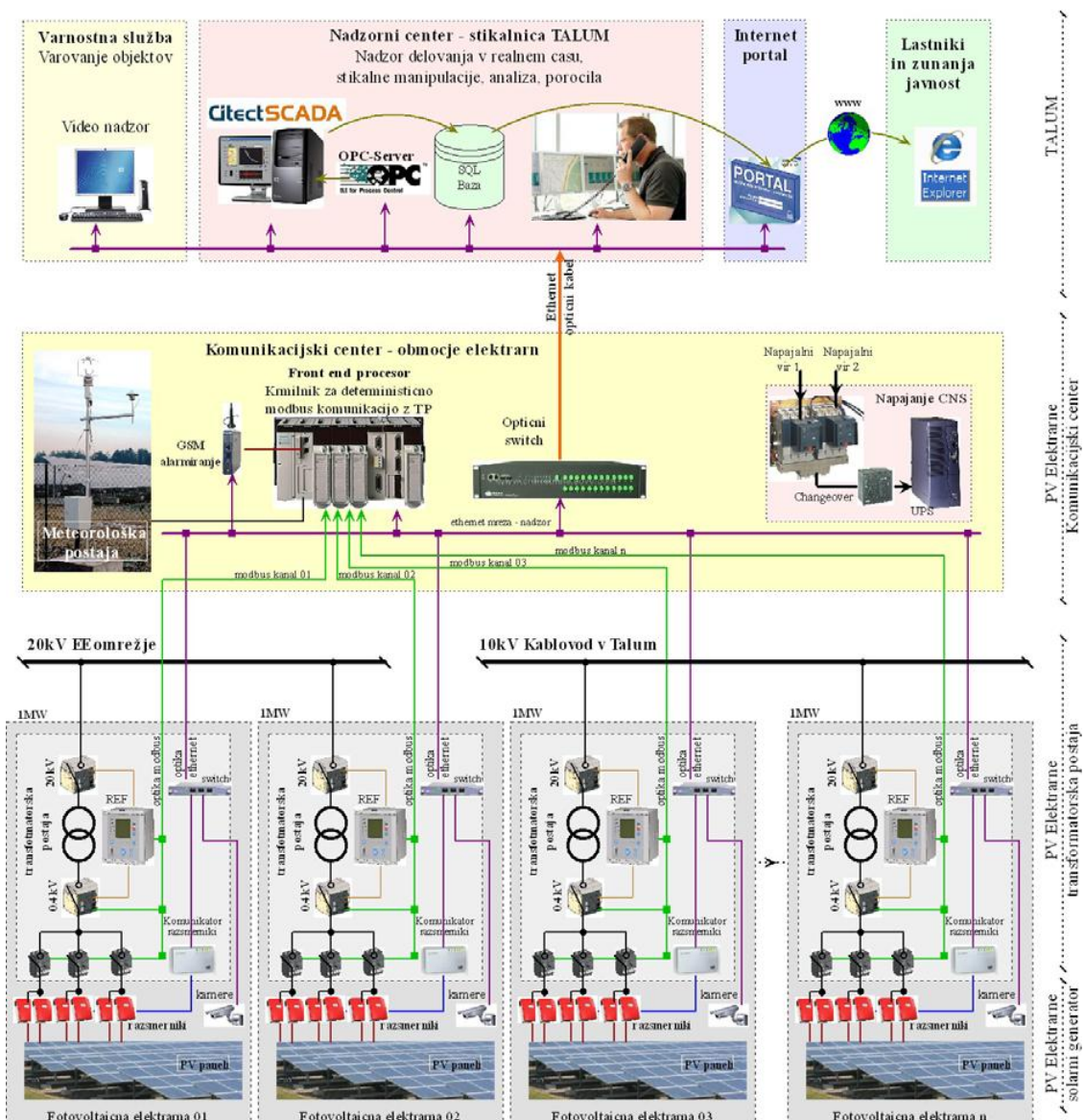
Ključni parametri, ki jih želimo spremljati so (»Fotonapetostni razsmerniki– Priročnik za vgradnjo in uporabo« [fingalsolar], b.d.):

- bruto/neto količina proizvedene energije;
- učinkovitost;
- teoretična proizvodnja;
- trajanje sončnega sevanja;
- lastna poraba;
- trajanje proizvodnje itd.

1.5.1 Arhitektura nadzora na primer FE Kidričevo

»Na sliki je prikazana arhitektura informacijske infrastrukture z nadzornim sistemom za vodenje sončnih elektrarn. Nadzorni sistem je s pripadajočimi napravami razdeljen v štiri nivoje. Obsega nadzor solarnih generatorjev, transformatorske postaje, komunikacijskega centra in meteorološke postaje. Koncept prenosa podatkov je izdelan tako, da ustrezni komunikacijski vmesniki vse naprave, ki so vključene v nadzorni system povežejo na skupno ethernet mrežo« (Verdenik, 2011, str. 3).

Slika 11: Prikaz vodenja elektrarne FE Kidričevo



Vir: Verdenik, 2011, str. 4

Gre za prikaz vodenja velike fotonapetostne elektrarne. Podatki iz razsmernika gredo v komunikator ter iz komunikatorja v skupno ethernet omrežje. Ti podatki so preko spleta preneseni v komunikacijski center, iz katerega gredo podatki v nadzorni center. Nadzorni center podatke pošlje v varnostno službo ter internetni portal, kjer lahko javnost spremlja ključne informacije o fotonapetostni elektrarni.

Na primeru fotonapetostne elektrarne Kidričevo preko razsmernikov spremljajo trenutno moč, napetost ter proizvodnjo energije. Vendar je preko razsmernikov možno spremljati še več parametrov, ki pa kot trdijo, niso prvotnega pomena.

Podoben način vodenja fotonapetostne elektrarne lahko apliciramo na naš primer, če se bomo odločili za veliko fotonapetostno elektrarno.

1.6 Kabli in konektorji

Kabli ter konektorji so pomemben del fotonapetostne elektrarne. Pravilno dimenzioniranje kablov preprečuje nastajanje napak ter požara. Skozi kable teče visok tok ter napetost, zato morajo biti uporabljeni le tipski kabli, namenjeni le za fotovoltaike.

Dragovan deli vezavo modulov na dva dela, glavno enosmerno povezavo ter izmenično. »Glavna enosmerna vezava predstavlja kabel, ki povezuje razvodno omarico z razsmernikom, izmenična pa kabel, ki razsmernik povezuje z javnim elektro omrežjem.« (Dragovan, 2011, str. 39)

Pri montaži se uporabljajo kabli, ki imajo dvojno, negorljivo izolacijo. Običajno debeline med 2,4 in 6 mm. Biti morajo odporni na UV žarke, vodo, vlago, kemikalije, olja ter vremenske vplive. Razpon delovanja pa mora biti med -40 do 120 stopinj Celzija. Življenjska doba je predvsem odvisna od izpostavljenosti temperaturi. Če delujejo v območju višjih temperatur, je življenjska doba krajša.

Konektorji

Najpogosteje se uporabljajo MC konektorji, z oznako MC3-4, MC3-6, MC3+4 ter MC4+6. Uporabljajo se tudi sponke, vendar so precej zamudne pri vezavi. Zraven hitrosti spajanja, pa imajo konektorji še druge prednosti kot so odpornost na udarce, vremenske vplive, korozijo itd. (»Cables and connectors« [Sunerg Solar], b.d.).

Slika 12: Konektorji



Vir: »Cables and connectors« [Sunerg Solar], b.d.

1.7 Konstrukcija

Zaradi aplikacije fotovoltaike v sistem P&R, nas zanima konstrukcija, ki bo istočasno služila kot nosilna konstrukcija elektrarne ter bo nudila zaščito vozil pred nepredvidljivim vremenom. Za lažjo predstavbo nam služi primer študije iz Saudske Arabije, kjer želijo postaviti največje parkirišče, pokrito z solarno elektrarno.

Slika 13: Študija največjega parkirišča prekrita z fotonapetostno elektrarno



Vir: Buth-Parvaresh, 2013

Poznamo še ostale tipe konstrukcij, kot so sledilne, fiksne na strehah ter objektih itd.

Zanimive se sledilne konstrukcije, ki dodatno izboljšujejo pridelek energije, saj konstrukcija sledi sončnemu gibanju. Vendar se zaradi stroškov izgradnje v večini primerov odločamo za večje število modulov, kot za sledilno konstrukcijo.

1.8 Ostale sestavine fotonapetostne elektrarne

Ostale sestavine fotonapetostne elektrarne so še:

- prenapetostna zaščita;
- stikala in varovalke;
- priklopne omarice;
- mehanska zaščita.

V fotonapetostnem sistemu moramo uporabljati prenapetostne zaščite, ki dosegajo standarde tega področja. Nujne so zaradi varnega vzdrževanja, ohranjanja posameznih komponent ter izklopa v sili. Pravilno mora biti opravljena ozemljitev, v primeru udara strele. Sem sodi uporaba pravilnih stikal enosmernih tokokrogov. Stikala in varovalke, so ob vklopu in izklopu elektrarne pod veliko večjo obremenitvijo kot stikala v izmeničnem toku. Zato morajo biti uporabljata le namenska stikala in varovalke. Mehansko zaščito lahko opišemo kot materiale, ki se uporabljajo za varovanje kablov, priklopov ter ostalih komponent pred zunanji vplivi, živali ter glodavci. Običajno so izdelani iz umetnih plastičnih mas, aluminija ter nerjavečega jekla.

2 SPLOŠNO O PARK&RIDE TER PRIMERI DOBRE PRAKSE

Park&Ride sistem lahko razumemo kot sistem, v katerega se ljudje pripeljejo z lastnimi vozili do parkirišča, na katerem vozilo pustijo, ter pot nadaljujejo z eno ali več oblikami javnih prevozov. Ta oblika razbremenjevanja mestnih središč obstaja že dlje časa, vendar je vse bolj aktualna tudi v Sloveniji. Trenutno sta v Sloveniji le dva takšna parkirišča. Kljub pomanjkljivostim, ki jih imajo osebna vozila v večjih mestih, se uporabniki največkrat odločijo za lasten prevoz predvsem zaradi neodvisnosti, ki jo osebna vozila nudijo. Zato je nujno, da je Park&Ride sistem pravilno implementiran, spodbujan ter dostopen. Upoštevati je treba, da moramo tak sistem tudi finančno spodbujati, v obliki olajšav, ki jih nudimo uporabnikom.

Koncept park&Ride prevozov postaja vse bolj zanimiv predvsem zaradi želja mestnih občin po zaprtju mestnih jeder, rasti cen pogonskih energentov, onesnaževanja in slabe kakovosti zraka ter prezasedenosti mestnih središč. Podobno se dogaja v mestni občini Maribor, kjer se ob naštetih težavah srečujejo tudi s pomanjkanjem parkirnih prostorov. V večini slovenskih mest je možno opaziti vedno večjo migracijo ljudi izven mestnih središč, med tem ko delavna mesta ostajajo v mestu. Posledica so dnevne migracije ter zastoji.

Prve oblike Park&Ride so bila le parkirišča povezana z mestnimi središči preko različnih javnih prevozov. Danes postaja vse bolj aktualna tudi ideja izkoriščanja prostora za različne namene, kot so pridobivanje elektrike, reklamiranje itd. Ideja implementacije fotovoltaike v parkirišče obstaja že dlje časa, prav tako smo jo obdelali na projektu Park&Ride Tezno. S tem, ko na parkirišče postavimo fotovoltaično elektrarno, uporabnikom nudimo zaščito njihovih vozil ter izkoriščamo sončno energijo in hkrati povečujemo rentabilnost celotnega sistema.

2.1 O Park&Ride sistemih

Glavni cilj implementacije Park&Ride sistemov je (»Park-and-Ride/ Fringe Parking« [EPA], 1991):

- zmanjšanje časa potovanja skozi mesto;
- zmanjšanje potrebe po parkiranju v mestih, obremenitve mestnih cest ter okolja;
- boljše izkoriščanje javnih prevoznih sredstev.

Za uporabnike pa ima glavne prednosti (»Park-and-Ride/Fringe Parking« [EPA], 1991):

- zavarovalnice, ki nudijo zavarovanje vozila po prevoženih kilometrih, nudijo nižje premije za manj prevoženih kilometrov;
- zmanjšana poraba goriva;
- zmanjšan padec vrednosti zaradi manj prevoženih kilometrov vozila ob prodaji;
- zmanjšan strošek vzdrževanja vozila;
- ter nižji stroški vožnje kot posledica nižje parkirnine in uporabe javnih prevoznih sredstev.

Ugotavljamo, da bi moral imeti idealen Park&Ride sistem sledeče attribute (Cvahte, 2012, str. 9):

- parkirišča morajo biti locirana na obrobju mest, kjer so dobro označena, vidna ter lahko dostopna iz glavnih cest;
- znotraj mesta, kjer želimo Park&Ride uvesti, moramo zagotoviti manjše število parkirnih mest;
- javni prevoz mora biti zanimiv ter uporabnike pritegniti. To pomeni, da morajo mesta zagotoviti nemoteno gibanje javnega prevoza s posebnimi voznimi pasovi. Prav tako morajo biti prevozi redni, točni ter uporabnike dovolj informirati.

Ob temu lahko še dodamo, da imajo Park&Ride sistemi še ostale prednosti, kot so:

- zmanjševanje vpliva na okolje;
- zmanjševanje zastojev v mestnih središčih;
- nastajanje novih avtobusnih linij ter s tem bolj redne linije.

Kot nekateri avtorji trdijo moramo poudariti, da je uspeh Park&Ride parkirišča odvisen od njegove uspešne implementacije. Parkirišče mora predstavljati čim manjši padec udobja za uporabnike. Tako iz stališča zadostnega števila parkirnih mest, preprostosti uporabe ter rednih linij v mestna središča. Ob tem pa morajo mesta zagotoviti določene ukrepe, kot so zmanjšanje število parkirnih mest v centrih, podražitev parkirnih mest ter nemoteno gibanje javnih prevoznih sredstev. Le celovito načrtovanje parkirišča bo zagotovilo njegovo uspešnost.

Ker s takšnimi parkirišči ciljamo na skupino uporabnikov, ki živi na obrobju mesta, je nujno, da je parkirišče ob večjih mestnih vpadnicah, katere uporabljajo dnevni migranti. Parkirišče mora biti dobro vidno, jasno označeno ter zaščiteno. Parkirišče, ki ga načrtujemo, bo tudi pokrito, kar pomeni, da bo uporabnikom nudilo zaščito vozil. Zavedat se moramo, da mora biti na voljo dovolj parkirnih mest, saj bo pomanjkanje mest uporabnike odvrnilo od uporabe. Jasna mora biti tudi signalizacija na parkirišču.

Predvidevati moramo tudi, da bo parkirišče uporabljalo več starostnih skupin. Posebno pozornost moramo nameniti starejšim uporabnikom, gibalno omejenim ter nosečnicam. V projektu Park&Ride Tezno smo predvideli avtobusno linijo, kjer uporabniki ne bi čakali več kot 5 minut. Izven časovne konice pa do 20 minut.

Zaračunavanje na takšnih parkiriščih je lahko podprto z različnimi finančnimi shemami. Ali imajo uporabniki brezplačno parkiranje ter plačajo polno ceno avtobusne vozovnice ali pa imajo dnevno ceno parkiranja v kateri je zajeta tudi cena za javni potniški promet. Cena mora biti privlačna, saj v nasprotnem primeru ne bo večjega števila uporabnikov.

2.2 Nekaj primerov Evropske in svetovne prakse

Pregledali bomo nekaj evropskih mest in mest sveta, ki imajo implementiran sistem Park&Ride in so po velikosti ter številu prebivalcev približno enako velika kot mesto Maribor.

Preučili jih bomo iz vidika avtobusnih linij ter strateške lege parkirišča ter uporabe fotovoltaične energije. Primerjali bomo primere, ki nam lahko služijo kot vzgled.

Kot že vemo ni skupnega načrta za implementacijo parkirišča, zato bomo opazili edinstveno urejenost, ki je v vsakem mestu drugačna. Vendar nam lahko služijo kot vzgled. Prav tako bomo poiskali primere parkirišč, ki imajo implementirano fotovoltaike, vendar niso namenjena za Park&Ride. Ter preučili kako in za kak namen fotovoltaično elektrarno uporabljajo.

2.2.1 Ljubljana

V Ljubljani delujejo tri parkirišča Park&Ride, Dolgi most, Stožice, Chengdujska. Ljubljana je glavno mesto Slovenije in šteje 280607 prebivalcev. Skupno število registriranih vozil je 147.875 (Ljubljana, b.d.). Ljubljano v evropskem merilu štejemo kot manjše mesto, vendar za naš primer pomembno.

Ljubljana je zraven političnega centra države tudi študijski center. To pomeni, da so zraven ljudi, ki dnevno migrirajo na delovna mesta, tudi študentje iz drugih mest Slovenije. Rezultat je prezasedenost mestnega središča in zastoji. "V Ljubljani v okviru javnega potniškega prometa delujejo le avtobusi in vzpenjača na Grad, ki pa ne služi namenu prevoza potnikov, ampak ima bolj turistično funkcijo. Skupno proge mestnega potniškega prometa znašajo 315 km dolžine, na njih deluje 213 avtobusov. Na leto ljubljanski avtobusi prepeljejo 81 milijonov potnikov (Rosi et al., 2012, str. 17).

Od leta 2009 v Ljubljani deluje sistem enotne mestne karte, imenovane Urbana. Uporablja se lahko tudi za plačevanje parkirnine in ostalih storitev v okviru mestnega prometa. Cena enkratne vozovnice, ki omogoča neomejeno prestopanje v okviru 90 minut, je 1,20 €. Seveda je možna tudi pridobitev abonentskih kart – mesečnih in letnih." (Rosi et al., 2012, str. 17).

Park&Ride

Cene parkiranja se gibljejo od 0,60 € za dve uri parkiranja do 1,20 € za uro parkiranja v strogem centru mesta (*»Cenik za parkirišča (parkirnina)- cenik«* [LPT], b.d.). Prvo Park&Ride parkirišče v Ljubljani je bilo odprto leta 2009, na lokaciji Dolgi most.

Cena celodnevnega parkiranja je bila 1,00 €. V ceno je bila všteta dvosmerna vožnja z avtobusom. Kapaciteta parkirišča je 217 parkirnih mest. Danes je cena 1,20 €, vključeni sta dve vožnji z avtobusom (Rosi et al., 2012, str. 17). Leta 2011 je začelo delovati drugo Park&Ride parkirišče, Stožice. Kapaciteta parkirišča je 1220 parkirnih mest. Cena je 2,40 € v ceno pa sta všteti dve vožnji z mestnim potniškim prometom. Ti dve parkirišči imata lego v neposredni bližini Ljubljanske obvoznice. To pomeni, da sta obe parkirišči za dnevne migrante zelo dostopni ter cenovno ugodni.

Do otvoritve parkirišča v Stožicah je Ljubljana veljala za slabo prakso na tem področju. Saj je imela v analizi Park&Ride parkirišč v Evropi najmanjše število parkirnih mest na 1000 prebivalcev in najmanj parkirnih mest med analiziranimi mesti. Na 1000 prebivalcev je Ljubljana imela le 0,8 parkirnih mest, skupno 217 parkirnih mest («Park&Ride, State of the art in Europe» [RACC], b.d.).

Po otvoritvi Park&Ride v Stožicah se je Ljubljana uvrstila med mesta z najvišjim številom P&R parkirišč na 1.000 prebivalcev. To število je naraslo iz 0,8 na 5,13. Dodatna uvedba »urbane« pa je uvedla še večjo enotnost v uporabo parkirišč, saj lahko uporabnik opravlja vse transakcije z eno kartico (Rosi et al., 2012, str. 17).

2.2.2 Celovec

V Celovcu delujeta dva parkirišča Park&Ride, P&R Minimundus, P&R CineCity. Mesto Celovec je podobne velikosti kot Maribor. Šteje 94.692 prebivalcev, skupno število registriranih vozil pa je 55.991 (*Vienna in figures 2013*, b.d.). Celovec je največje mesto na avstrijskem Koroškem. V evropskem okviru štejemo Celovec za manjše mesto. Vendar menim, da je za našo primerjavo dober, saj je približno enake velikosti kot mesto Maribor. Tako po primerjavi števila registriranih osebnih vozil, kot po številu prebivalstva občine.

V okviru javnega potniškega prometa v Celovcu delujejo le avtobusni prevozi. Imajo 28 linij, ki povezujejo mesto. V okviru zmanjšanja zastojev ter onesnaženja mesta so predvidevali izgradnjo gondole, ki bi prevažala potnike po središču mesta. Projekt je zastal. Z avtobusi letni prepeljejo 21 milijonov potnikov po 664,1 km potniškega cestnega omrežja.

Cena ene vožnje je 1,20 €, urna karta je 2,00 €, celodnevna karta 2,90 € (Kelz, b.d.).

Park&Ride

Cene parkiranja se v mestnem središču gibljejo od 0,60 € za pol ure ter do 0,30 € za pol ure izven mestnega središča. Mestno središče je razdeljeno na dve coni. V mestnem jedru je dovoljeno parkiranje največ 3 ure (Kelz, b.d.). Obe Park&Ride parkirišči imata skupaj več kot 500 parkirnih mest. Park&Ride Minimundus ima 257 parkirnih mest ter Park&Ride CineCity 272 parkirnih mest. Cena parkiranja je na obeh parkiriščih enotna, 3,00 € za osebo. V ceno je všteto parkiranje ter dvosmerna vožnja z avtobusom.

Ponujajo paket za 2-5 oseb, katerega cena znaša 6,00 €. Vključuje parkiranje ter dvosmerno vožnja za 2-5 oseb. Ter 30,00 € mesečno parkiranje z avtobusno vozovnico. Obe parkirišči sta dobro pokriti z avtobusnimi linijami. P&R Minimundus povezuje parkirišče z mestom s tremi avtobusnimi linijami, 10, 20 ter 92. P&R CineCity povezujeta dve avtobusni liniji, 60 ter 92 (Kelz, b.d.). Na 1.000 prebivalcev ima Celovec le 0,529 Park&Ride parkirnih mest. V planu izgradnje sta še dva parkirišča, Park&Ride West in Park&Ride Ost, kar bo pripomoglo k izboljšanju števila. Osnovni problem, ki sem ga opazil med izdelavo te naloge, so bile skope informacije ter pomanjkanje zemljevidov.

2.2.3 Gradec

Gradec je glavno mesto Avstrijske štajerske. Park&Ride Gradec sestavlja 10 parkirišč. Mesto je podobne velikosti kot prestolnica Slovenije. Ima 265.318 prebivalcev ter 123.346 registriranih osebnih vozil. V Gradcu v okviru javnega mestnega prevoza delujejo avtobusni prevozi ter tramvaj. V mesto dnevno migrira 145.000 ljudi, kateri se v mesto pripeljejo s 120.000 osebnimi vozili. Dnevno se v mestu vozi približno 42.000 osebnih vozil. Na letni ravni javni mestni prevoz prepelje 92,7 milijona potnikov. Enosmerna karta za prevoz z mestnim prevozom je 2,00 €, dnevna karta 4,50 €, mesečna karta pa 40,20 € (»Parken in Graz« [Predstavitev mesta Graz], b.d.).

Park&Ride

Cene parkiranja se gibajo od 0,60 € za pol ure v mestnem središču, do 0,30 € za pol ure na mestnem obrobju. Parkira se lahko minimalno 30 minuto do maksimalno treh ur (»Parken in Graz« [Predstavitev mesta Graz], b.d.). Vseh 10 Park&Ride parkirišč ima 3.035 parkirnih mest. Na 4 parkiriščih je parkiranje zastoj, potrebno je plačati prevoz z avtobusnim prevozom v mesto. Na ostalih se cena giba od 12,00 € in vključuje dvosmerno vozovnico za avtobus, ter do 45,50 €, ki prav tako vključuje dvosmerno vozovnico za avtobus. Na dveh parkiriščih je možno pot v mesto nadaljevati ali z avtobusom ali z tramvajem. Cena, ki jo uporabnik plača za 24 urno parkiranje je 6 in velja kot dvosmerna vozovnica za avtobus ali tramvaj. Možno je tudi zakupiti mesečno, polletno ali letno parkiranje, ki stane 62,00 €, 270,00 € oziroma 470,00 €. Če uporabnik kupi eno izmed naštetih opcij, je v ceno všteto neomejeno število voženj z avtobusnimi ali tramvajskimi povezavami (»Parken in Graz« [Predstavitev mesta Graz], b.d.).

Na 1000 prebivalcev ima Gradec 11,4 parkirnih mest. Kar pomeni, da lahko mesto štejemo kot primer dobre prakse. Prav tako imajo enotno karto, s katero plačamo parkirišče in služi kot karta za avtobus in tramvaj. Velika prednost, ki sem jo opazil pri izdelavi te naloge je, izredno dobra informiranost. Vsi podatki ter zemljevidi Park&Ride parkirišč so dosegljivi na www.parken.graz.at.

2.2.4 Cleon, Douai, Maubeuge, Flins, Batilly, Sandouville

Gre za parkirišča v lasti avtomobilskega giganta Renault. Na šestih parkiriščih so postavili fotovoltaične elektrarne z namenom zmanjšanja onesnaževanja okolja pri proizvodnji električnih vozil. Letno bi naj zmanjšali izpuste ogljikovega dioksida za 200 metričnih ton. Prav tako že preučujejo novo širitev fotovoltaičnih elektrarn v Sloveniji, Braziliji, Romuniji itd. (Energy Manager Staff, 2012).

Nominalna moč znaša 4894 kWh. Elektrarna se razteza na parkiriščih skupne velikosti 33.146 m². Instalirana proizvodnja znaša 4.136 kWh (»Solar photovoltaic car parks« [Coruscant SA], 2012).

2.2.5 Perry Street Parking

Leta 2010 je univerza VirginiaTech dobila dodatna sredstva za postavitve fotovoltaične elektrarne na parkirišče v izgradnji. Implementacija bi naj vplivala na boljši trajnostni razvoj univerze, dodatno zmanjšala porabo električne energije iz omrežja in znižala obratovalne stroške celotne univerze (»Perry street parking structure« [Siemens Inc.], b.d.).

Nominalna moč elektrarne znaša 100 KWh. Instalirana moč znaša 103,4 KWh. Elektrarna zavzema 1.486 m² (»Perry street parking structure« [Siemens Inc.], b.d.).

2.2.6 Dhahran, Saudi Aramco

Saudi Aramco je največje podjetje v Saudski Arabiji, ki se ukvarja z izvozom olja. Prav tako slavi po trenutno največji stoječi fotovoltaični elektrarni v Saudski Arabiji. Projekt, ki ga izvajajo je postavitve največje fotovoltaične elektrarne, ki bo pokrivala parkirišče za vozila. S tem projektom želijo dodatno povečati zaslužek od izvoza nafte (Buth-Parvaresh, 2013).

Namreč Saudska Arabija ima preko 3.000 ur sončnega obsevanja letno, kar predstavlja idealne pogoje za postavitve fotovoltaične elektrarne. Elektrarna se bo raztezala preko 16.000 m², nudila zatočišče približno 5.000 vozilom in ima nominalno moč 16 MWh (Buth-Parvaresh, 2013).

2.3 Ocena stanja opisanih parkirišč ter parkirišč po svetu

Pri vseh primerih Park&Ride, ki sem jih navedel, je vidno, da se držijo cenovne politike ter dobre povezanosti javnega prevoza s centrom mesta. Ob tem pa je upoštevano zadostno število parkirnih mest, ki jih nudijo uporabnikom.

Nobeno od primerjalnih Park&Ride parkirišč nima implementiranega sistema fotovoltaike ali ima le na nekaterih informacijski tablah, kar ni v enakih razsežnostih, ki jih bomo preučili sami.

Na primerjanih parkiriščih je vidna rast uporabe v daljšem časovnem obdobju, kar pomeni, da bi bil osnoven sistem popolnoma realen tudi v Mariboru. Opažamo tudi, da je izrednega pomena dobra informiranost o parkirišču Park&Ride preko spleta. Le-ta potencialnega uporabnika dodatno pritegne zaradi lahkotnosti iskanja, dobre informiranosti o parkirišču in njegovi lokaciji ter cenovni politiki.

S tem, ko bi na parkirišče implementirali fotovoltaično elektrarno bi uporabnikom nudili še eno ugodnost, zaščito vozil pred vremenskimi vplivi. Kar bi tudi blagodejno vplivalo na povečanje ugodja za uporabnike. Za vlagatelje pa bi elektrarna pomenila večje rentabilnost celotnega P&R sistema. Po povrnitvi naložbe pa tudi potencialen zaslužek.

Obstoječi Park&Ride sistemi po svetu ne poznajo takšne oblike implementacije fotovoltaične elektrarne, ko jo želimo vpeljati mi. V večini primerov, kjer so parkirišča pokrita s fotovoltaičnimi elektrarnami, se le-te uporabljajo za sočasno proizvodnjo energije ter dobavo končnim kupcem (gospodinjstva). Večji projekt, ki bi naj bil realiziran leta 2014, je največje parkirišče pokrito s fotovoltaiko v Saudski Arabiji.

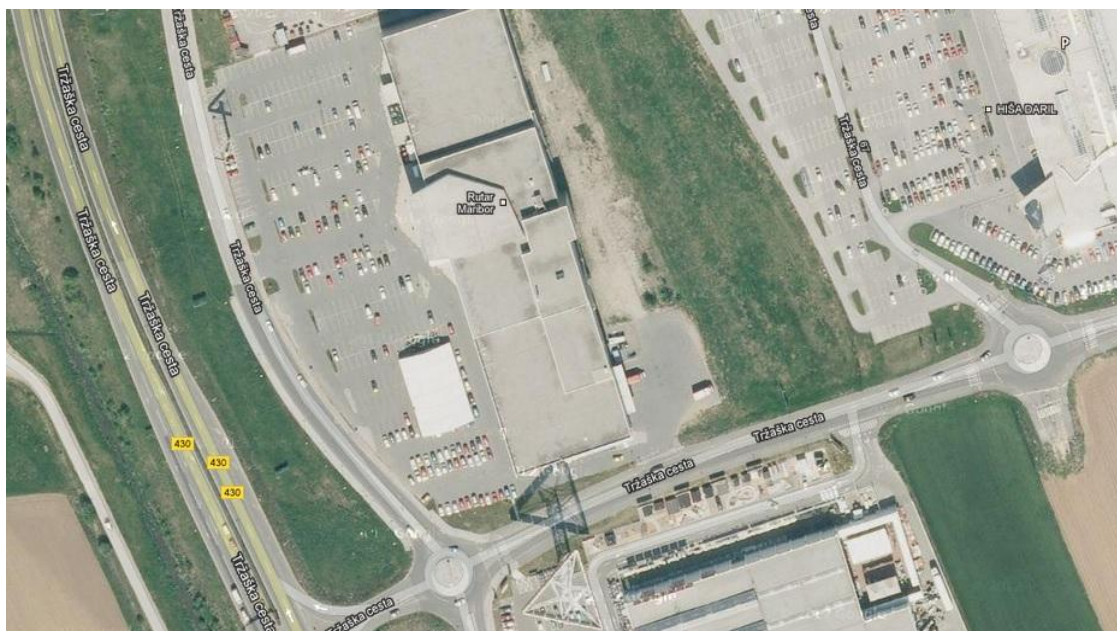
S tem projektom želijo zmanjšati odvisnost od fosilnih goriv, ter povečati delež energije iz tako imenovane zelene energije.

Omenjena parkirišča, ki imajo implementirano fotovoltaiko so parkirišča, namenjena zmanjšanju obratovalnih stroškov stavb ali proizvodnje. Ob zmanjšanju stroškov pa je cilj takšnih fotonapetostnih elektrarn zmanjšanje vplivov na okolje, kot tudi povečanje neodvisnosti od tržne cene elektrike. Takšna parkirišča pa ob enem nudijo dodatno udobje za obiskovalce oziroma zaposlene, saj med delavnim časom, elektrarna ščiti njihova vozila pred vremenskimi vplivi.

3 NAČRTOVANJE PARK&RIDE SISTEMA V MARIBORU

Lokacija Park&Ride Maribor se nahaja na Tržaški cesti in je bila določena s strani Mestne občine Maribor (MOM). Del parkirišča bi skupina E.Leclerc odstopila za Park&Ride parkirišče. Parkirišče je že asfaltirano in osvetljeno. Potrebna bi bila le ločitev od preostale parkirišča, ki je trenutno še v sklopu nakupovalnega centra Leclerc ter urediti infrastrukturo za delovanje parkirišča, kot so rampe in parkomati (Cvahte, 2012, str. 95).

Slika 14: Tržaška cesta, lokacija namenjena za P&R



Vir: Maribor, b.d.

Trenutne spletne mape še ne prikazujejo realnega stanja zaradi zastarelosti. Parkirišče je na tej lokaciji že urejeno. Travnata površina je sedaj asfaltirana, osvetljena in tudi vrisana v prostorske akte, kar je Cvahte jasno prikazala v magistrskem delu.

Slika 15: Prikaz trenutnega stanja na dani lokaciji

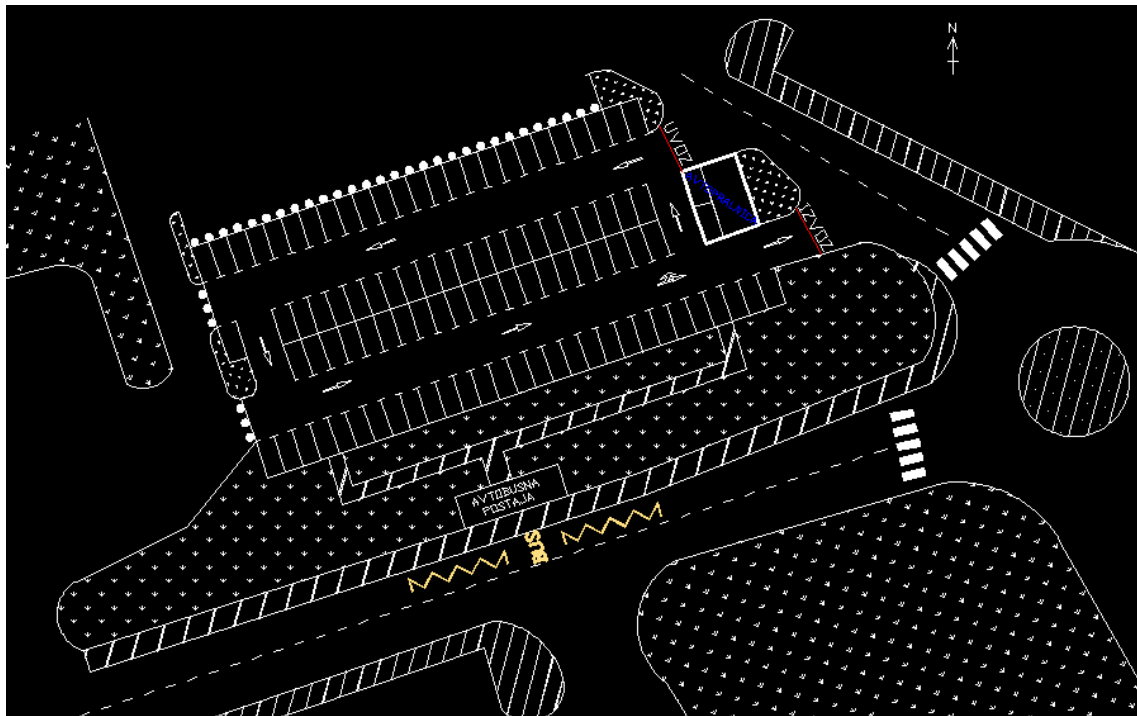


Vir: Cvahte, 2012, str. 58

Cvahte prav tako meni, da je lega ob nakupovalnih središčih dobra, tako za samo parkirišče kot za trgovske centre. Kot pravi, je raziskava med ameriškimi uporabniki pokazala, da nakupovalna središča, ki so oddala določen del parkirišč v namen Park&Ride, blagodejno vplivala tako na povečano uporabo parkirišča, ter povečano prodajo trgovskega centra. Kar 69,1 % uporabnikov parkirišča Park&Ride bi nakupovalo v bližnjem trgovskem centru in 42,9 % ljudi ne bi nakupovalo v trgovskem centru, če tam ne bi bilo parkirišča Park&Ride (Cvahte, 2012, str. 59).

Ovira, ki se postavlja na pot do idealne rešitve uvoza in izvoza iz parkirišča, ki bi potekala, kot vhod na eni strani parkirišča in izhod na drugi strani, pravi Cvahte, da je drugo nakupovalno središče, ki ima nakladalne rampe na mestu, ki bi služilo kot uvoz. Prav tako trdi, da je želja MOM, po čim nižji naložbi v parkirišče. Zato predvideva, da bi morali uporabiti in preurediti obstoječo infrastrukturo tako, da bi bil uvoz in izvoz na isti strani parkirišča.

Slika 16: Predlagana ureditev parkirišča P&R Maribor



Vir: Cvahte, 2012, str. 95

Pri tem predlaga, da ločimo parkirišče Park&Ride od preostalega parkirišča z okroglimi konfini, ki so na sliki označeni z belimi krogi. Ob tem pa upošteva uvoz in izvoz iz parkirišča, ki omogoča nemoten dostop do avtopralnice, ki je označena desno od uvoza. Označeno avtobusno postajališče je že urejeno, vendar ni pokrito. Zato predlaga, da se za potnike na označenem mestu postavi nadstrešek.

Med avtobusno postajo in parkiriščem je travnata površina, na kateri predlaga ureditev pohodne površine, bodisi makadamske ali boljša rešitev asfaltirane, ki bo povezala parkirišče z avtobusno postajo.

3.1 Načrtovanje povezav parkirišča Park&Ride z mestnim jedrom

V projektu Park&Ride Maribor Tezno smo predvideli, da bi povezali oba parkirišča z eno avtobusno linijo. Povezava bi potekala po infrastrukturi, ki jo MOM že ima. Kot Cvahte navaja, je za dobro implementacijo Park&Ride sistem treba potnikom zagotoviti čim večje udobje pri menjavi vrste prevoza. To pomeni, da mora biti parkirišče dobro povezano z mestnim jedrom, ne sme vsebovati prevelikega števila postajališč in vožnja ne sme biti predolga.

Najpomembneje pa je, da je linija redna, tako da potnikom ni treba predolgo čakati na avtobus, se linija giba po poti, ki ima vnaprej predvideno izogibanje zastojem. S tem ne želimo bistveno zmanjšati udobja za potnike, ki jim ga nudi osebni prevoz. Ob tem pa jih želimo dodatno stimulirati za uporabo parkirišča.

Prednost pri povezavi obeh parkirišč Cvahte vidi v zmanjšanju potrebe po osebju, prevoznih sredstvih ter zmanjšanih prevoženih kilometrih.

V sodelovanju z Marprom, so predvideli naslednje postaje (Cvahte, 2012, str. 103):

- parkirišče Park&Ride Tezno;
- Park&Ride E.Leclerc;
- Tržaška-Nasipna;
- Magdalena;
- Glavni Trg;
- AP Mlinska cesta;
- City center;
- Tržaška nasipna;
- Park&Ride E.Leclerc;
- Park&Ride Tezno.

Linija je radialna, obratovalni čas je predviden med delavniki (ponedeljek – petek), kar predstavlja načrtovano uporabo sheme Park&Ride. V kolikor bi avtobusna povezava delovala z začetkom obratovanja ob 5. uri zjutraj in koncem delovanja ob 22.37 uri zvečer (skupni obratovalni čas 17 ur in 37 minut), voznje pa bi bile na 15 minut izven konice in na 10 minut v konici, bi bilo za redno delovanje linije potrebnih šest avtobusov (Cvahte, 2012, str. 103).

V projektu Park&Ride Tezno smo v sodelovanju z Marprom, za linije predvideli standardne avtobuse, ki vozijo po območju MOM. V povprečju 12 let stari enojni nizkopodni avtobusi potrošijo 29 l goriva dizel in imajo skupaj kapaciteto 73 mest (Rosi et al., 2012, str. 95). Vozila teh karakteristik predvideva tudi Cvahte na liniji, ki bi povezovala Park&Ride Maribor z mestnim središčem.

Parkirišče bi bilo v smeri mesta povezano v petih odsekih. Skupna dolžina linije bi bila 9900 m (Cvahte, 2012, str. 109).

Slika 17: Prikaz povezave odsekov in dolžin med posameznimi odseki

	I1	I2	I3	I4	I5
Postaje	Od Parkirišče Tezno do E.Leclerc	Od E.Leclerc do Tržaška-Nasipna	Od Tržaška-Nasipna do Magdalena	Od Magdalena do Glavni trg -Židovska	Od Glavni trg-Židovska do AP Mlinska
Dolžina	4.100 m	2.800 m	1.800 m	400 m	800 m
Skupaj	9.900 m				

Vir: Cvahte, 2012, str. 109

V obratni smeri iz mesta proti obema parkiriščema, bi bila povezava povezana v štirih odsekih. Povezana je v štiri odseke zaradi manjšega števila postankov.

Slika 18: Prikaze povezave odsekov in dolžin med posameznimi odseki

	I6	I7	I8	I9
Postaje	Od AP Mlinska do City center	Od City center do Tržaška-Nasipna	Od Tržaška-Nasipna do E.Leclerc	Od E.Leclerc do Parkirišče Tezno
Dolžina	1.100 m	1.700 m	3.200 m	4.100 m
Skupaj	10.100 m			

Vir: Cvahte, 2012, str. 110

Skupna dolžina proge bi tako znašala 20 km. Cvahtejeva predpostavlja, da bi obhod avtobusa trajal približno 60 minut. Kar pomeni, da bi avtobus vozil 20 km/h.

Izračunala je, da bi avtobus dnevno naredil 1.689,7 km oziroma ob upoštevanju nultih voženj od garaže do linije, 1.731,6 km dnevno. Ugotovila je tudi, da bi obratovanje linije dnevno stalo (Cvahte, 2012, str. 110):

- Strošek goriva 563€;
- Strošek osebja 841,90 €.

Ugotavlja tudi, da bi takšna linija bila sposobna prepeljati 438 potnikov v konici in 219 potnikov izven konice na uro.

4 NAČRTOVANJE FOTOVOLTAIČNE ELEKTRARNE V SISTEMU PARK&RIDE MARIBOR

Namen projektne naloge je implementacija fotovoltaične elektrarne na parkirišče Park&Ride. Cilj implementacije je večja rentabilnost parkirišča in pregled možnosti napajanja novih ekoloških avtobusov, ter izračun naložbe v celostni sistem. Na razpolago imamo lokacijo na geografskem položaju 46.521543 severno ter 15.651789 vzhodno. Torej v neposredni bližini nakupovalnega centra E.Leclerc. Parkirišče bi imelo vhod iz strani parkirišča v lasti nakupovalnega centra E.Leclerc.

Slika 19: Park&Ride Maribor



Vir: Cvahte, 2012, str. 96

Lokacija predvideva približno 100 parkirnih mest. Ta obsegajo s prehodi za vozila, približno 2.800 m². Dimenzije parkirišča so približno 70 m v dolžino ter 40 m v širino. Dimenzija enega parkirnega mesta je 4,85 m x 2,5 m. Parkirišče je obrnjeno v smeri vzhod-zahod, zato bodo fotovoltaični kolektorji obrnjeni v smeri Tržaške ceste z naklonom 35 stopinj.

Po osebnem pogovoru s podjetjem TermoSolar, pregledu prospektov ter testih, ki so objavljeni na spletu, se bomo osredotočili na proizvajalce, ki so v vrhu po kvaliteti, proizvodnji elektrike, trpežnosti in zanesljivosti. Testi nam bodo služili kot orientacijska točka. Točka iz katere bomo izhajali ter na koncu določali attribute in ostale lastnosti za izbiro pravega modula za naš model.

Slika 20: Test fotovoltaičnih modulov

PROIZVAJALEC	Pribl. cena za moč 3 kW (€)	Proizvodnja elektrike	Trpežnost	Zanesljivost	Dokumentacija in montaža	OCENA KVALITETE
		45 %	40 %	10 %	5 %	
Aleo Solar	13 360	+	+	+	○	DOBER (1,9)
Kyocera	14 370	+	+	+	○	DOBER (1,9)
Shell Solar	12 760	+	+	+	**	DOBER (1,9)
Sunways	15 470	+	+	+	*	DOBER (1,9)
Scheuten Solar	13 360	+	+	+	*	DOBER (2,0)
Schott Solar	14 280	+	+	+	○	DOBER (2,1)
Sharp	13 200	+	+	+	○	DOBER (2,2)
Solarwatt	16 370	+	+	+	○	DOBER (2,3)
Solarworld	14 330	+	+	○	*	DOBER (2,3)
Solar-Fabrik	16 840	○	+	*	○	ZADOVOLJIV (2,7)
Sun Technica	-	+	○	*	*	ZADOVOLJIV (2,9)
Isifoton	13 950	○	○	*	*	ZADOVOLJIV (3,0)
BP Solar	16 000	○	○	*	*	ZADOVOLJIV (3,3)

** ODLIČNO + DOBRO ○ ZADOVOLJIVO ⊖ ŠE ZADOSTNO

Vir: Tihec, 2009

Sodeč po testu, ki ga najdemo na strani varčevanje energije vidimo, da je zmagovalec testa Aleo Solar. Zmagal je v treh kategorijah, proizvodnji elektrike, trpežnosti ter zanesljivosti, ter si je s tem prislužil najnižjo oceno. Najnižja ocena v testu pomeni najboljše lastnosti (Tihec, 2009).

Dimenzije kolektorja so 1660 cm x 990 cm x 50. Proizvede 260 W energije v laboratorijskih pogojih. Površina kolektorja znaša 1,64 m², na dani površini parkirišča lahko uporabimo 1.707 modulov. Kolektor je težak 20 kg. Po tej konfiguraciji pridelamo 427 kWh elektrike. Ker v Sloveniji ni uradnega zastopnika sem cene preveril na tujih tržiščih. Te variirajo od 287,90 € do 430,00 € za 1 kolektor (primerjava med ZDA, Italija ter Nemčijo). Za primerjavo bomo vzeli povprečno ceno 385,00 €. Ta fotovoltaični kolektor bo služil kot osnova za primerjavo z ostalimi proizvajalci (»Solar module Aleo 240-260« [Aleo Solar], b.d.).

Ostali fotovoltaični kolektorji, s katerimi bomo primerjal, so Kyocera KD215, Maxcell 300 W ter slovenskega proizvajalca BiSol BMU-255.

4.1 Kriteriji izbire modulov

Glavni kriterij pri načrtovanju ter gradnji fotovoltaične elektrarne je izbira modulov, ki predstavljajo 70 % do 75 % deleža cene. V nadaljevanju se bom posvetil analizi modulov ter njihovi primernosti za našo elektrarno. To bom storil po metodi več parametrskega odločanja s pomočjo programa Dexi 3.04. Program je dosegljiv na spletni strani: <http://kt.ijs.si/MarkoBohanec/dexi.html>.

Avtorja programa Dexi, Bohanec in Rajković definirata več parametrsko odločanje kot »Več parametrsko odločanje temelji na razgradnji odločitvenega problema na manjše podprobleme« (Bohanec & Rajković, b.d.).

»Variante razgradimo na posamezne parametre (kriterije, attribute) in jih ločeno ocenimo glede na vsak parameter. Končno oceno variante dobimo z nekim postopkom združevanja. Tako izpeljana vrednost je potem osnova za izbor najustreznejše variante.« (Bohanec & Rajković, b.d.)

Ker v mojem primeru moduli predstavljajo večino naložbe, bom za module naredil svoj model več parametrskega odločanja. Attribute, ki jih bomo določili modulom bodo:

- cena (visoka, srednja, nizka);
- tehnične specifikacije (odlično, dobro, srednje, slabo);
- output oz. izhodna moč (visoka, srednja, nizka);
- izkoristek (visok, srednji, nizek);
- teža (težek, lahek);
- površina modula (velika, srednja, majhna);
- število modulov v sistemu (veliko, srednje, malo);
- proizvodnja (Visoka, srednja, nizka).

Atributi morajo biti dovolj razdelani, da upoštevajo vse pomembne lastnosti, ki vplivajo na delovanje ter učinkovitost elektrarne in nudijo rezultat, ki bo osnova za odločanje. Ko so enkrat umeščeni in definirani, jih ne moremo več spreminjati, saj bi lahko na ta način vplivali na končen rezultat programa DEXi. Kriteriji morajo biti kar se da objektivni, kajti izraze kot »dober« ali »kvaliteten« težko definiramo in se razlikujejo od človeka do človek. Najprej določimo kriterije. Ko so točno določeni, jih strukturiramo in jim določimo neke vrednosti oziroma zalogo vrednosti. Na podlagi tega dobimo drevo kriterijev:

Slika 21: Drevo kriterijev



Slika 22: Drevo kriterijev Dexi

DEXi

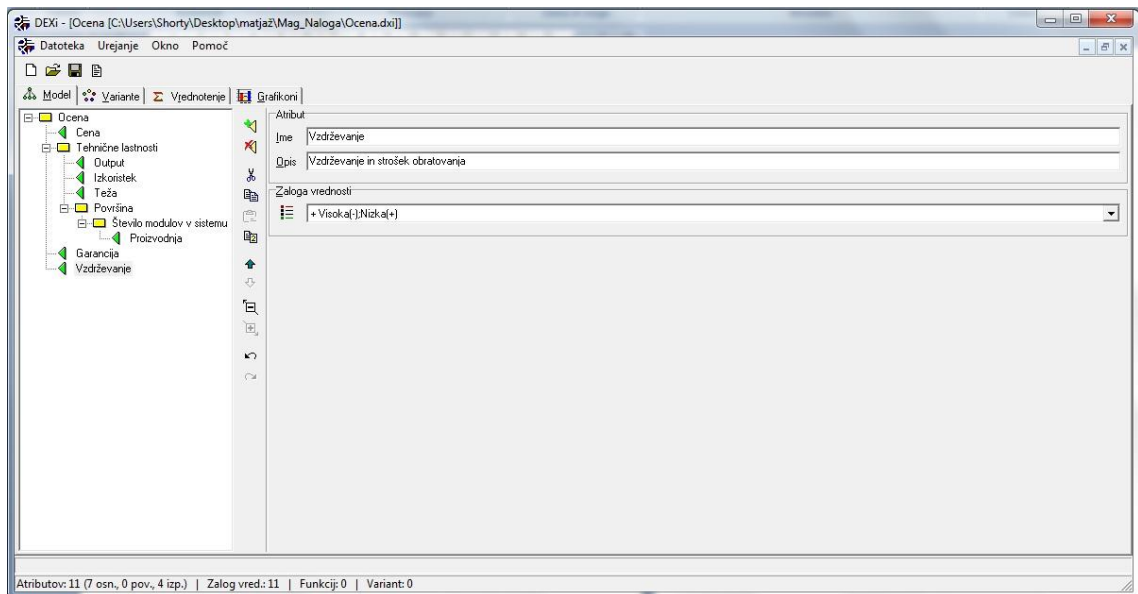
Ocena.dxi 3/6/2013

Stran 1

Drevo kriterijev

Kriterij	Opis
Ocena	skupna ocena stanja
Cena	Cena modula
Tehnične lastnosti	Izbrane pomembne lastnosti modula
Output	Izhodna moč
Izkoristek	Nazivni izkoristek modula
Teža	Teža modula
Površina	Površina modula
Število modulov v sistemu	Maksimalno število modulov v sistemu
Proizvodnja	Maksimalna nazivna proizvodnja glede na število modulov
Garancija	Garancija za proizvodnjo elektrike (obdobje 25 let)
Vzdrževanje	Vzdrževanje in strošek obratovanja

Slika 23: Dexi, vstavljanje atributov



V program Dexi, smo vnesli pomembnejše attribute, na podlagi katerih se bomo odločali. Kot sem že omenil, je pomembnejši atribut cena, ki določa višino naložbe ter skupek tehničnih lastnosti, ki določajo količino proizvodnje, kvaliteto ter trajnost naložbe. Upoštevati moramo pomembnejše tehnične lastnosti, kot so output oz. nazivna moč, ki jo modul daje pri določeni velikosti ter teži. Od velikosti oziroma površine modula je odvisno število modulov, ki jih lahko vežem v vejo. Od količine modulov, ki smo jih vezali v vejo pa je odvisna skupna proizvodnja, ki jo dosežemo z danim številom modulov. Od teže modula pa je odvisno konstruiranje konstrukcije. Teže modulov se lahko razlikujejo tudi do 7 kg/modul.

V nadaljevanju bomo določili parametre. To so merila na podlagi katerih nam bo program Dexi podal rešitev oziroma zmagovalca primerjave. V prvem nivoju bomo določili parametre najpomembnejših dejavnikov odločitev. Ko to storimo, določimo še parametre na drugem in tretjem nivoju. Tako bomo dosegli maksimalno definiranost naših zahtev, od najpomembnejše do tiste, ki nam ne pomeni veliko ampak vseeno vpliva na odločitev.

Tabela 1: Osnovni parametri

Cena	0,4
Tehnične lastnosti	0,3
Garancija	0,1
Vzdrževanje in strošek obratovanja	0,2
Skupaj	1

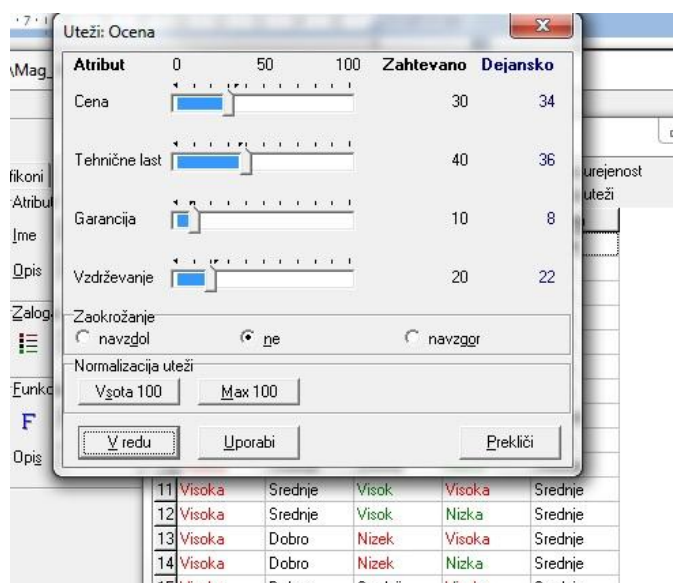
Tabela 2: Parametri 2, 3 in 4 nivo

Parameter	Utež	Parameter	Utež	Parameter	Utež	Parameter	Utež
Cena	0,4						
Tehnične lastnosti	0,3	Output oz. izhodna moč	0,05				
		Izkoristek	0,05				
		Teža	0,05				
		Površina	0,15				
				Število modulov	0,075		
						Proizvodnja	0,075
Garancija	0,1						
Vzdrževanje in strošek obratovanja	0,2						
Skupaj	1		0,3		0,15		0,075

Parametre smo definirali z vrednostmi uteži, ki so na intervalu med 0 in 1. S temi vrednostmi določimo, kateri parameter nam je najbolj pomemben in kateri manj pomemben. Bolj pomembni parametri imajo večje uteži in znatno vplivajo na končen rezultat.

Določimo uteži:

Slika 24: Določanje uteži v programu Dexi



Garanciji sem določil relativno nizko vrednost predvsem zato, ker vsi proizvajalci nudijo podobno garancijo ter pogoje. Prav tako sem vzdrževanju in obratovalnim stroškom namenil manjšo utež zaradi podobnih razlogov. Več ali manj vsi ponujajo obratovalne stroške do 0,5 % vrednosti naložbe letno. Sedaj še podrobneje določimo parametre.

Cena:

- nizka do 199,00 €;
- srednja od 200,00 do 299,00 €;
- visoka od 300,00 €.

Output oz. nazivna izhodna moč:

- nizka do 199 W;
- srednja od 200 do 230 W;

- visoka od 240 W.

Izkoristek:

- nizek do 13 %;
- srednji od 13 % do 15 %;
- visok od 15 %.

Teža:

- težek od 19 kg;
- lahek do 18 kg.

Površina:

- majhna do 1,2 m²;
- srednja od 1,2 m² do 1,5 m²;
- velika od 1,5 m².

Število modulov v sistemu:

- malo do 1500;
- srednje od 1501 do 1800;
- veliko od 1800.

Proizvodnja:

- nizka do 420 kW;
- srednja od 420 kW do 470 kW;
- visoka od 470 kW.

Garancija:

- nizka do 15 let;
- srednja od 15 do 20 let;
- visoka od 20 let.

Vzdrževanje in strošek obratovanja:

- nizek do 0,5 %;
- visok nad 0,5 %.

Definiranje zaloga vrednosti iz programa Dexi:

Slika 25: Zaloga vrednosti

Kriterij	Zaloga vrednosti
Ocena	Slabo ; Srednje; Dobro
Cena	Visoka ; Srednja; Nizka
Tehnične lastnosti	Slabo ; Srednje; Dobro; Odlično
Output	Visoka ; Srednja; Nizka
Izkoristek	Nizek ; Srednji; Visok
Teža	težek ; Lahki
Površina	Velika ; Srednja; Majhna
Število modulov v sistemu	Veliko ; Srednje; Malo
Proizvodnja	Visoka ; Srednja; Nizka
Garancija	Visoka ; Srednja; Nizka
Vzdrževanje	Visoka ; Nizka

V naslednjem koraku definiramo parametre četrtega, tretjega in drugega nivoja. Od spodaj navzgor. Tako dobimo celotno definirano funkcijo koristnosti. Program nam to prikaže kot zeleno obarvanost vseh ploščic pred parametri. Šele takrat imamo pogoje, da nam program grafično prikaže rezultat in variante. Ker gre za primerjavo štirih različnih proizvajalcev fotonapetostnih kolektorjev, sem analiziral njihove lastnosti, ki sem jih upošteval v programu. Variante, ki jih primerjamo:

Slika 26: Variante, ki so nam razpolago

Varianta	Aleo Solar	Maxcell	Kyocera	BiSol
Cena	Visoka	Nizka	Srednja	Srednja
Output	Visoka	Visoka	Srednja	Visoka
Izkoristek	Visok	Visok	Srednji	Visok
Teža	težek	težek	Lahki	Lahki
Proizvodnja	Srednja	Srednja	Nizka	Srednja
Garancija	Visok	Visok	Visok	Visok
Vzdrževanje	Nizka	Nizka	Nizka	Nizka

4.1.2 Rezultati

Po analizi vseh vnesenih parametrov je program določil najboljšo možnost.

Slika 27: Končna ocena primerjave

DEXi		Ocena.dxi 3/7/2013			
Rezultati vrednotenja					
Kriterij	Aleo Solar	Maxcell	Kyocera	BiSol	
Ocena	Srednje	Srednje	Srednje	Dobro	
Cena	Visoka	Nizka	Srednja	Srednja	
Tehnične lastnosti	Srednje	Srednje	Dobro	Odlično	
Output	Visoka	Visoka	Srednja	Visoka	
Izkoristek	Visok	Visok	Srednji	Visok	
Teža	težek	težek	Lahki	Lahki	
Površina	Srednja	Srednja	Velika	Srednja	
Število modulov v sistemu	Srednje	Srednje	Malo	Srednje	
Proizvodnja	Srednja	Srednja	Nizka	Srednja	
Garancija	Visok	Visok	Visok	Visok	
Vzdrževanje	Nizka	Nizka	Nizka	Nizka	

Najboljša možnost je kolektor BiSol BMU-255. Z končno oceno dobro je naša najboljša varianta. Zato se bomo odločili za BiSolov kolektor.

Specifikacije kolektorja so naslednje (»Premium serija BiSol« [BiSol], 2013):

Tabela 3: Električne specifikacije modula

Električne specifikacije modula BiSol BMU-255		
P	Moč	255 W
Un	Nazivna napetost	30,5 V
In	Tok pri Pmax	8,35 A
Isc	Kratkostični tok	8,85 A
Uoc	Napetost odprtih sponk	38,7 V
Izkoristek		15,6 %

Ostali podatki	Teža	18,6 kg
	Površina	1,63 m ²
	Dimenzije (D x Š x V)	1649 x 991 x 40

Vir: »Premium serija BiSol« [BiSol], 2013.

Iz specifikacije je razvidno, da bo v naši elektrarni 1717 modulov, ki bodo proizvedli 438 kW energije. Predvidevamo, da bomo pokrili celotno parkirišče, tudi prehode. Skupna teža modulov bo 31.936 kg. Vzdrževanje in obratovalni stroški znašajo 0,5 % nakupne vrednosti. Garancija na modul je 10 let na proizvod, 12 let za 90 % izhodne moči, 25 let za 80 % izhodne moči.

Tabelarični prikaz nazivne moči SE Park&Ride Maribor:

Tabela 4: Prikaz nazivne moči elektrarne

Sončna Elektrarna P&R Maribor		1717 modulov
Pn	Nazivna moč	437.835 W
Un	Nazivna napetost	400 kW
In	Nazivni tok	16,2
Isc	Kratkostični tok	17,7
N	Število modulov	1.713
Sg	Površina elektrarne	2.799 m ²

Število modulov v sončni elektrarni določimo tako, da delimo maksimalno površino, ki nam je na voljo s površino posameznega modula.

$$S_m = 2.800 \text{ m}^2 / 1,63 \text{ m}^2 = 1.717,79$$

Površino sončne elektrarne pa izračunamo tako, da pomnožimo število modulov s površino posameznega modula:

$$S_e = 1.717 \times 1,63 \text{ m}^2 = 2.798,71 \text{ m}^2$$

Maksimalni output izračunamo kot produkt maksimalnega outputa posameznega modula ter številom modulov vezanih v sončno elektrarno

$$O_e = 255 \text{ W} \times 1.717 = 437.835 \text{ W}$$

4.2 Omrežni razsmernik Power-One Aurora PVI-12,5

Naloga razsmernikov je pretvorba enosmernega toka (DC) v uporaben izmenični tok (AC). »Predstavljajo najpomembnejšo točko povezave solarnega sistema z javnim električnim omrežjem. Drugače povedano sončni moduli preko razsmernikov pošiljajo moč v električno omrežje. Iz tega razloga so tudi eden izmed najpomembnejših delov sončne elektrarne. Razsmerniki, odvisno od velikosti elektrarne, običajno predstavljajo 7-9 % celotne vrednosti sončne elektrarne na ključ« (»Razsmerniki– vrste, učinkovitost in ponudniki« [Soncneelektrarne.com], b.d.).

Uporabili bomo omrežni PVI-12,5 kW, ki je trifazni omrežni razsmernik. Deluje avtomatizirano, kar pomeni, da se sam vklopi in izklopi. Ob slabem vremenu ali, ko pade noč in na kolektorje ne pada dovolj sončne svetlobe za proizvodnjo električne energije, se razsmernik samodejno izklopi. Ob sončnem vzhodu se ponovno samodejno vklopi, oziroma, ko na fotonapetostne kolektorje pade dovolj svetlobe. V stanju mirovanja ne porablja energije. Vgrajen ima varnostni sistem, ki preprečuje pregrevanje ter posledično poškodovanje naprave. Ob polni obremenitvi razsmernik samodejno zmanjša proizvedeno elektriko in izhodno moč, kar prepreči pregrevanje. Izkoristek razsmernika je 97,8 %, kar ga uvršča v sam vrh.

Zaščita vgrajena v razsmerniku omogoča uporabnikom preprečevanje udara med vzdrževanjem ter zaščito pred poškodbami na omrežju.

Parametri normalnega delovanja so, izhodna moč med 250 in 500 V, izhodna frekvenca 47 do 53 Hz, vhodna napetost >400 V. Samodejni izklop elektrarne iz omrežja se zgodi v primer, da (»Fotonapetostni razsmerniki– Priročnik za vgradnjo in uporabo« [fingalsolar], b.d.):

- fazna napetost naraste nad 250 V ali pade pod 210 V;
- frekvenca naraste nad ali pod določeno vrednost (47 Hz oz 53 Hz).

Mrežna napetost ter frekvenca morata biti v mejah, če ne pride do samodejnega izklopa razsmernika iz omrežja. Ponovni vklop se izvede, ko so izpolnjene zgoraj opisane zahteve. Naprava je v skladu z Evropskimi direktivami, ki urejajo dano področje, kar potrjuje oznaka CE. Nadzor nad delovanjem fotovoltaične elektrarne lahko vršimo preko modula, ki ga doplačamo, imenovanega komunikator. Ta zajame podatke iz razsmernikov ter jih posreduje v nadzorno omrežje ali preko interneta posreduje lastnikom. Na tak način nam omogoči spremljanje različnih parametrov na osebнем računalniku. Podatke lahko uporabljamo tudi v oblaku, kar pomeni, da jih program samodejno prenese na internet, kjer so dosegljivi kadarkoli in kjerkoli. Ena izmed takšnih programskih in računalniških rešitev je SMA sunny web box.

V primeru naše sončne elektrarne bomo potrebovali 35 razsmernikov ter 1 centralno napravo za spremljanje parametrov. Na ta način spremljamo 49. modulov oziroma eno izmed 35 posamičnih vej ali skupni produkt ter parametre. Po pogovoru s podjetjem Termosan, je to možnost, ki je finančno ter varnostno sprejemljiva. Po njihovih besedah naj ne bi bilo priporočljivo vezati vseh modulov v en razsmernik, saj lahko pride pri napaki na enem od modulov do okvare celotne elektrarne.

Izračun potrebnega števila razsmernikov:

Pridelamo nekaj manj kot 438 kW sončne energije. Na razsmernik pa lahko vežemo največ 12,5 kW skupne moči modulov. Torej izračunamo potrebno število razsmernikov kot kvocient med maksimalnim pridelkom energije ter maksimalno priklopno močjo na en razsmernik.

$$Nr = 437,835 \text{ kW} / 12,5 \text{ kW} = 35,0268$$

Tabelarični prikaz podatkov razsmernika (»Fotonapetostni razsmerniki– Priročnik za vgradnjo in uporabo« [fingalsolar], b.d.):

Tabela 5: Podatki za razsmernik Aurora PVI-12.5

Omrežni razsmernik Power-One Aurora 12,5	
DC vhod	
Najvišja nazivna moč	12.800 W
Dopustni vhodni tok	3x 18 A
Območje vhodne napetosti	250-850 V DC (nominalna 500 V)
Najvišja vhodna napetost	900 V
AC izhod	
Izhodna napetost	230 V
Izhodna frekvenca	50 Hz
Nazivni tok	20 A
Nazivna moč	13.800 W
Harmonsko popačenje	<2 %
Faktor delavnosti toka	0,995
Ostali pomembnejši parametri	
Izkoristek	97,8 %
Poraba moči	Stanje pripravljenosti < 10 W V obratovanju < 30 %
Dimenzije	716 mm x 645 mm x 222 mm
Temperaturno območje delovanja	-25 - +60

Zaščita

IP65

Vir: »Fotonapetostni razsmerniki– Priročnik za vgradnjo in uporabo« [fingalsolar], b.d.

S takšnim razvejanjem bomo zadovoljili tako varnostne zahteve kot finančne zahteve po minimiziranih stroških. V primeru, ko se pojavi okvara na eni izmed vej, bo elektrarna še vedno delovala, veja na kateri se pojavi napaka se bo samodejno izklopila. Ob vzdrževalnih delih ne bo treba izklopiti celotne elektrarne, ampak bodo zaposleni v okviru vzdrževanja izklopili vejo po vejo. S tem bomo še vedno, kljub delu na elektrarni, pridelali energijo.

4.3 Analiza lokacije

Pri načrtovanju sončne elektrarne je zelo pomembna lokacija, od katere je odvisna proizvodnja energije. Slabo načrtovana lokacija bo močno vplivala na energijski izplen ter rentabilnost elektrarne.

V postopku analize lokacije in ovrednotenja solarnih dobitkov je treba analizirati senčenje modulov, določiti naklon modulov, ovrednotiti potencial sončnega obsevanja ter določiti solarne dobitke oziroma letno proizvodnjo električne energije. To so računsko zahtevni koraki, zato je priporočljiva uporaba programske opreme (Lenardič, 2012). Za izvedbo analize lokacije lahko uporabimo kalkulator osončenja in ocene količine proizvedene električne energije na izbrani lokaciji (»Photovoltaic Geographical information system« [JRC], b.d.).

Kalkulator izračuna približno koliko energije bomo pridelali z danimi inputi na dani lokaciji. Rezultate dobimo v obliki tabele in grafov, ki ponazarjajo količino pridelane energije po mesecih in na letni ravni. V kalkulator sem najprej vnesel koordinate naše lokacije:

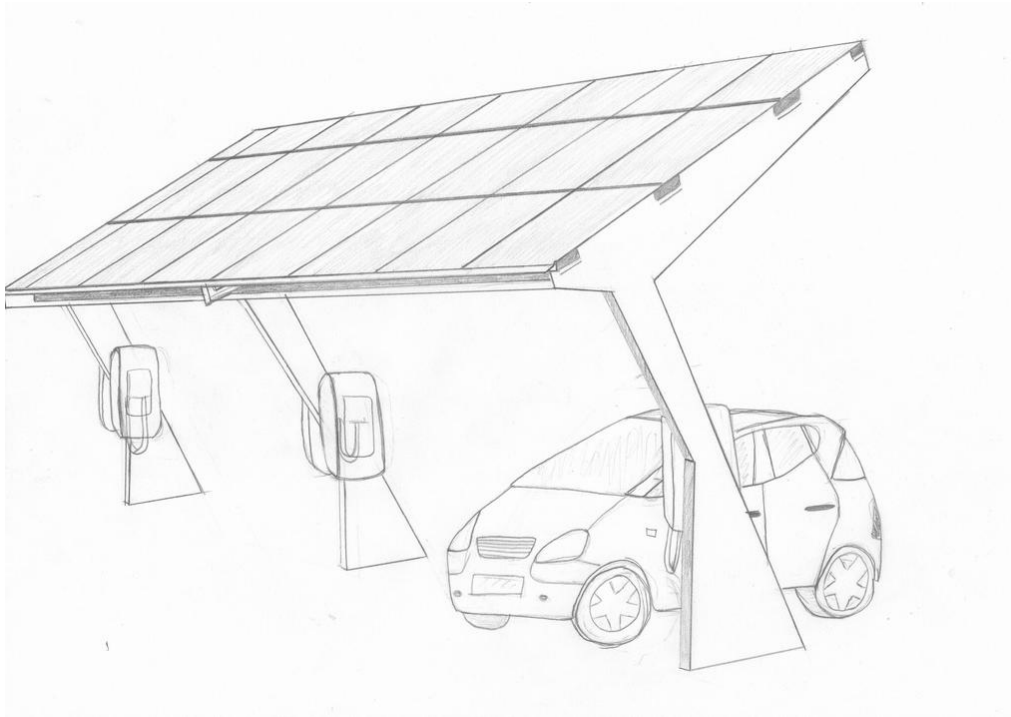
Slika 28: PVGIS, vnos lokacije



Vir: »Photovoltaic Geographical information system« [JRC], b.d.

Nosilno konstrukcijo bomo imeli usmerjeno proti južni strani in bo izgledala približno tako:

Slika 29: Približen izgled konstrukcije



Glede na to, da imamo dovolj prostora, lahko tudi pri konstrukciji izbiramo optimalen naklon in usmerjenost. V program vnesemo podatke in določimo samodejno določanje optimalnega naklona.

Slika 30: Vnos podatkov za izračun pridelane energije

Vir: »Photovoltaic Geographical information system« [JRC], b.d.

Informativni izračun, ki ga dobimo (»Photovoltaic Geographical information system« [JRC], b.d.):

- lokacija: Maribor, Tržaška cesta. 46°31'17" Severno, 15°39'5" Vzhodno, nadmorska višina: 273 m;
- nominalna moč sončne elektrarne: 438 kW;
- ocenjena izguba zaradi temperature: 8,0 %;
- ocenjena izguba zaradi kontega odboja: 2,8 %;
- ostale izgube (kabli, razsmerniki itd): 14 %;
- skupne izgube: 23,1 %.

Tabela 8: Dnevna in mesečna proizvodnja električne energije za lokacijo na Tržaški cesti:

Fiksni sistem, nagib 36°, orientacija 0°				
Mesec	E_d	E_m	U_d	H_m
Januar	720,00	22.300	1,96	60,6

Februar	1.170,00	32.700	3,22	90,3
Marec	1.400,00	43.500	4,05	125
April	1.720,00	51.700	5,12	154
Maj	1.890,00	58.600	5,77	179
Junij	1.850,00	55.500	5,74	172
Julij	1.880,00	58.300	5,84	181
Avgust	1.740,00	54.000	5,42	168
September	1.530,00	46.000	4,60	138
Oktober	1.150,00	35.500	3,35	104
November	785,00	23.500	2,19	65,7
December	601,00	18.600	1,63	50,6
Letno povprečje	1.370	41.700	4,08	124
Skupaj letno	500.000		1.490	

Vir: »Photovoltaic Geographical information system« [JRC], b.d.

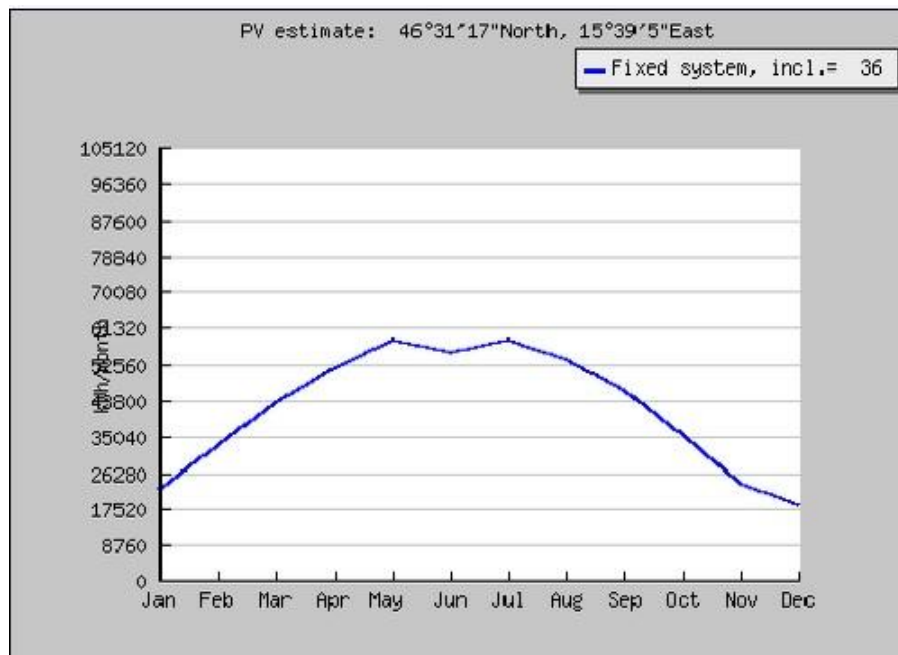
Razlaga tabele (»Photovoltaic Geographical information system« [JRC], b.d.):

- Ed: Dnevno proizvedena količina električne energije (kWh);
- Em: Mesečno proizvedena količina električne energije (kWh);
- Hd: povprečna dnevna vsota sončnega sevanja na m^2 , ki ga sprejme modul danega sistema (kWh/m^2);
- Hm: povprečna mesečna vsota sončnega sevanja na m^2 , ki ga sprejme modul danega sistema (kWh/m^2).

Tabela nam kaže ocenjeno proizvodnjo električne energije sončne elektrarne, za katero smo vnesli podatke. Vidimo, da bo sončna elektrarna moči 438 kWp, moduli pod naklonom 36° ter azimut 0, proizvedla 500 MWh/leto, kjer so že upoštevane vse izgube. Na letni ravni bomo proizvedli 1.490 kW energije na m^2 .

Na sliki je prikazana mesečna proizvodnja sončne elektrarne moči 438 kW. Najnižja proizvodnja električne energije je meseca decembra in znaša 1.860 kWh. Najvišja pa meseca maja in znaša 58.600 kWh. Povprečna mesečna proizvodnja električne energije je 41.700 kWh. Razlika nastane zaradi osončenosti modulov, ki je v zimskih mesecih manjša kot v poletnih. Meseca junija, julija in avgusta je pridelana energija nekoliko nižja predvsem zaradi toplotnih izgub.

Slika 31: Proizvodnja električne energije po mesecih

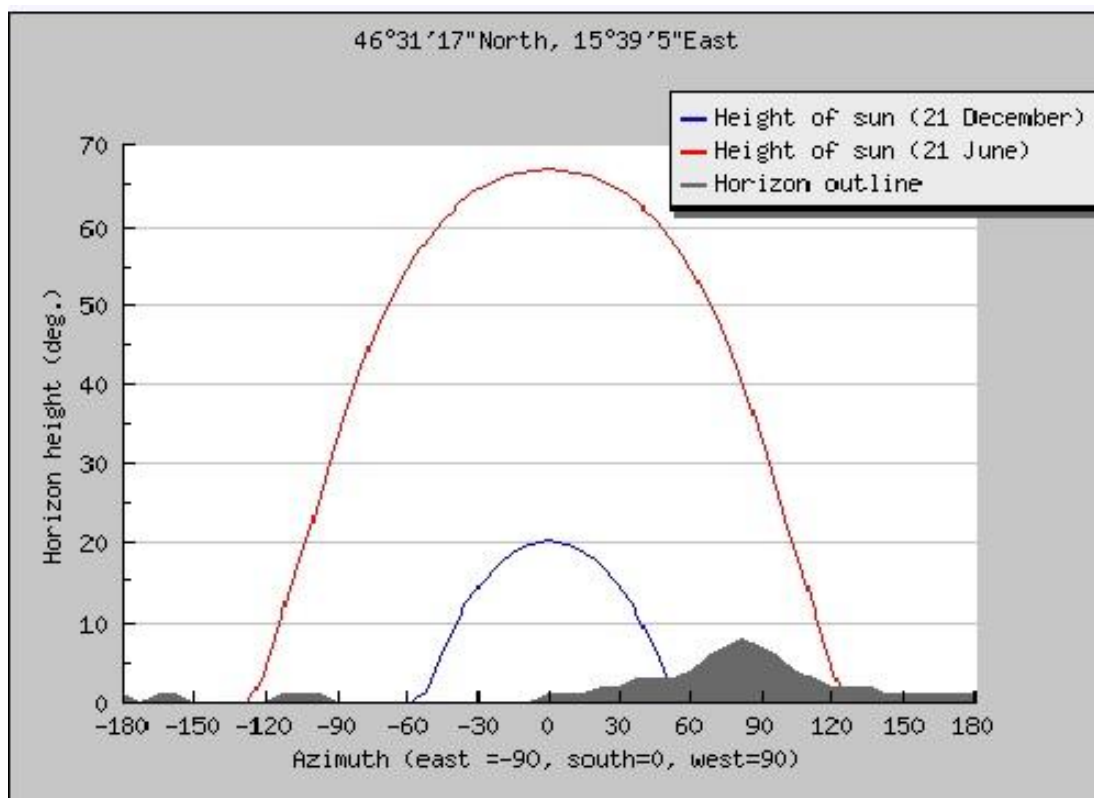


Vir: »Photovoltaic Geographical information system« [JRC], b.d.

Pri snovanju konstrukcije moramo biti pazljivi, da ne bo prišlo do senčenja modulov. Saj 1 % senčenja modula lahko pomeni tudi do 50 % upada moči ter povzroči nastajanje vročih pik oz. t.i. »hot spots«. To pomeni, da se modul na določenem mestu pregreje, kar vodi do poškodovanja celic in posledično modula. Glede na našo lokacijo ter postavitev sončne elektrarne bomo lahko ob idealnih vremenskih pogojih, imeli osončene module od vzhoda do zahoda. Nekje med 9. in 16. uro.

Spodnja slika prikazuje potovanje sonca ter objekte, ki bi lahko povzročili senčenje modulov.

Slika 32: Potovanje sonca [JRC]



Vir: »Photovoltaic Geographical information system« [JRC], b.d.

4.4 Analiza naložbe v komponente, stroške dela in ostalih stroškov

Poznamo več vrst in pomenov naložb. Vendar v najožjem pomenu besede pomeni nek izdatek sredstev za nakup trajnih dobrin ali storitev. V tem primeru lahko pogledamo na celotno sončno elektrarno kot naložbo, ki jo bomo razdelili na posamezne sektorje za lažji pregled in predstavbo. Ugotoviti želimo kaj predstavlja največji strošek ter v kakšnem obsegu. Ko bomo imeli natančno določena stroškovna mesta, bomo lahko ocenili celotno naložbo. V osnovi predstavljajo stroške naložbe v sončno elektrarno, material in delo.

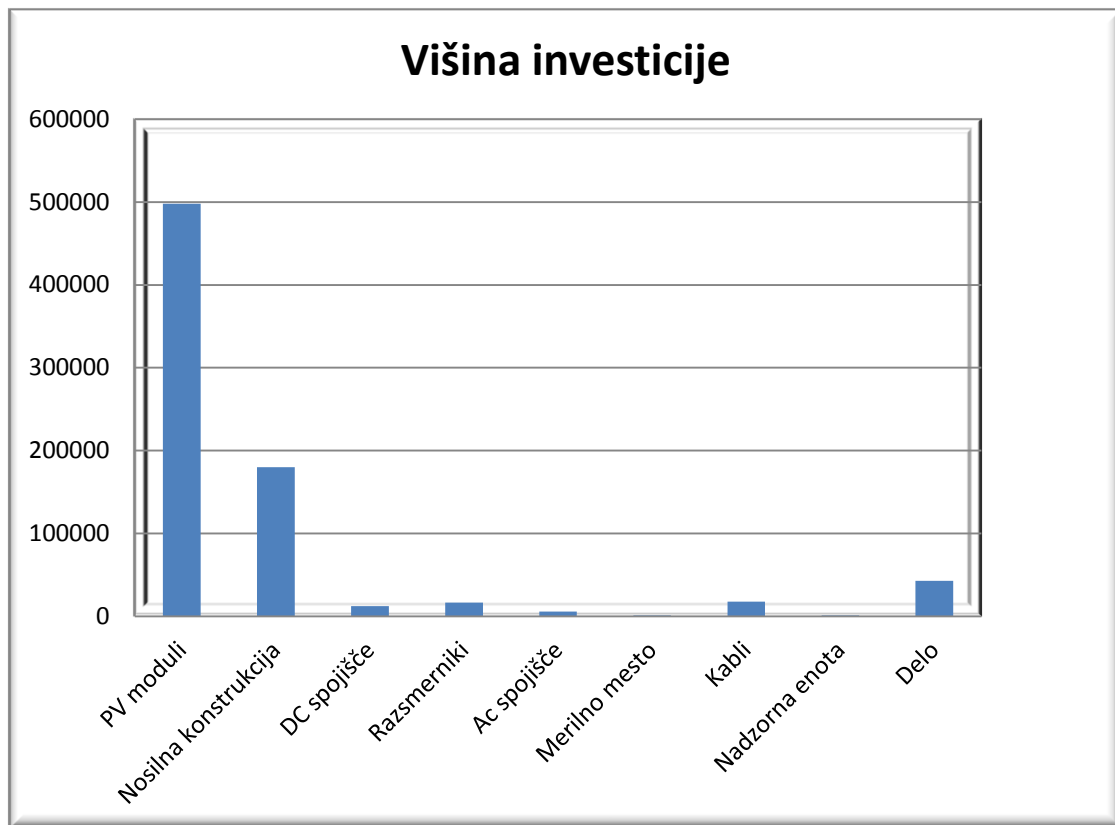
Tabela 7: Približni stroški naložbe

Količina	Merska enota	Opis	Cena na enoto	Cena skupaj
1717	kos	PV modul	290,00 €	497.930,00 €

1	kpl	Nosilna konstrukcija	180.000,00 €	180.000,00 €
49	kos	DC spojišče	250,00 €	12.250,00 €
49	kos	Razsmerniki	340,00 €	16.600,00 €
1	kos	AC spojišče	6.000,00 €	6.000,00 €
1	kos	Merilno mesto	1.000,00 €	1.000,00 €
1	kpl	Kabli	10,90 €/enoto	17.800,00 €
1	kpl	Nadzorna enota	1.200,00 €	1.200,00 €
1	kpl	Delo	30.000,00 €	42.890,00 €
				Skupaj: = 775.670,00 €

Pri postavitvi fotovoltaične elektrarne takšnega obsega vidimo, da predstavlja kar 93,6 % celotne naložbe, strošek materialov. Strošek dela pa obsega le 6,4 % naložbe. Do takšnega rezultata pridemo predvsem zato, ker gre za izredno obsežen projekt. Z razvojem novih modulov, bodo v prihodnosti cene nekoliko padle. Prav tako bo izkoristek modulov večji, kar pomeni, da ne bo več potreb po državnih subvencijah. Ob večjem izkoristku bodo moduli manjših dimenzij in lažji, kar pomeni, da bo tudi nosilna konstrukcija cenejša.

Slika 33: Grafikon naložbe v sončno elektrarno P&R Maribor



4.4.1 Analiza človeških virov potrebnih za izgradnjo elektrarne

V tem poglavju bom podal približen izračun potreb po človeških virih pri postavitvi fotovoltaične elektrarne, vse od ogleda lokacije do predaje na ključ. Približen izračun sem v prejšnjem poglavju uporabil v izračunu stroška izgradnje elektrarne.

Tabela 8: Približen obseg potreb po človeških virih pri izgradnji elektrarne

Opis delavnega mesta	Število delavcev	Število potrebnih ur	Cena/uro	Skupna cena
Ogled lokacije	1	8	20,00 €	160,00 €
Analiza lokacije	1	4	20,00 €	80,00 €
Izdelava ponudbe	1	2	20,00 €	40,00 €

Priprava pogodbe	1	3	20,00 €	60,00 €
Naročilo komponent	1	4	20,00 €	80,00 €
Priprava projektne dokumentacije	1	80	40,00 €	3.200,00 €
Priprava in vodenje upravnih postopkov	1	50	20,00 €	1.000,00 €
Vodenje in nadzor izvajanja	2	130	20,00 €	2.600,00 €
Zavarovanje gradbišča	2	16	15,00 €	240,00 €
Montaža konstrukcije ter nosilcev	32	960	15,00 €	14.400,00 €
Montaža PV modulov	32	960	15,00 €	14.400,00 €
Postavitev DC stikalnih blokov ter vezava z moduli	16	64	15,00 €	960,00 €
Postavitev in vezava razsmernikov	16	128	15,00 €	1.920,00 €
Postavitev AC	16	64	15,00 €	960,00 €

stikalnih blokov ter vezava z razsmerniki				
Postavitev merilnega mesta	16	64	15,00 €	960,00 €
Polaganje kablov ter izdelava priklopov	16	64	15,00 €	960,00 €
Opravljanje meritev, testiranje	2	32	20,00 €	640,00 €
Zagon elektrarne	2	16	20,00 €	320,00 €
Skupaj				42.890,00 €

Približen prikaz in izračun potrebe po človeških virih kaže, da je največji strošek človeških virov pri izgradnji in postavitvi nosilne konstrukcije ter montaže PV modulov. Ti dve operaciji obsegata največ časa in potrebujeta največ ljudi. Najdražje delo posameznika se ustvari pri pripravi projektne dokumentacije. To delo traja nekoliko dalj časa, ker je treba za elektrarno v takšnem obsegu pridobiti gradbeno dovoljenje in vsa ostala potrebna soglasja. Nato pa še pridobiti soglasje Javne agencije Republike Slovenije (JARSE), ki po opravljenem pregledu izda deklaracijo za proizvodno napravo.

Slika 34: Grafični prikaz potreb po človeških virih



4.5 Finančna analiza

V finančni analizi se bom posvetil trem različnim modelom donosnosti. Podal bom izračun povrnitve naložbe, če bo sončna elektrarna služila le za prodajo električne energije in mi bo služil za nadaljnja dva izračuna. Drugi izračun bom podal za primer, da se električna energija uporablja za polnjenje električnih avtobusov in razsvetljave. Tretji izračun bom podal za primer, da porabljamo del energije za napajanje razsvetljave parkirišča in napajanje informacijskih tabel.

V prejšnjem poglavju smo prišli do izračuna letne proizvodnje, ki znaša 500.000 kWh električne energije. Specifična cena postavitve 438 kW elektrarne, znaša 1,5500 €/Wp za leto 2013. Padeč učinkovitosti je 1 % leto. Vrednost kapitala pa 6 % vrednosti naložbe na leto. Vzdrževanje predstavlja 1 % vrednosti celotne naložbe letno. Zagotovljen odkup kWh električne energije je 0,089 € za dobo 15 let. Predvidena cena po izteku 15 let je približno 0,0625 €/kWh.

Podatke bomo prikazali tabelarično:

Tabela 9: Prikaz parametrov za finančno analizo izgradnje elektrarne

1	Nominalna moč elektrarne	438	[kWp]
1.2	Predvidena letna proizvodnja	500.000	[kWh]
2	Tarife		
2.1	Predvidena odkupna cena	0,089	[euro]
2.2	Predvidena odkupna cena po izteku 15 let	0,06	[euro]
3	Izgube		
3.1	Izkoristek razsmernika	97,8	[%]
3.2	Padec učinkovitosti modulov	20 % v 25 letih	
3.3	Ostale izgube	6,00	[%]
4	Stroški obratovanja		
4.1	Obratovalni stroški prvih 15 let	1.000,00	[euro]
4.2	Obratovalni stroški od 15 leta naprej	1.500,00	[euro]
5	Stroški naložbe		
5.1	Vrednost naložbe	775.670,00	[euro]
5.2	Obrestna mera	5	[%]

Po izračunu je vidno, da se naložba povrne po približno 20 letih. Dolžina povrnitve naložbe gre na račun nizkega zagotovljenega odkupa za velike sončne elektrarne. Odkupna cena je namreč le nekoliko višja od prodajne cene.

Po pretečenih 15-letih zagotovljene cene odkupa električne energije smo upoštevali, da je odkupna vrednost nekoliko nižja od trenutne tržne cene. V izračunu je treba upoštevati menjavo razsmernikov po 14. letih, kar dodatno podaljša dobo povrnitve.

5 POTREBE SISTEMA PARK&RIDE MARIBOR PO ELEKTRIČNI ENERGIJI

Sedaj ko vemo, koliko je elektrarna sposobna proizvesti, nas mora še zanimati, koliko bo potrošil sam Park&Ride sistem. Zato se bomo v tem poglavju posvetili analiziranju potrošnikov, ki so v sistemu neizogibni ter mu dodali še nekaj potrošnikov, za katere menimo, da bi jih bilo smiselno ponuditi uporabnikom.

5.1 Analiza potrošnikov električne energije v Park&Ride Maribor za osnovni sistem

V osnovnem sistemu predvidevamo, da bi imeli porabnike električne energije, kot so osvetljevanje cestišča in parkirišča v sistemu. Imeli bi informacijske table, ki bi prikazovale različne informacije ter zasedenost parkirišča. Nadzorni sistem in vhodne rampe.

5.1.1 Osvetlitev

Osvetlitev, ki bi jo postavili na Park&Ride parkirišču, mora zadostovati evropskim in slovenskim normativom. Osnovna usmeritev so predpisi in področja, ki jih ureja zakonodaja na področju javne razsvetljave (*»Zunanja razsvetljava, varčna in varna«* [Siteco sistemi d.o.o.], b.d.):

- Evropski standard EN 13201 (v Sloveniji SIST EN 13201 – cestna razsvetljava) in velja za vse države Evropske unije;
- pravilnik o projektiranju cest, 59. člen;
- uredba o mejnih vrednostih svetlobnega onesnaževanja okolja;
- zakon o javnih cestah.

Osvetlitev parkirišča mora biti v skladu z omenjenimi predpisi, predvsem SIST EN 13201.

Ker bo v sistem implementirana elektrarna, je smiselno v sistem uvesti osvetljavo, ki bo omogočala nadzor kriminala, prepoznavanje obraza, umirjanje prometa in prometnega toka ter čim manj svetlobno vplivala na okolje kot na potrošnjo energije.

Slika 35: Model osvetlitve parkirišča z namenski led svetili



Vir: Maribor, b.d.

Z rumeno so na sliki označena mesta, kjer bi predvidoma stala osvetlitev. Proizvajalec Siteco d.o.o. predlaga postavitev 20 do 32 metrov narazen. To pomeni, da bi v primeru Park&Ride Maribor, potrebovali 10 led reflektorjev moči 37 W. Skupno bi torej porabili 370 W v eni uri. Ob tem še predlagam, da se istočasno implementira sistem baterij za shranjevanje energije, ki bi napajale luči, v primeru, da želimo energijsko samostojen sistem. Saj fotonapetostna elektrarna ponoči ne proizvaja energije, ko jo luči porabljajo.

5.1.2 Sistem dinamičnih prikazovalnikov in informacijskih tabel

Pri načrtovanju vsakega Park&Ride sistema je treba tudi skrbno načrtovati sistem obveščanja in usmerjanja na določena parkirišča. Ta morajo biti jasno označena in imeti jasne smerokaze, kako se pripeljati do njih.

To se lahko stori na dva načina: s standardnimi prometnimi tablami ali z dinamičnimi prikazovalniki. Obvestilne table je treba prilagoditi zahtevam, ki jih jasno navajajo domači in mednarodni standardi (Rosi et al., 2012, str. 135).

Domači standardi določajo, da morajo biti obvestilne table za namen prikazovanja različnih prometnih informacij ali turističnih zanimivosti v obliki pravokotnika. Višina teh tabel ne sme presegati 30 cm. Prav tako morajo biti table od tal oddaljene 225 cm, da dovoljujejo prost pretok pešcem in kolesarjem. Dimenzije in oblika tabel je določena v slovenskem standardu SIST ISO 7001: 2008, kateri dovoljuje uporabo izbirnih barv. S standardom je vsaka tabla razdeljena na 3 cone. Na sredini je napis z imenom področja, levo ali desno pa simboli, ki usmerjajo proti temu področju (Rosi et al., 2012, str. 135).

Izbira dinamičnih prikazovalnikov je zelo velika. Večina lastnikov se pri prikazu osnovnih informacij o parkirišču odloča za klasične LED prikazovalnike. Ti označujejo, koliko mest je še na voljo na parkirišču. Večina jih uporablja oranžno barvo za prikaz praznih mest in rdečo za znak X, ki pomeni, da je parkirišče zasedeno. Takšne table so informativno in stroškovno zelo učinkovite. Morajo pa imeti prilagodljivo svetilnost, da jih vozniki lahko opazijo v vseh vremenskih pogojih, in dober vidni kot. Namesto klasičnih LED prikazovalnikov bi se lahko uporabili tudi LCD zaslone, ki imajo bistveno večjo prilagodljivost (Rosi et al., 2012, str. 137).

Sistem lahko razdelimo v dva dela. Prvi bi bil informacijski del o parkirišču, ki bi zajemal obveščanje o zasedenosti oziroma prostosti parkirišča. Drugi del bi bil informacijski del o poti avtobusa ter o glavnih mestnih značilnostih prikazanih na interaktivnih zaslonih. Prav tako bi bilo smotrno uporabiti nekaj dodatnih zaslonov za oglaševanje, ki bi lahko dodatno doprineslo k hitrejšemu povračilu naložbe.

Predvidevamo lahko, da bi potrebovali dve led tabli za prikazovanje prostosti oziroma zasedenosti parkirišča. Ena tabla bi se nahajala nekje pri izvozu iz avtoceste, druga pa na samem parkirišču.

Slika 36: Primer prikazovalnik zasedenosti parkirišča, na primeru bolnišnice v Oslu



Vir: Križaj, 2012

V tem primeru bi uporabili led zaslon, ki vsebuje 144 led diod. Vsaka porabi približno 0,1 W na uro, kar pomeni, da če bi vse gorele na enkrat bi porabili 14,4 W na uro. Imeli bi dva zaslona na vsaki table, kar pomeni, da bi porabili 28,8 W na uro. Tukaj moramo upoštevati še dodatno osvetlitev napisov na table. Za to bi lahko prav tako uporabili led razsvetljavo, približno 50 W. Kar pomeni, da bi vsaka tabla porabila 78,8 W na uro, ker imamo dve bi porabili skupaj 157,6 W.

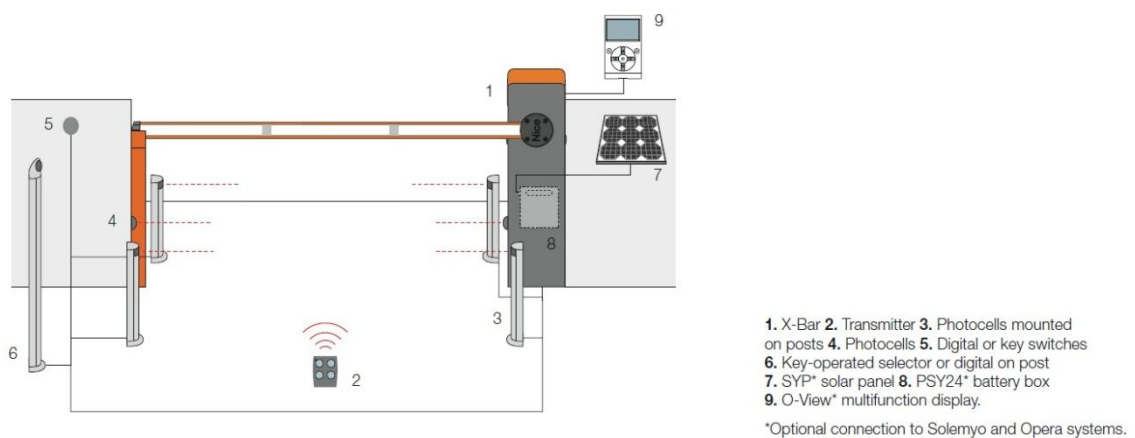
Za informacijske table, predlagam uporabo interaktivnih informacijskih zaslonov. Ti bi bili postavljeni v neposredni bližini avtomata za plačilo parkirnine. Menim, da bi potrebovali največ dva zaslona. Po podatkih nekaterih proizvajalcev tak zaslon porabi približno 470 W energije. Skupaj bi porabila 940 W energije na uro («Digital Signage» [Samsung], b.d.).

Opcijsko predlagamo še uporabo vsaj enega zaslona v reklamne namene. Tabla dimenzije 5 m x 5 m, porabi 700 W na m² oziroma 17,5 kW v eni uri (»Led display Q-10RC« [Q-Colour], 2013). Vendar v takšni dinamični led tabli vidimo tudi potencialni zaslužek. Saj bi lahko oddajali oglasni prostor za približno 1€ na sekundo oziroma nekaj manj v poznih večernih urah. Če vzamemo polovično vrednost izračuna bi lahko takšna tabla, dnevno, doprinesla vsaj 43.200,00 €.

5.1.3. Rampe, avtomati za parkirnino in video nadzor

Na primeru P&R Maribor, predvidevamo eno vzhodno in eno izhodno cono na isti strani parkirišča. To pomeni, da potrebujemo dve rampi. Vsaka rampa z dolžino 4 m ima nameščen 100 W motor ter se dviguje 3 sekunde. Dnevno bi vsaka porabila 8,2 W energije. Skupaj 16,4 W, če čez vsako rampo zapelje 100 avtomobilov dnevno. Torej 6 s delovanja za vsak avto.

Slika 37: Primer montaže in priklopa na sončno elektrarno



Vir: »Barriers and gates« [NICE Spa.], b.d.

Plačilne avtomate bi lahko postavili na 3 različna mesta. Prvo je na vhodu v parkirišče, druga dva pa na izhodu proti avtobusni postaji. S tem skrajšamo nepotrebne poti potnikov do avtomatov. Danes se v večini Slovenskih mest uporabljajo avtomati proizvajalca Elebi, model Citea. Gre za prilagodljiv avtomat, ki ga je možno razširiti na več funkcij in delovnih področij. Tak avtomat potroši približno 27,5 W energije, ker bi imeli vsaj tri 82,5 W oziroma 0,082 kW energije v eni uri.

Slika 38: Primer postavitve parkirnega avtomata Elebi, v Ljubljani



Vir: »Citea- Strojna oprema« [Elebi d.o.o.], b.d.

Dodatno bomo uporabili še video nadzor parkirišča. Nadzorne kamere ter ostala potrebna elektronika bi porabila približno okoli 680 W na uro. V izračun sem vzel 8 kamer, ki bi jih postavili v kote parkirišča tako, da pokrivajo celotno parkirišče. Ter oddajnik, ki bi pošiljal signal v nadzorni center (»IR nadzorna kamera TC 700« [TTC], b.d.).

5.2 Analiza osnovnih potrošnikov

V prejšnjem poglavju so opisani osnovni potrošniki P&R sistema Maribor. V sistem je zajeta vsa osnovna oprema potrebna za nemoteno delovanje parkirišča.

Vključeno v sistem je:

- luči, katerih potrošnja znaša 0,37 kWh;
- 2 tabli za prikaz zasedenosti parkirišča, katerih potrošnja znaša 0,157 kWh;
- interaktivni informacijski zaslone, katerih potrošnja znaša skupaj 0,94 kWh;
- reklamna led tabla, katere potrošnja znaša 17,5 kWh;
- rampe, katerih potrošnja skupaj znaša 0,0164 kWh;
- plačilni avtomati, katerih potrošnja skupaj znaša 0,082 kWh;
- video nadzor, katerega potrošnja skupaj znaša 0,68 kWh.

Skupaj tak sistem porabi približno 18,8054 kWh energije. Dnevno to pomeni potrošnjo energije 448,008 kWh. V naslednji tabeli bom prikazal primerjavo porabe ter proizvodnje električne energije v P&R Maribor. Kot tržno ceno sem upošteval trenutno veljavne cene enotne tarife 0,07174 €/kWh («Cena elektrike in primerjava» [Petrol energija], b.d.).

Tabela 10: Prikaz razlike med proizvodnjo in potrošnjo električne energije

Poraba energije v sistemu P&R Maribor		
Urna poraba		18,8054 kWh
Dnevna poraba		451,3296 kWh
Mesečna poraba		13.539,88 kWh
Letna poraba		162.478,656 kWh
Letna poraba izražena v € po trenutni tržni ceni		11.656,22 €
Proizvodnja električne energije fotonapetostne elektrarne P&R Maribor		
Dnevna proizvodnja*		1.370 kWh
Mesečna proizvodnja*		41.700 kWh
Letna proizvodnja*		500.000 kWh
		Razlika proizvodnja /potrošnja: 32843,78 €

Tabela prikazuje, da je fotovoltaična elektrarna sposobna proizvesti veliko večjo količino električne energije, kot jo potrebuje za lastno obratovanje v primeru popolne samostojnosti. Letno bi porabili 11.656,22 € električne energije, medtem ko smo je sposobni proizvesti 44.500,00 €. Upoštevajoč trenutno tržno ceno ter prodajno ceno električne energije. Če upoštevamo mesečno porabo in proizvedeno energijo in razliko prodamo po tržni ceni, bi iztržili 2.739,90 €. Letno bi prodali preostalo količino energije, ki znaša 337.521,344 kWh ter iztržili 30.039,40 €.

Če teoretično upoštevamo, da je prodajna cena prvih 20 let enaka, bi se pridelek iz 890.000,00 €, zmanjšal na 602.916,47 €, ne upoštevajoč dodatnih izdatkov, ki se pojavijo ob menjavi razsmernikov, vzdrževanja.

5.3 Implementacija električnih avtobusov na linijo P&R Maribor

Po predhodnih ugotovitvah vemo, da bi bila edina smiselna linija med mestnim jedrom in Park&Ride Maribor takšna, ki bi povezovala Park&Ride Maribor Tezno in Park&Ride Maribor. Šlo bi za linijo, ki je v eno smer dolga 10,1 km ter 9,9 km v drugo smer. Skupaj 20 km oziroma 1.689,7 km skupnih dnevnih kilometrov oziroma 1.761,3 km upoštevajoč nulte kilometre.

Cvahte je razdelila dnevno obratovanje in količino avtobusov potrebno za nemoteno delovanje linije na šest delov. Upoštevala je različno zasedenost avtobusov ob prometnih konicah, ki se pojavijo ob odhodu ljudi na delo in popoldne nazaj. Kar pomeni, da bi bila zasedenost avtobusov takrat največja. »Celotno dnevno obratovanje linije lahko razdelimo na šest časovnih obdobij, za katere so predvideni različni intervali vožnje avtobusov, posledično pa tudi različno število potrebnih avtobusov za neprekinjeno delovanje povezave. Prvo časovno obdobje obsega čas od začetka delovanja linije do jutranje konice (5.00 do 6.00). V tem času so potrebni štirje avtobusi za neprekinjeno delovanje linije, intervali odhodov avtobusov s postaje pa so 15 minut. Drugo časovno obdobje obsega čas jutranje konice (6.00 do 9.00). V tem času je potrebnih šest avtobusov za neprekinjeno delovanje linije, intervali odhodov avtobusov s postaj so 10 minut. Tretje časovno obdobje dneva obsega čas med jutranjo in popoldansko konico (9.00 do 12.00) (Cvahte, 2012, str. 110).

V tem času so potrebni štirje avtobusi, intervali odhoda avtobusa s postaj so 15 minut. Četrto časovno obdobje obsega čas popoldanske konice (12.00 do 17.30). V tem obdobju je potrebnih šest avtobusov z intervali odhoda s postaj na 10 minut. Peto časovno obdobje obsega čas popoldanske in večerne aktivnosti. (17.30 do 21.45) (Cvahte, 2012, str. 110).

V tem času so potrebni štirje avtobusi za zagotavljanje neprekinjenega obratovanja linije, z odhodi avtobusov s postaj na 15 minut. Šesto časovno obdobje obsega čas nočnih aktivnosti (od 21.45 ure dalje). »Potrebni so trije avtobusi, z odhodi iz postaj v 20 minutnih intervalih. Frekvenca vozil na liniji [f] je ob zgoraj podanih parametrih števila avtobusov v obtoku [AD] in časa obhoda [T0] v obdobjih konic, ko vozi šest avtobusov, 6 vozil na uro, v obdobju izven konic, ko vozijo štirje avtobusi, pa 4 vozila na uro. V zadnjem obdobju so potrebni trije avtobusi zaradi večjih intervalov.« (Cvahte, 2012, str. 110).

Gre za linijo, ki povzroča dnevno 563,00 € stroška za gorivo, ki stane prevoznika 1,10225 €/l (Cvahte, 2012, str. 110). Mesečno nas obratovanje te linije s standardnimi avtobusi stane 16.890,00 €. Če vzamemo povprečno vrednost količine potrebnih avtobusov, 5 vozil, vsak dnevno prevozi 352,26 km. Oziroma porabi 102,2 l goriva ali 112,60 €. Strošek goriva na prevožen kilometer znaša 0,29 l/km oziroma 0,31965 €/km. Vzdrževanje posameznega avtobusa mesečno znaša približno 2.000,00 € (Cvahte, 2012, str. 110). Zaradi relativno visokega stroška goriva, se je pojavila ideja, da bi na tej liniji obratovali električni avtobusi, katere bi napajala fotovoltaična elektrarna.

Podjetje Marprom je v promocijsko uporabo dobilo električni avtobus Tam Durabus, ki so ga aprila 2013 tudi predstavili.

Slika 39: Električni avtobus Tam Durabus



Proizvajalec električnega sklopa ter baterij je SinoEV Tech. Co. Ltd, Kitajska.

Navedeni podatki na bateriji so sledeči:

Tabela 11: Podatki o tipu baterije, ki napaja električni avtobus (Tam-Durabus, osebna komunikacija, junij 2013)

		Nazivna voltaža	51,2 V	Stalni tok	120 A
Tip baterije	LFP	Kapaciteta	360 AH	Maksimalni tok	400 A
Dovoljena temperatura polnjenja	Od 0 do 45 stopinj Celzija	Paket	165.120 P	Polnilni tok	120 A
Dovoljena temperatura praznjenja	Od -20 do +55 stopinj Celzija	IP	IP54	Maksimalni polnilni tok	200 A

Vir: Tam-Durabus, osebna komunikacija, junij 2013

Slika 40: Pogonski motor ter baterije



Pri danih podatkih in pridobljenih podatkih s strani Tam Durabusa, lahko izračunamo polnilno moč, ki je potrebna za polnjenje. To lahko storimo po standardni krivulji imenske moči akumulatorja. Proizvajalec navaja, da se avtobus polni približno 3 ure. Polnilna potrošnja energije znaša 20 kW na uro.

Prav tako predstavljajo možnost hitrega polnjenja, ki traja zgolj 12 do 15 minut preko induktivne zanke, ki se lahko postavi na avtobusne postaje. Avtobus ima 300 kilometrov dometa, kar pomeni, da bi lahko zadostil dnevni potrebi po energiji, če bi ga vmes napolnili oziroma dopolnili. To bi lahko storili v času, ko se zgodi menjava voznikov na postaji. Cena elektrike za prevožen kilometer znaša 0,04 €/km. V izračunu bom upošteval tržno ceno elektrike. Po preračunu, ki ga je postavila Cvahte, bi avtobus prevozil dnevno 352,26 km, kar bi povzročilo 14,08 € stroška, če temu prištejemo še najem baterij bi dnevno stalo obratovanje avtobusa 48,13 €. Dnevno bi nas torej 5 avtobusov stalo 240,66 €, izključujoč stroške osebja. Na dnevni ravni to predstavlja prihranek v višini 322,34 €. Če vzamemo, da bi avtobus vozil vse dni v mesecu, torej 30 dni, bi strošek pogonskega goriva mesečno, znašal 1.443,9 €/avtobus, oziroma 7.219,5 € za vseh 5 avtobusov.

Tabela 12: Primerjalna tabela električnega avtobusa ter klasičnega avtobusa

	Električni avtobus	Klasični avtobus na plinsko olje
Dnevni strošek na enoto	48,13 €	112,60 €
Dnevni strošek na 5 enot	240,00 €	563,00 €
Strošek na prevožen kilometer	0,04 €	0,29 €
Mesečno vzdrževanje	Brez posebnega vzdrževanja	2.000,00 €/enoto
Strošek mesečnega obratovanja linije (brez stroška osebja)	7.219,50 €	16.890,00 €
		+10.000,00 €
		26.890,00 €
Letna razlika	116.046,00 €	
Letna razlika ob upoštevanju vzdrževanja	23.6046,00 €	

Če primerjamo ceno obratovanja električnega avtobusa, ter klasičnega avtobusa, ki ga poganja plinsko olje vidimo, da je razlika pri mesečnem obratovanju 9.670,50 € oziroma 19.670,50 €.

Letni prihranek v vrednosti 116.046,00 € ali ob upoštevanju vzdrževanja klasičnih avtobusov, ki trenutno vozijo 236.046,00 €. Vendar moramo še upoštevati višjo nakupno vrednost električnega avtobusa. Nakupna vrednost dotičnega električnega avtobusa Tam Durabus, znaša 160.000,00 €, klasičnega na plinsko olje pa približno 100.000,00 €.

Nakup 5 električnih avtobusov, bi znašal 800.000,00 €, klasičnih pa 500.000,00 €. Če bi dodali še eno induktivno zanko za hitro polnjenje, bi skupen strošek znašal 860.000,00 €.

Razlika bi se predvidoma pokrila v 2,56 letih oziroma z zanko v 3,1 letih. V izračunu ni upoštevano vzdrževanje, ker predvidevamo, da nakup novega klasičnega avtobusa ne bi zahteval vzdrževanja v takšnem obsegu, kot ga zahtevajo trenutni avtobusi. Dejansko amortizacijsko stanje bi bilo še ugodnejše na račun fotovoltaične elektrarne, ki bi nam zagotavljala brezplačno elektriko in bi dejansko plačali le nakupno ceno za avtobuse.

Slika 41: Nadzorna plošča v električnem avtobusu



Predpostavljamo lahko, da vseh avtobusov hkrati na induktivni zanki ne bi mogli polniti, zato lahko rečemo, da bi bila skupna urna poraba elektrike enaka 38,8kW, ko bi polnili avtobus. V tem primeru bi Park&Ride sistem ter avtobusi skupaj potrošili približno 751,2 kW električne energije.

Po veljavni tržni ceni, znaša strošek delovanja sistema 53,80 € dnevno, 1.614,00 € mesečno oziroma 19.368,00 € letno. Iz tega lahko razberemo, da bi še vedno proizvedli več električne energije kot bi jo porabili. Razlika znaša 25.123,00 € prodane električne energije. To pomeni, da bi v 20 letih amortizacijske dobe elektrarne, še vedno pridobili 502.460,00 € električne energije (ne upoštevajoč ostalih operativnih stroškov in stroškov vzdrževanja).

5.4 Implementacija električnih vozil za izposajo v Park&Ride Maribor

»Električni avtomobil je avtomobil, ki ga poganja električni motor, vso energijo, ki jo potrebuje za delovanje, črpa iz baterije, katero je možno ponovno napolniti. Električni avtomobil ni nekaj novega, temveč njegova zgodovina sega vse do leta 1835, ko je prvega dizajniral profesor SibrandusStratingh iz Groningena, zgradil pa ga je kasneje njegov pomočnik Christopher Becker. Električni avtomobili so bili priljubljeni v poznem 19. stoletju in začetku 20. stoletja, saj so imeli v primerjavi z bencinsko gnanimi vrsto prednosti. Bili so tihi, niso onesnaževali, še bolj pomembno je, da ni bilo potrebno mučno pretikanje med prestavami in še bolj mučno pred-zagonsko navijanje s posebno ročico. Kljub vsem prednostim, ki so jih imeli pred bencinsko gnanimi in sploh parnimi, pa so vseeno zbledeli v pozabo« (Rosi et al., 2012, str. 140).

Ponovno zanimanje za proizvodnjo električnih avtomobilov je prinesla energetska kriza leta 1970-80, še večje leta 2000, predvsem zaradi skrbi pred hitro naraščajočimi cenami nafte in potrebo po zaježitvi emisij toplogrednih plinov, vse do danes, ko je onesnaženost že presegla zdravo mejo in je zanimanje prerastlo v nujo. Avtomobilski industriji so države postavile jasne in stroge omejitve glede izpusta CO₂-ja in določile previsoke kazni, da bi se ji splačalo ignorirati le te. Kot posledica električni avtomobili bliskovito prihajaj v serijsko proizvodnjo.

Že v začetku leta 2011 imamo v serijski proizvodnji šest električnih avtomobilov (Tesla Roadster, REVAi, Buddy, Mitsubishi i MiEV, Th! nkCity, in Nissan Leaf), število modelov pa bo v prihodnje močno naraščalo.« (Rosi et al., 2012, str. 140)

V našem primeru bom uporabil, pri nas najbolj zastopan električni avto, Citroen C-zero. Identično vozilo se prodaja pod imenom Mitsubishi I-miev ter Peugeot Ion.

Podatki, ki so dostopni o vozilu so naslednji:

Tabela 13: Podatki o vozilu Citroen C-Zero

	Citroen C-Zero
Cena	35.640,00 € (brez upoštevanja eko subvencije)

Moč	49 kW
Masa	1.120 kg
Pogon	Zadaj
Število potnikov	4
Največja hitrost	130 km/h
Baterija	Litij-ionska baterija, sestavljena iz 88 celic z zmogljivostjo 50 Ah
Zmogljivost baterije	16 kWh
Polnjenje	6 ur, hitro polnjenje 30 minut do 80 % zmogljivosti posebnega akumulatorskega priključka z enofaznim tokom 125 A pod napetostjo 400 V
Domet	160 km
Emisije CO ₂ (g/km)	0 (ob neupoštevanju emisij potrebnih za proizvodnjo električne energije)

Vir: »Citroen C-zero- Tehnični podatki in oprema« [Citroen Slovenija], 2011

Ideja o implementaciji električnih vozil v sistem, se je pojavila ob izdelavi projekta Park&Ride Tezno. Tam smo načrtovali izposajo 5 električnih vozil, ki bi jih lahko uporabniki sistema najeli, namesto da presedejo na avtobus. S tem pa bi jim ponudili še nekaj ugodnosti, kot so brezplačno parkiranje, poceni vožnjo, kjer ni potrebno plačati energenta itd., ob primerni cenovni politiki izposoje. Sistem izposoje vozil bi bil narejen po vzgledu dobrih primerov iz tujine kot so Autolib' ali Car2go.

Šlo bi za izposajo vozil na kratek rok, kjer ni nujno, da uporabnik vrne vozilo na lokacijo, kjer si je vozilo izposodil. To bi lahko potekalo preko različnih avtomatiziranih sistemov ali preko videokonference z upravnikom izposojevalnice. Edina obveznost voznika bi bila priklop vozila v polnilno omrežje po uporabi.

Če v preračun vzamemo 5 vozil, ki bi jih polnili s fotovoltaično elektrarno vidimo, da ima vsak avto baterijo zmogljivosti 16 kWh. Po formuli $P = W/t$ izračunamo porabo na uro za posamezno vozilo. Dobimo, da vsako vozilo porabi 2,66 kWh električne energije med polnjenjem, če se vozilo polni 6 ur. Predpostavljamo, da se hkrati polnijo vsa vozila. Torej odjemajo iz električnega omrežja 13,3 kWh električne energije.

Če to prištejemo skupni porabi električne energije iz prejšnjih poglavij, $38,8 \text{ kW} + 13,3 \text{ kW}$, dobimo skupno porabo 52,1 kW, ki bi jo sistem porabil v eni uri. V tem primeru, bi Park&Ride sistem porabil 1250 kWh energije, kar bi po veljavni tržni ceni stroškovno pomenilo 89,675 €. Mesečno bi znašala potrošnja energije 37.500 kWh električne energije oziroma 2.690,25 €. Na letni ravni bi potrošnja energije znašala 450.000 kWh, finančno pa bi strošek znašal 32.283,00 €, če bi energijo kupovali iz omrežja po trenutnih tržnih cenah.

To še vedno pomeni, da smo na letni ravni sposobni proizvesti več energije kot je porabimo. Predvidevamo, da bodo cene električne energije ostale nespremenjene. Potem je razlika v tem primeru 12.217,00 € letno. Če upoštevamo, da se fotovoltaična elektrarna izplača v 20 letih, bi ta razlika znašala 244.340,00 €. Cel sistem bi letno porabil 32.161,50 €, če bi elektriko kupovali iz omrežja. V 20. letih to znaša 643.200,00 €. Če temu prištejemo še višek, ki ga letno pridelamo je izračun 887.570,00 €. To pomeni, da bi v primeru, ko bi energijo trošili po zgoraj opisanem primeru, v 20. letih zaslužili 111.900,00 €. Izračun jasno dokazuje, da bi se naložba ob preišljeni izrabi pridelane energije izplačala.

ZAKLJUČEK

V nalogi smo prikazali eno izmed možnosti povezave javnega prevoza ljudi, ki ga lahko učinkovito povežemo z lastno fotonapetostno elektrarno. S poglobljeno analizo smo prišli do zeleni ciljev in ugotovitev. Dolgoročno bi imel tak sistem blagodejni vpliv tako na okolje kot na stroškovno politiko mestne občine. Prav tako bi potencialno ustvarili nova delovna mesta s tem, ko bi celostno povezali izgradnjo sistema z dobavo električnih avtobusov, ki se delno proizvajajo v Mariboru. Dodatno bi Park&Ride sistem razbremenil mestno središče. Kar bi nudilo dodatno ugodje za uporabnike sistema, ki bi uporabljali električna vozila, saj bi z nekaterimi dodatnimi ukrepi bilo na voljo dovolj parkirnih prostorov. S tem, ko bi koristili električno energijo lastne elektrarne, bi se izognili odvisnosti komercialnih gibanj cen električne energije. Prav tako smo ugotovili, da bi lahko drastično znižali stroške obratovanja mestnih avtobusnih linij, saj bi lahko pridobljeno energijo uporabljali za napajanje električnih avtobusov. Ti namreč povzročajo veliko manj obratovalnih stroškov kot klasični. Kar bi spet pomenilo dodatno opcijo za povečanje prihodkov v proračun.

Prva hipoteza: »Fotovoltaika ima ogromen potencial tudi v Park&Ride sistemih, katerim večja rentabilnost«, se je delno potrdila. Dokazali smo, da bi z izgradnjo velike fotovoltaične elektrarne, na katero bo priključili večje lastne porabnike, imela več pozitivnih stroškovnih učinkov, kljub visoki začetni naložbi. Delno smo hipotezo potrdili zato, ker če bi želeli pridelano električno energijo le prodajati, bi naložba bila zgrešena. To smo dokazali z izračunom, kateri kaže, da je potreben ogromen finančni vložek, ki potrebuje preveč časa, da se povrne. Trdimo lahko, da je potenciranje odvisno od zelenih učinkov, ki jih želimo doseči. V primeru, ko bi želeli napajati le Park&Ride sistem, bi bila dovolj tudi manjša fotonapetostna elektrarna, ki bi zahtevala nižje naložbe. Posledično bi bilo manj pridelka električne energije in več neizkoriščenega prostora.

Druga hipoteza: »Park&Ride v kombinaciji z fotovoltaiko bo zanimiv za uporabnike, če bo implementiran s pravilnim strateškim načrtom ter spodbujanjem«, je potrjena.

Ugotovili smo, da je izrednega pomena pravi strateški načrt s katerim določamo cenovno politiko, privabimo uporabnike itd.

Ravno cenovna politika pa vpliva na uporabnike in jih prepriča, da se jim sistem splača uporabljati. S tem ko parkirišče kombiniramo z različnimi učinkovitimi tablamami, rampami, električnimi avtobusi in ne nazadnje tudi avtomobili, bo blagodejno vplivalo na potrošnike, saj bo celota predstavljala nekaj novega ter tehnološko naprednega. Posledično pa privabljala uporabnike k uporabi. Zagotoviti pa jim je treba učinkovito in »lahkotno« uporabo. Inovativne rešitve bodo imele pozitivne učinke za lastnike, saj jim bodo ti pripomogli k večjim prihodkom. Kljub velikim začetnim naložbam, se lahko sistem kot celota izplača relativno hitro ter postane dodaten vir prihodka.

Tretja hipoteza: »Izgradnja velike fotonapetostne elektrarne v Park&Ride, se bo izplačala, če bomo pridelano energijo učinkovito izkoriščali« se je izkazala za pravilno, saj bi bila izgradnja smotrna takrat, ko bi na liniji vozili električni avtobusi in avtomobili. Še dodatno bi večali rentabilnost izgradnje takrat, bo bi s takšno elektrarno polnili tudi ostale avtobuse, ki bi vozili na drugih linijah.

Dokazali smo tudi, da bi z uporabo različnih inovativnih informacijskih tabel, led žarnic, ramp itd. dosegli minimizirano porabo energije, katere presežek lahko uspešno preusmerimo v druge namene. Trdimo lahko, da če bi učinkovito izkoriščali pridelano energijo, bi se sistem relativno hitro izplačal ter kasneje prinašal dobičke. Če bi energijo namenili le za distribucijo v javno omrežje, smo dokazali, da se naložba ne bi izplačala. Odkupna cena kW električne energije pridobljene iz velike fotovoltaične elektrarne je namreč prenizka.

Ocena in vrednotenje uspešnosti rešitve problema

Želeli smo preučiti ali se splača z veliko naložbo narediti sistem, ki bi lahko bil po drugi strani donosen. Sam namen preučevanja problematike Park&Ride sistemov pa temelji na želji po zmanjšanju gostote prometa v mestnih središčih. Osnovni namen naloge je torej ugotoviti ali lahko ima implementacija velike fotonapetostne elektrarne v Park&Ride sistem pozitivne stroškovne učinke na sam sistem kot tudi za vlagatelje. Nekatera dognanja slonijo na realnem projektu »Park&Ride Tezno«, ki smo ga izvedli v okviru raziskovalne naloge na Fakulteti za logistiko.

Na podlagi predhodno ugotovljenega ter dognanega v nalogi ocenjujemo, da kljub visoki začetni naložbi, ideja je celostno primerna, ko bo naložba v fotonapetostno elektrarno sledilo tudi vlaganje v okolju prijazna vozila za mestni prevoz. Ideja pa ne bi bila primerna, ko bi se odločili, da želimo pridelano električno energijo le prodajati. Takrat bi bila doba povrnite naložbe neprimerno dolga in lahko rečemo neprofitabilna. Menimo tudi, da bi bilo smiselno razmisliti o preprostem Park&Ride sistemu, vendar smo prepričani, da ne bo dosegel tako blagodejnih vplivov, kot bi jih dosegli z naložbo preučeno v tej nalogi.

Projekt »Park&Ride Tezno« je bil delan v okvirjih zahtev s strani mestne občine Maribor, medtem ko ta naloga temelji le na lastnih idejah ter dognanjih. Dejansko vrednotenje uspešnosti zato ne moramo natančno napovedati, saj gre le za teoretično raziskovanje. Pravilno vrednotenje uspešnosti bi lahko izvedli le, če bi prišlo do dejanske izvedbe Park&Ride sistema v tem obsegu. Tako bi lahko v zastavljenih okvirjih ugotavljali ali dejansko proizvajamo želeno količino energije, ali so električni avtobusi znotraj predstavljenih stroškovnih meja, kakšni so prihodki, prihranki itd.

Pogoji za uvedbo sistema

Menim, da se pogoji za uvedbo delijo na dva dela. Prvi je študija, ki bo potrdila, da je preprost Park&Ride sistem smiselno uvesti. To smo naredili z nalogo Park&Ride Tezno, kot je to naredila Tina Cvahte v nalogi *NAČRTOVANJE IMPLEMENTACIJE PARK&RIDE SISTEMOV S PRIMEROM MESTA MARIBOR*. Obe nalogi sta potrdili, da se naložba v tak sistem splača s pravim strateškim planom ter pravilno izvedbo.

Ter drugi, ki dokazuje, da je fotonapetostno elektrarno smiselno zgraditi. Ker točnih stroškovnih okvirjev ne poznamo, lahko rečemo, da smo dokazali smiselnost izvedbe velike fotonapetostne elektrarne v kombinaciji z učinkovito rabo proizvedene električne energije.

Nadalje menimo, da je tretji pogoj za uvedbo sistema v tem obsegu, ki je opisan v nalogi, potrebno veliko finančnih sredstev. Pridobivanje finančnih sredstev v tem obsegu in v trenutnih gospodarskih razmerah pa se lahko izkaže kot velika ovira.

Naložbo bi lahko omilili z različnimi strateškimi partnerstvi. Ob tem pa moramo upoštevati še dejstvo, da smo v nalogi preračunavali le potrebna sredstva za izgradnjo fotonapetostne elektrarne, ne pa tudi sredstva potrebna za izgradnjo osnovnega Park&Ride sistema. Dodatno k temu je treba tudi upoštevati še ostale stroške, kot so stroški za nakup zemljišča, komunalne ureditve, dovoljenj itd.

Možnosti nadaljnjega razvoj

Menim, da bo uspešnost sistema predvsem odvisna od želje in uspešnosti implementacije v obstoječ prometni sistem. Z načrtovanjem takšnega parkirišča je treba uvesti še dodatne restriktivne ukrepe, ki bodo zajeli mestno jedro. Nekateri ukrepi se v tej smeri v mestni občini Maribor že izvajajo, vendar je treba upoštevati tudi negativne posledice, ki jih lahko ima takšno ukrepanje. Takšna negativna ukrepanja se že kažejo v počasni umrljivosti mestnega jedra, ki se je začela kazati s prvimi ukrepi v tej smeri. Menimo tudi, da ne bi smeli uvajati le restriktivnih ukrepov. Treba bi bilo izvesti tudi ukrepe za oživitev mestnega jedra. Med drugim menimo, da bi bilo treba premisliti ter dodatno optimizirati ostale avtobusne linije, ki trenutno vozijo preredko oziroma potniki čakajo na prevoz predolgo.

Če se ozremo okoli sebe opazimo, da se vse več mest odloča za t.i. zelene rešitve. Med te spadajo tudi uvajanje »zelenih« avtobusov ter pridobivanje energije iz obnovljivih virov. Pa ne le mesta, ampak tudi veliko posameznikov že proizvajajo električno energijo na domači strehi. Kljub visoki začetni naložbi, kasneje te prinašajo več blagodejnih učinkov. Če bi sčasoma ter postopoma razširili uporabo električnih avtobusov, bi bili najočitnejši blagodejni vplivi: finančni, ki bi pomagali mestni občini zmanjšati stroške avtobusne linije, kakor tudi ostalih linij; okoljski, ker med uporabo električnih avtobusov ni izpustov (če odmislimo proizvodnjo avtobusov).

Gospodarski, ki bi se odražali skozi premišljeno izbiro izvajalcev del, ki proizvajajo in postavljajo objekte, fotovolotaične elektrarne, proizvodnja električnih avtobusov itd. v Sloveniji. Kar pomeni, da bi tudi globalno gledano pozitivno vplivalo na državni proračun, zaposlovanje ter splošno javno zadovoljstvo, kar bi predvidevamo, sprožilo dodatno javno odobravanje projekta.

Če bi uporabnikom ponudili pravo cenovno politiko, različne inovativne rešitve ter napredne avtobuse, bi ljudi privabili in čez čas odvadili uporabljati lastna prevozna sredstva za vožnjo po mestnem središču. Posledično bi dosegli večjo izkoriščenost javnih prevoznih sredstev in pozitivni finančni učinek. Gledano s stališča trajnostnega razvoja ter prometa, bi mestna občina Maribor naredila že prvi korak v to smer z implementacijo Park&Ride parkirišča. S tem pa odprla možnosti različnih nadgradenj sistema, med katere spada tudi fotonapetostna elektrarna.

LITERATURA IN VIRI

- Andrejašič, M. (2007). *Fotocelice – izbrana poglavja iz uporabne fizike*. Ljubljana: Univerza v Ljubljani, Fakulteta za matematiko in fiziko.
- ARSO (2004). *Trajanje sončnega obsevanja*. Ljubljana: Agencija Republike Slovenije za okolje. Najdeno aprila 2012 na spletnem naslovu www.arso.gov.si/vreme/poro%C4%8Dila%20in%20publikacije/Zgibanka-trajanje_soncnega_obsevanja.pdf
- Barriers and gates* [NICE Spa.]. Najdeno aprila 2013 na spletnem naslovu ss1.spletnik.si/4_4/000/000/2af/b17/nice_folder_barrier_en.pdf
- Bohanec M. & Rajkovič V., (b.d.). *Večparametrski odločitveni model*. Najdeno marca 2013 na spletnem naslovu <http://kt.ijs.si/MarkoBohanec/org95/index.html>
- Buemi, D. (2011). *Understanding Photovoltaic Cell and Module level efficiency*. Najdeno maja 2012 na spletnem naslovu davebuemi.com/2011/11/02/understanding-photovoltaic-cell-and-module-level-efficiency/
- Buth-Parveresh, D., (2013). *Soudi Arabia: The Largest PV module covered Parking lot in the world*. Najdeno septembra 2013 na spletnem naslovu en.sma-sunny.com/2013/09/06/saudi-arabia-the-largest-pv-module-covered-parking-lot-in-the-world/
- Cables and connectors* [Sunerg Solar]. Najdeno januarja 2013 na spletnem naslovu www.solart.si/Portals/0/Templates/fotovoltaika/Dodatna_oprema_in_ostalo/KABLI%20IN%20KONEKTORJI/KABLI%20IN%20KONEKTORJI.pdf
- Cena elektrike in primerjava [Petrol energija]*. Najdeno decembra 2012 na spletnem naslovu www.petrol.si/za-dom/energija/elektricna-energija/cenik-elektrike-primerjava
- Cenik za parkirišča (parkirnina)- cenik [LPT]*. Najdeno Februarja 2013 na spletnem naslovu www.lpt.si/uploads/cms/file/CENIK%202013%20-%20PARKIRISCA%20SLO.pdf
- Citea– Strojna oprema* [Elbi d.o.o.]. Najdeno aprila 2013 na spletnem naslovu www.elbi.si/PDF/hectronic-citea.pdf
- Citroen C-zero- Tehnični podatki in oprema* [Citroen Slovenija], (2011). Najdeno Aprila 2013 na spletnem naslovu

www.citroen.si/Resources/Content/SI/z_divers/Tehnicni_podatki/TP_C-ZERO_032011.pdf

- Cvahte, T. (2012). *Načrtovanje implementacije Park&Ride sistemov s primerom mesta Maribor*. Najdeno junija 2013 na spletnem naslovu <http://dkum.uni-mb.si/IzpisGradiva.php?id=38153>
- Delovanje sončne celice [GEK]*. Najdeno maja 2012 na spletnem naslovu www.gek.si/?t=300400023
- Digital Signage [Samsung]*. Najdeno aprila 2013 na spletnem naslovu www.samsung.com/us/business/displays/digital-signage/
- Dragovan, L. (2011). *Načrtovanje fotovoltaičnih sončnih elektrarn*. Najdeno maja 2012 na spletnem naslovu <http://dkum.uni-mb.si/IzpisGradiva.php?id=20422>
- Energy Manager Staff (2012, 8. november). Renault flips switch on auto industry's largest PV system. *Energy Manager today*. Najdeno maja 2013 na spletnem naslovu <http://www.energymanagertoday.com/renault-flips-switch-on-auto-industrys-largest-pv-system-086931/>
- Fotonapetostni razsmerniki– Priročnik za vgradnjo in uporabo [fingalsolar]*. Najdeno maja 2012 na spletnem naslovu www.fingalsolar.com/slo/images/stories/prospekti_pdf/prirocnik_slo.pdf
- Fotovoltaika – Proizvodnja električnega toka [Prosigma d.o.o.]*. Najdeno aprila 2012 na spletnem naslovu www.solarna-tehnologija.si/fotovoltaika
- IR nadzorna kamera TC 700, [TTC]*. Najdeno aprila 2013 na spletnem naslovu www.techtradecenter.si/157_Video-Nadzor/210_Nadzorne-kamere-bnc-/i_3236_ir-nadzorna-kamera-tcam-700tv1-2-8-12mm-60m-temno-siva
- Jereb, B., Knez, M. & Orthaber, S. (2010). *Izzivi pri uporabi fotovoltaične energije in transport*. Najdeno aprila 2012 na spletnem naslovu www.zelenaslovenija.si/revija-eol-/aktualna-stevilka/logistika/694-izzivi-pri-uporabi-fotovoltaicne-energije-in-transport-eol-54
- Kačič, M., (2000). *Sončna energija*. Najdeno marca 2012 na spletni strani kid.kibla.org/~gverila/vegansvet/predal/soncna_energija.htm
- Kelz, L., (b.d.). *Klagenfurt am Worthersee- Verke rund Parken*. Najdeno marca 2013 na spletni strani www.klagenfurt.at/klagenfurt-am-woerthersee/parken-1705.asp
- Križaj, M., (2012). *Reference*. Lesce: Swarco Lea. Najdeno aprila 2013 na spletnem naslovu www.lea.si/files/leanew2/File/Parkirisca%20Reference-08_feb09.pdf

- Led display Q-10RC* [Q-Colour], (2013). Najdeno aprila 2013 na spletnem naslovu <http://www.q-color.com/sports-scoreboard-led-display/p10mm-led-display-q-of10rc.html>
- Lenardič, D., (2012). *Fotonapetostni sistemi: priročnik, gradniki, načrtovanje, namestitve in vzdrževanje*. Ljubljana : Agencija Poti.
- Ljubljana (b.d.). V *Wikipediji*. Najdeno januarja 2013 na spletnem naslovu sl.wikipedia.org/wiki/Ljubljana
- Maribor (b.d.) . V *Google Maps*. Najdeno maja 2012 na spletnem naslovu maps.google.si/
- Parken in Graz* [Predstavitev mesta Graz]. Najdeno marca 2013 na spletnem naslovu www.graztourismus.at/cms/beitrag/10015505/2868014
- Najpogostejša vprašanja z odgovori* [Elektro Maribor]. Najdeno aprila 2013 na spletnem naslovu <http://www.elektro-maribor.si/index.php/obnovljivi-viri/61-najpogostejsa-vprasanja-z-odgovori>
- Park-and-Ride/ Fringe parking* [EPA], (1991). Najdeno februarja 2013 na spletnem naslovu www.epa.gov/otaq/stateresources/policy/transp/tcms/park-fringepark.pdf
- Park&Ride, State of the art in Europe* [RACC]. Najdeno februarja 2013 na spletnem naslovu imagenes.racc.es/pub/ficheros/adjuntos/adjuntos_eurotest__parkride_in_europe_jzq_97f05e27.pdf
- Perry street parking structure* [Siemens Inc.]. Najdeno maja 2013 na spletnem naslovu <http://www.parking.vt.edu/documents/parkingGarage/perry/PerryStreetParkingStructureSolarPhotovoltaicArrayFactsFigures.pdf>
- Photovoltaic Geographical information system* [JRC], (b.d.). Najdeno maja 2012 na spletnem naslovu re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/apps4/pvest.php
- Premium serija BiSol* [BiSol], (2013). Najdeno februarja 2013 na spletnem naslovu www.bisol.com/images/Datasheets/SL/BISOL%20Produktna%20specifikacija%20BMU.pdf
- Razsmerniki- Vrste, učinkovitost in ponudniki* [Soncneelektrarne.com], (b.d.). Najdeno aprila 2013 na spletnem naslovu <http://www.soncneelektrarne.com/razsmerniki-vrste-ucinkovitost-in-ponudniki/>

- Rosi, B., Jereb, B., Cvahte, T., Smolinger, A., Ožir, Š., Friščič, M., Šlibar, J., Malajner, J. & Gavrilović, M. (2012). *Projektna naloga Park&Ride Maribor Tezno*. Celje: Laboratorij za promet in logistiko sistemov, Fakulteta za logistiko UM
- Solar module Aleo 240-260 [Aleo Solar]*. Najdeno marca 2013 na spletnem naslovu www.aleo-solar.de/fileadmin/datenblaetter_laminate/L_18/L_18%20240-260W%20EN-EN-DE.pdf
- Solar photovoltaic car parks [Coruscant SA]*, (2012). Najdeno Maja 2013 na spletnem naslovu <http://www.coruscantgroup.com/wp/wp-content/uploads/Coruscant.-English-brochure.pdf>
- Sta, (2010, 30. Junij). V Mariboru postavljena največja strešna elektrarna v Sloveniji. *Dnevnik*. Najdeno aprila 2013, na spletnem naslovu <http://www.dnevnik.si/magazin/znanost-in-tehnologija/1042370579>
- SURS (2011). *Letna energetska statistika, Slovenija, 2011 - začasni podatki*. Ljubljana, Statistični urad Republike Slovenije. Najdeno aprila 2012 na spletnem naslovu www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=4695
- Tihec, S. (2012). *Črna celica vpije 99,7% svetlobe. Varčujmo z energijo*. Najdeno maja 2012 na spletnem naslovu varcevanje-energije.si/fotovoltaične-elektarne/crna-celica-vpije-997-svetlobe.html
- Tihec, S. (2009). *Test fotovoltaičnih modulov*. Varčujmo z energijo. Najdeno maja 2012 na spletnem naslovu varcevanje-energije.si/fotovoltaične-elektarne/test-fotovoltaičnih-modulov-in-opreme.html
- Verdenik, A. (2011). *Nadzor in vodenje fotovoltaičnih elektrarn*. Najdeno januarja 2013 na spletnem naslovu http://www.aig.si/11/images/stories/clanki/Avto_Energetiki/AE3_Anton_Verdenik.pdf
- Vienna in figures 2013*, (b.d.). Najdeno marca 2013 na spletni strani www.wien.gv.at/statistik/pdf/viennainfigures.pdf
- Vrste solarnih celija [FrankenSolar]*. Najdeno maja 2012 na spletnem naslovu www.frankensolar.hr/Fotonapon.html
- Quasching, V. (2004). *Photovoltaic systems (PV strings)*. Najdeno decembra 2012 na spletnem naslovu www.volker-quaschnig.de/articles/fundamentals3/index.php
- Yingli solar [KO-operating d.o.o.]*. Najdeno Marca 2013 na spletnem naslovu <http://www.energijasonca.si/index.php?page=yingli-solar>

Zunanja razsvetljava, varčna in varna [Siteco sistemi d.o.o.]. Najdeno maja 2013 na spletnem naslovu

www.siteco.si/fileadmin/downloads/SI/publications/Products/Uredba/

Zunanja_razsvetljava_u_cinkovita_in_varna.pdf

