

OSNOVNA ŠOLA ŠALEK
ŠALEK 87, 3320 Velenje
MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA
POSTAVITEV SONČNE ELEKTRARNE NA STREHI OŠ ŠALEK
Tematsko področje: ENERGETIKA

Avtorja:

Žan Ževart, 9. razred

Tjaž Silovšek, 9. razred

Mentorja:

Igor Košak, prof. pthv in fiz.

Nataša Uranjek Ževart, univ. dipl. inž. kem. inž.

Velenje, 2013

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Osnovni šoli Šalek.

Mentorja: Igor Košak, prof. pthv. in fiz.

Nataša Uranjek Ževart, univ. dipl. inž. kem. inž.

Datum predstavitve:

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD OŠ Šalek, šolsko leto 2012/2013

KG obnovljivi viri energije/sončna energija/sončne celice/sončne elektrarne/zelena električna energija

AV ŽEVART, Žan / SILOVŠEK, Tjaž

SA KOŠAK, Igor / URANJEK ŽEVART, Nataša

KZ 3320 Velenje, SLO, Vodnikova 3

ZA OŠ Šalek Velenje

LI 2013

IN POSTAVITEV SONČNE ELEKTRARNE NA STREHO OŠ ŠALEK

TD Raziskovalna naloga

OP VII, 43 str., 6 tabel, 23 slik, 1 pril., 11 vir.

IJ SL

JI sl

AI Sva Žan Ževart in Tjaž Silovšek, učenca 9. razreda OŠ Šalek. Ker se zavedava okoljskih problemov, sva razmišljala, kako bi lahko tudi na OŠ Šalek doprinesli k zmanjšanju emisij ogljikovega dioksida v okolje. Odločila sva se, da proučiva načine pridobivanja zelene električne energije in proučiva možnost postavitve okolju prijazne elektrarne. Od vseh vrst elektrarn, ki proizvajajo tako imenovano zeleno energijo, se nama je zdela najbolj primerna sončna elektrarna, ki bi jo postavili na strehi naše šole. Zanimalo naju je, ali je streha naše šole sploh primerna za ta projekt in prišla sva do odkritja, da sta južni del strehe šole in južni del strehe telovadnice za ta namen primerna. Pridobila sva podatke o velikosti strehe in njenem naklonu in glede na tip izbranih modulov izračunala potencialno moč ter okvirno ceno postavitve sončne elektrarne. S pomočjo računalniške simulacije sva preverila učinek lokacije in naklona sončnih celic na proizvodnjo električne energije. Predvsem pa naju je zanimalo, ali bi se in v kakšnem času bi se investicija v izgradnjo sončne elektrarne povrnila. Preverila sva tudi višine podpor električni energiji proizvedeni iz obnovljivih virov energije za sončne elektrarne v različnih letih. Ugotovila sva, da bi lahko z izgradnjo sončne elektrarne v preteklosti, s pomočjo državne podpore za proizvodjanje električne energije iz obnovljivih virov, ustvarjali dobiček, ki bi bil za našo šolo izredno koristen.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
2	PREGLED STANJA TEHNIKE.....	1
2.1	OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE.....	1
2.1.1	Vrste obnovljivih virov energije	2
2.1.2	Vrste elektrarn na obnovljive vire energije.....	3
2.1.3	Pomanjkljivosti obnovljivih virov energije	7
2.2	SONČNI KOLEKTORJI, SONČNE CELICE IN SONČNE ELEKTRARNE.....	8
2.2.1	Sončni kolektorji	8
2.2.2	Sončne celice in fotovoltaika.....	9
2.2.3	Sončne fotonapetostne elektrarne.....	13
2.3	OPTIMALNI POGOJI ZA POSTAVITEV SONČNE ELEKTRARNE.....	21
2.3.1	Sončno obsevanje v Sloveniji.....	21
3	MATERIALI IN METODE DELA	23
4	REZULTATI	23
4.1	TEHNIČNI IZRAČUNI	23
5	DISKUSIJA	31
6	ZAKLJUČEK	32
7	POVZETEK	33
8	ZAHVALA	33
9	PRILOGE	34
10	VIRI IN LITERATURA	35

KAZALO SLIK

Slika 1: Hidroelektrarna.....	4
Slika 2: Vetna elektrarna na morju	5
Slika 3: Bioplinarna Lendava	5
Slika 4: Sončna elektrarna z uporabo koncentriranja sončne energije	6
Slika 5: Fotovoltaična elektrarna Nellis Solar Power Plant, moči 14 MW (70.000 solarnih panelov) v puščavi Nevada, ZDA.....	7
Slika 6: Dve vrsti sončnih kolektorjev – ravni in vakumski kolektor	8
Slika 7: Sončna celica.....	10
Slika 8: Delovanje sončne celice	11
Slika 9: Deli sončne elektrarne	14
Slika 10: Fotonapetostni moduli nameščeni na ravni strehi	16
Slika 11: Konstrukcija za pritrditev sončnih modulov na streho.....	16
Slika 12: Možnosti delovanja sončnih slednikov	17
Slika 13: Sončna elektrarna s sončnimi sledniki	17
Slika 14: Razsmerniki za sončno elektrarno	18
Slika 15: Sestavni deli sončne elektrarne (razsmernik, regulator)	19
Slika 16: Samostojne (otočne) sončne elektrarne.....	20
Slika 17: Globalno letno obsevanje na horizontalno površino v Sloveniji	21
Slika 19: Površina strehe, ki je uporabna za postavitev sončne elektrarne	24
Slika 20: Primer vpisa podatkov v računalniško aplikacijo Calcul du gisement solaire.....	25
Slika 21: Primer izpisa podatkov v računalniški aplikaciji Calcul du gisement solaire.....	26
Slika 22: Predstavitev lokacije Velejapark in OŠ Šalek	27
Slika 23: Predstavljena sta grafa, na katerih je vidna pot sonca pozimi (modra črta) in poleti (rdeča črta) ter horizont (siva barva)	27

KAZALO TABEL

Tabela 1: Tabela s prikazom odkupne cene elektrike, pridobljene s sončnimi elektrarnami glede na vršno moč (8)	22
Tabela 2: Moč sončne elektrarne glede na tip sončnih celic in razpoložljivo površino	25
Tabela 3: vpliv lokacije na letno predvideno proizvedeno električno energijo	25
Tabela 4: Prikaz odvisnosti letne proizvodnje električne energije od naklona modulov na sončni elektrarni za module s polikristalnimi celicami	28
Tabela 5: Višina podpor za zagotovljeni odkup električne energije (8)	29
Tabela 6: Prikaz stroškov (anuitete, vzdrževanje ...) in vračilo investicije ob predpostavki, da bi bila vrednost investicije od leta 2009 do sedaj ista.	30

SEZNAM OKRAJŠAV

Obnovljivi viri energije	OVE
Sončna elektrarna	SE
Neto uporabna površina strehe	Au
Jug	J
Združene države Amerike	ZDA
Baker-indijev diselenid	CIS
Proizvedena električna energija letna	E_p
Moč sončne elektrarne	P
Letno sončno obsevanje	H
Prihodek od prodane električne energije	D
Odkupna cena	OC

1 UVOD

Obnovljivi viri energije, med katere spada tudi sončna energija, so vse bolj v ospredju. V preteklosti se je sončna energija izkoriščala predvsem za ogrevanje sanitarne vode in kot dodatno ogrevanje, od pojava sončnih celic pa tudi za proizvodnjo električne energije. Skokovit razvoj na področju izdelave in izkoristka solarnih modulov je povzročil pojav sončne elektrarne. Prve komercialne sončne elektrarne so se v Sloveniji pojavile leta 2001. Glede na zahteve Evrope po povečanju proizvodnje zelene energije, sva se odločila, da raziščeva možnost upravičenosti postavitve sončne elektrarne na OŠ Šalek.

Ob zasnovi najine raziskovalne naloge sva postavila naslednje hipoteze:

1. Geografska lega šole je primerna za postavitve sončne elektrarne.
2. Streha brez predelave ne bo primerna za postavitve sončne elektrarne.
3. Naklon korektorjev bo vplival na proizvodnjo električne energije.
4. Proizvodnja električne energije iz sončne elektrarne bo pokrila potrebe šole po električni energiji in ustvarjala dobiček.
5. Investicija se bo v življenjski dobi celic povrnila.

2 PREGLED STANJA TEHNIKE

2.1 OBNOVLJIVI VIRI ENERGIJE

Obnovljivi viri energije (OVE) vključujejo vse vire energije, ki jih zajemamo iz stalnih naravnih procesov, kot so sončno sevanje, veter, vodni tok v rekah ali potokih (hidroenergija), fotosinteza, s katero rastline gradijo biomaso, bibavica in zemeljski toplotni tokovi (geotermalna energija). Večina obnovljivih virov, razen geotermalne in energije bibavice, izvira iz sprotnega sončnega sevanja. Ena od oblik obnovljivih virov je shranjena sončna energija. Dež, vodni tokovi ter veter so posledica kratkotrajnega shranjevanja sončne toplote v atmosferi. Biomasa se nabira v teku obdobja rasti v enem letu, kot na primer slama; ali več let, v lesni biomasii. Zajemanje obnovljivih virov energije ne izčrpa vira. Nasprotno pa z uporabo fosilnih goriv v kratkem času izčrpamo energijo, ki se je shranjevala tisoče ali milijone let. Zato se fosilna goriva (premog, nafta, zemeljski

plin, šota ipd.) ne štejejo med obnovljive vire, čeprav se v zelo dolgem času lahko obnovijo.

2.1.1 Vrste obnovljivih virov energije

Biomasa

Rastline s pomočjo fotosinteze zajemajo sončno energijo. Imamo dva postopka za proizvodnjo biomase, in sicer gojenje rastlin, predvsem za uporabo energije, in uporaba ostankov rastlin, ki se uporabljajo za proizvodnjo bioplina. Biogoriva vključujejo širok razpon goriv, ki so pridobljeni iz biomase. To so tekoča goriva, ki vključujejo bioalkohol (bioetanol) in olja (biodizel) ter plinasta goriva, ki vključujejo bioplin, deponijski plin in biovodik.

Geotermalna energija

Geotermalna energija je vir energije, ki nastaja zaradi vroče zemeljske notranjosti. V nekaterih delih sveta, na primer na Islandiji, so količine geotermalne energije, ki doseže površino, občutno večje kot drugod in se jo da neposredno uporabljati za ogrevanje hiš. V drugih državah ogrevajo stanovanja z vročo vodo iz vrtin, ki segajo od 2000 do 3000 m globoko. Največje rezerve geotermalne energije so vsekakor globlje, pri okoli 6000 m globine. Ker so kamnine v tej globini suhe, je težje in dražje izčrpati toploto, ker je potrebno najprej shraniti vodo. Problem izrabe geotermalne energije predstavljajo visoki zagonski stroški. Tudi vzdrževalni stroški zaradi rje niso zanemarljivi (2).

Sončna energija

To je energija, ki prihaja od Sonca v obliki sončnega sevanja. Sončno sevanje je elektromagnetno valovanje, ki nastaja kot posledica jedrskih reakcij in drugih fizikalnih pojavov na Soncu. Sonce seva elektromagnetne valove od najkrajših pa do zelo dolgih valovnih dolžin (kozmično sevanje, gama žarki, rentgenski žarki, ultravijolični žarki, vidna svetloba, infrardeče (toplotno) sevanje, mikrovalovi, radijski valovi, valovi zelo nizkih frekvenc, dolgovalovna sevanja). Največ energije sončnega sevanja prejme Zemlja med 9. uro dopoldan in 16. uro popoldan (5). S pomočjo fotovoltaike in ostalih elementov, ki so vključeni v tehniko izkoriščanja sončne energije, lahko učinkovito uporabimo sončno energijo za hlajenje in ogrevanje prostorov, dnevno svetlobo, kuhanje, toplo vodo (sanitarno vodo) in za visoko temperaturene procese v industriji.

Vetrna energija

Veter je naravno gibanje zraka, ki ga povzroči porušeno razmerje med zračnima pritiskoma nad hladnim in toplim/segretim delom površja. Vetrovi se premikajo v zgornjih plasteh zraka od območja nizkega zračnega pritiska k območju visokega zračnega pritiska, v spodnjih plasteh pa navadno pihajo v nasprotni smeri. Vetrovi nastajajo tudi zaradi različnega ohlajanja med morjem in kopnim (poleti je nizek zračni pritisk nad kopnim, pozimi pa nad morjem). Stalne vetrove za določeno območje lahko zapišemo in opišemo v grafični obliki z rožo vetrov. Vetrno energijo je mogoče bolje izkoriščati na morju, kjer so hitrosti vetra boljše kot pa na kopnem.

Vodna energija

Vodno energijo predstavljajo različni viri energije. To so energija plimovanja, energija tokov, toplotno izkoriščanje, zajezitveno izkoriščanje, energija valovanja. Že zelo majhna količina rečne ali morske vode lahko proizvede ogromno količino energije. Imamo veliko načinov, kako pridobivati energijo iz vode. To so lahko različni tipi hidroelektrarn ali pa pridobivanje energije iz plimovanja, ki jo izkoriščajo plimski podvodni generatorji. Energijo plimovanja je najbolje izkoriščati na območjih s hitrimi tokovi (vhodi v reke, okoli skalnatih konic, okoli rtov ali med otoki).

2.1.2 Vrste elektrarn na obnovljive vire energije

Hidroelektrarna

Hidroelektrarna je elektrarna, ki izrablja moč vodnega padca za pridobivanje električne energije. Razpoložljiva moč je odvisna od vodnega padca in pretoka vode.



Slika 1: Hidroelektrarna (1)

Tako obstajajo hidroelektrarne z majhnim instaliranim pretokom (nekaj 10 m³/s) a velikim padcem (nekaj 100 m), kakor tudi elektrarne z velikim instaliranim pretokom (nekaj 1000 m³/s) a majhnim padcem.

Hidroelektrarne so lahko umeščene neposredno v rečni strugi ali pa v umetnem kanalu, ki dovaja vodo iz rečne struge. V primerih velikih padcev in manjših pretokov je voda do elektrarne pogosto speljana po podzemnem rovu. Voda pritiska na lopatice turbine, ki se vrti in na ta način poganja električni generator, ki proizvaja električno energijo.

Vetrna elektrarna

Vetrna elektrarna je elektroenergetski objekt, s katerim pretvarjamo energijo vetra v električno energijo. Sestavljena je iz manjšega ali večjega števila vetrnih turbin z generatorji, transformatorske postaje in daljnovoda, ki vetrno elektrarno povezuje s prenosnim omrežjem.



Slika 2: Vetrna elektrarna na morju (1)

Za pridobivanje energije potrebujemo močan veter in pa seveda vetrno turbino v razponu med 600 kW in 5 MW nazivne moči. Najpogosteje uporabljene so turbine z nazivno močjo od 1,5-3 MW.

Bioplinarna

Proizvodnja energije iz bioplina kot obnovljivega vira energije je pomemben vir, saj prispeva k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov v ozračje. Bioplin velja za enega najbolj učinkovitih in okolju prijaznih energentov. Pri njegovem izogrevanju nastaja manj toplogrednih plinov, kot ga uporabljajo rastline za rast s fotosintezo, kjer proizvajajo kisik in porabljajo CO₂. Izogrevanje bioplina torej za razliko od fosilnih goriv ne prispeva k povečanju emisij toplogrednih plinov v atmosferi.



Slika 3: Bioplinarna Lendava

Elektrarna na biomaso

Elektrarne na biomaso so kogeneracijske naprave, ki za gorivo uporabljajo lesno biomaso (lesne sekance, palete iz lesne mase ...). Soproizvodnja toplotne in električne energije z biomaso poteka v sistemu kotel na lesno biomaso in parna turbina.

Sončna elektrarna

Sončna elektrarna pretvori energijo svetlobe v električno energijo. Ta pretvorba je lahko neposredna z uporabo fotovoltaike ali pa posredna z uporabo koncentriranja sončne energije. Sistemi za koncentriranje sončne energije uporabljajo leče ali zrcala in sledilne sisteme, da usmerijo sončno svetlobo iz velike površine v en žarek. Fotovoltaični sistemi pa pretvorijo svetlobo v električno energijo z uporabo fotoelektričnega efekta (6)



Slika 4: Sončna elektrarna z uporabo koncentriranja sončne energije (6)



Slika 5: Fotovoltaična elektrarna Nellis Solar Power Plant, moči 14 MW (70.000 solarnih panelov) v puščavi Nevada, ZDA (6)

2.1.3 Pomanjkljivosti obnovljivih virov energije

Obnovljivi viri energije so sicer način za zmanjšanje odvisnosti od fosilnih goriv, vendar pa imajo tudi nekatere slabosti, ki pomembno vplivajo na njihovo ekonomsko upravičenost. Najpogostejše slabosti so:

- sorazmerno nizek izkoristek: nekateri obnovljivi viri energije imajo izkoristek znatno nižji od klasičnih virov energije (npr. sončne celice),
- nezanesljivost: delovanje obnovljivih virov energije, ki so odvisni od naravnih sil (sonce, voda, veter), je odvisno od naravnih pogojev, ki niso konstantni,
- visoka cena: večina obnovljivih virov energije je zaenkrat precej draga, kar zmanjšuje njihovo dostopnost, predvsem državam v razvoju. Marsikje se ta problem začasno rešuje s subvencijami,
- integracija v obstoječe vire energije: obnovljivi viri energije lahko zahtevajo spremembo obstoječe ali celo gradnjo nove infrastrukture.

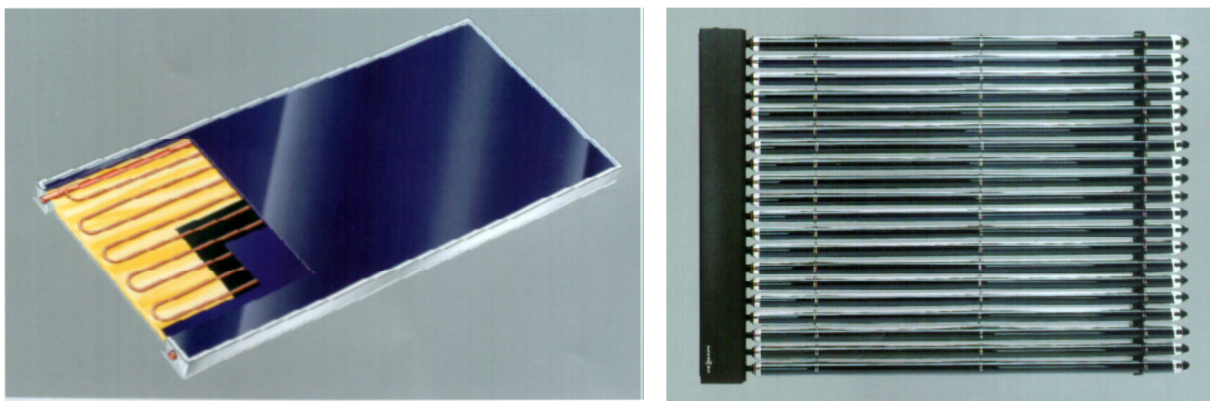
2.2 SONČNI KOLEKTORJI, SONČNE CELICE IN SONČNE ELEKTRARNE

2.2.1 Sončni kolektorji

Sončni kolektorji so sistem namenjen izkoriščanju energije Sonca za ogrevanje stavb in sanitarne vode. Najprej so jih uporabljali na vesoljskih postajah, sedaj pa jih zaradi številnih pozitivnih lastnosti uporablja vedno širši krog uporabnikov. Zaradi visokih cen fosilnih goriv, ki jih potrebujemo za ogrevanje stavb in pripravo tople vode, je vgradnja sončnih kolektorjev zelo ekonomična in investicija se kmalu povrne. Življenjska doba sistema je 20 do 25 let, stroški postavitve pa se povrnejo v 12 do 14 letih. Glede na predvidevanje, da bodo cene energentov vedno višje, bo tudi uporaba kolektorjev postala vse pogostejša. Poleg ekonomskega, so zelo primerni tudi z ekološkega vidika, saj z njihovo uporabo zmanjšamo izpust toplogrednih plinov v atmosfero.

Vrste sončnih kolektorjev

Poznamo več vrst kolektorjev: ravne kolektorje, vakuumske cevne kolektorje, vakuumske cevne kolektorje z direktnim prenosom, vakuumske heat pipe kolektorje. Za heat pipe kolektorje še ne obstaja primeren slovenski izraz, še najbližje temu je izraz superprevodne toplotne cevi. Trenutno imajo najugodnejše razmerje med ceno in učinkovitostjo ravni kolektorji, čeprav so heat pipe kolektorji za do 50 % bolj učinkoviti.



Slika 6: Dve vrsti sončnih kolektorjev – ravni in vakumski kolektor (11)

Nagibni kot sončnih kolektorjev glede na površino Zemlje je pomemben za najvišji možni sprejem energije. Optimalni nagibni kot je odvisen od časa koriščenja kolektorjev, ker se položaj Sonca preko leta spreminja. Za Slovenijo je, glede na čas koriščenja, nagibni kot med

35-45° idealen kompromis med najvišjim položajem sonca poleti (nagibni kot 30°) in najnižjim položajem sonca pozimi (nagibni kot 60°). Glede na to, da kolektorje potrebujemo predvsem pozimi, jih je pametno postaviti tako, da dajo svoj maksimum prav takrat. To pomeni, da jih postavimo pod kot približno 60° glede na zemeljsko površje. Če jih hočemo optimalno izkoristiti jih obrnemo proti jugu, saj jih Sonce tako najdlje obseva. Sončni kolektorji so ekonomičen in okolju prijazen način pridobivanja energije. Uporabljamo jih za ogrevanje prostorov in segrevanje sanitarne vode. Postaviti jih moramo na mesta, ki omogočajo veliko sončnih ur ter jih obrniti proti jugu. Enako delujejo ne glede na letni čas (pozimi lahko od njih dobimo enako količino energije kot poleti). Manj učinkoviti so, kadar je megla. Ena bistvenih slabosti je njihova krhkost – zlahka se uničijo ob udarcu s tršim predmetom (11).

Sončni kolektorji niso sončne celice. Sončne celice spreminjajo svetlobo od Sonca v električno energijo, kolektorji pa izrabljajo infrardeče valovanje za segrevanje tekočine (9).

2.2.2 Sončne celice in fotovoltaika

Fotovoltaika

Fotovoltaika je veda, ki preučuje pretvorbo energije svetlobe v električno energijo, beseda fotovoltaika pa izvira iz grške besede »phos«, ki pomeni svetloba in končnice »volt«, po fiziku Alessandru Volti. Bistvo fotovoltaike je, da fotovoltaični materiali in naprave pretvarjajo svetlobno energijo v električno energijo. Prva znanstvena odkritja fotonapetostnega pojava segajo že v leto 1839. Danes je fotovoltaika ena izmed najhitreje razvijajočih panog v svetovnem gospodarstvu in je v porastu, vse bolj pa se pojavlja tudi v vsakodnevem življenju. Bistvo fotovoltaike je, da za svoje delovanje uporablja energijo Sonca, kar pomeni, da spada med obnovljive vire energije. Sončna energija je energija, ki prihaja od Sonca v obliki sončnega sevanja. S pomočjo fotovoltaike in ostalih elementov, ki spadajo zraven, lahko učinkovito uporabimo sončno energijo za hlajenje in ogrevanje prostorov, kuhanje, toplo vodo (sanitarno vodo) in za visoko temperaturne procese v industriji. Glede na način zajema solarno tehnologijo delimo na pasivno in aktivno solarno energijo, pretvorbe solarne energije in distribucijo solarne energije. Aktivne solarne tehnike delujejo na principu fotovoltaike in kolektorjev za izkoriščanje sončne energije. Pasivne solarne tehnike pa vključujejo usmerjenost stavb in izbiro najugodnejšega materiala.

Sončne celice

Osnovni gradnik fotovoltaičnega sistema je sončna celica. Sončne celice dajejo več energije, če so pravokotno usmerjene proti sončni svetlobi. V primeru dodajanja koncentradorjev svetlobe in leč se lahko poveča izhodna moč. Seveda pa tudi tukaj obstajajo omejitve pri procesu povečevanja izhodne moči. Sončne celice se na ta način bolj grejejo in s tem pada izhodna napetost, posledično pa tudi moč sončnih celic, zato je treba sončne celice hladiti.

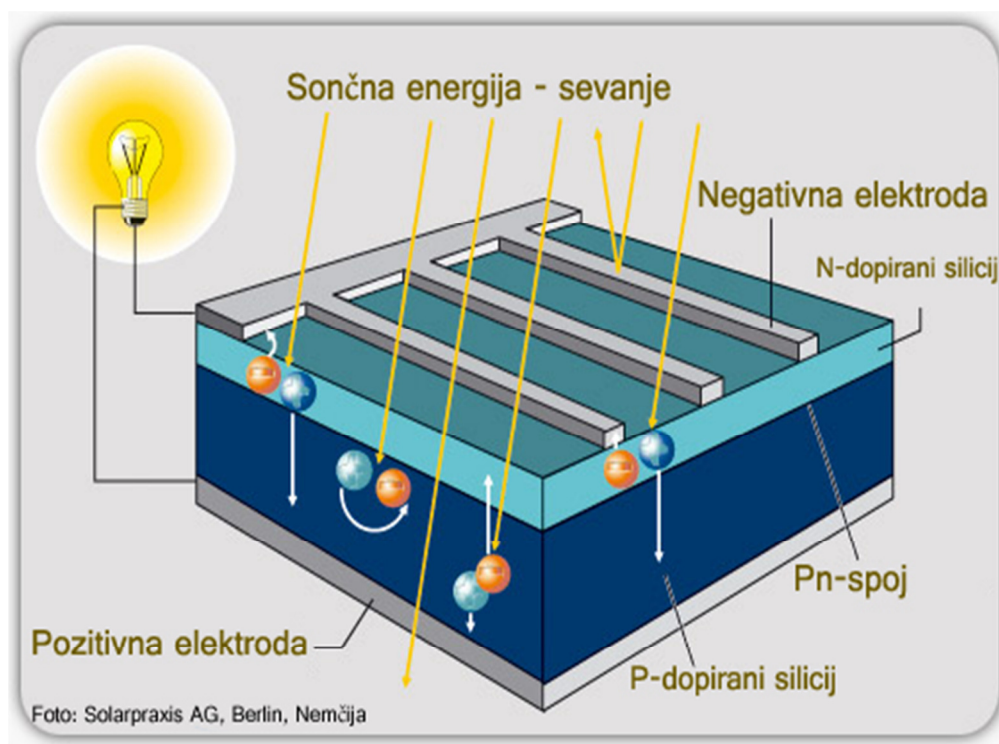


Slika 7: Sončna celica (7)

Sončna celica (tudi fotovoltaična celica) je polprevodniški element za pretvarjanje sončne energije v električno energijo.

Čisti silicij kot material za polprevodniške elemente in tudi za sončne celice nima primernih lastnosti. Če pa mu dodamo elemente, ki imajo na zunanji ovojnici en elektron več oziroma manj kot silicij, pa lahko dosežemo želene lastnosti. Najpogosteje kot primesi dodajamo bor ali fosfor in tako dobimo polprevodnik tipa P ali N. N-tip dobijo tako, da v čisti silicijev kristal dodajo primesi (1:106) 5-valentnih elementov (As, P ali Sb). P-tip pa tako, da v čisti silicijev kristal dodajo primesi 3-valentnih elementov (najpogosteje indija). Če tipa P in N polprevodnika »staknemo«, nastane PN spoj. Na meji med tipoma P in N presežek elektronov iz N-tipa polprevodnika steče v P tip polprevodnika, v obratni smeri pa teče presežek vrzeli. Posledica tega pojava je električno polje in posledično napetost približno 0,6 V, ki zaustavi nadaljnje prehajanje elektronov oziroma vrzeli. Pod vplivom zunanjega vira napetosti, večje

od 0,6 V, lahko tok skozi PN-spoj teče le v eni smeri. PN-spoj je polprevodniška dioda (5). Sončna celica je zgrajena iz več tankih plasti P in N-tipa (dva osnovna tipa polprevodnikov - N in P-tip). Ena od teh plasti, običajno N, je debela okoli 0,5 mm, druga pa le nekaj μm . Ob stiku obeh plasti nastane tako imenovana potencialna bariera. Prevodniški elektroni in vrzeli se namreč gibljejo in ob meji prehajajo tudi na drugo stran. Prej je bila snov nevtralna, zdaj pa je zaradi gibljivih nabojev, ki so odsotni, naelektrena in ozek pas ob meji je na strani P negativen, na strani N pa pozitiven. Med njima je nastalo električno polje. Da lahko fotoni prodrejo do potencialne bariere, kjer izbijajo vezane elektrone, mora biti plast zelo tanka. Tako dobimo vrzel oz. prevodniški elektron. Med obema plastema se pojavi napetost – dobili smo generator napetosti, ki sončno svetlobo neposredno spremeni v elektriko (7).



Slika 8: Delovanje sončne celice (7)

Za sončne elektrarne lahko uporabljamo več različnih tipov sončnih celic.

Monokristalne in polikristalne silicijeve sončne celice

V skupino kristalnih celic prištevamo tako monokristalne kot tudi polikristalne sončne celice.

Monokristalne sončne celice imajo urejeno kristalno strukturo. Silicij ima v vsej celici urejeno kristalno mrežo. Polikristalne sončne celice imajo deloma urejeno kristalno strukturo, kar je vidno tudi s prostim očesom, kristalna mreža je urejena znotraj določenega območja. Monokristalne sončne celice iz katerih so zgrajeni monokristalni moduli, imajo največkrat obliko rezin z debelino nekaj desetink mm, rezanih iz silicijevega ingota (blok kristalnega silicija, ki ga pridobivamo z različnimi proizvodnimi postopki) s premerom 10 do 15 cm. Ker so rezane iz okroglega monokristalnega ingota, imajo praviloma prisekane robove, kar jih tudi poleg urejene strukture površine že na prvi pogled razlikuje od polikristalnih celic. Mono- in polikristalne celice se razlikujejo tudi po barvi, monokristalne so temno sive ali črne, polikristalne modre (5). Polikristalne celice imajo izkoristek nekoliko manjši kot monokristalne celice, proizvodnja polikristalnih celic je nekoliko manj kot 20 % vse proizvodnje.

Polikristalne celice v obliki traku

Polikristalne celice v obliki traku se proizvajajo z vlečenjem dveh vročih ogljikovih ali kremenčevih paličic skozi talino silicija. Med paličicama raste kristal v obliki traku, širok 8 cm. Trak se nato razreže v pravokotne celice s tipičnima merama 8x15 cm. Celice so debele 0,3 mm, izkoristek pa je okrog 12 % (5).

Amorfne sončne celice

Za razliko od kristalnih sončnih celic, ki imajo urejeno kristalno strukturo, so amorfne silicijeve sončne celice zgrajene iz silicija, ki ima neurejeno strukturo. Amorfni silicij pridobivamo v visokofrekvenčnih pečeh v delnem vakuumu, skozi katere se ob prisotnosti električnega polja visokih frekvenc prepihujejo plini SiH_4 (silan) in B_2H_6 (diboran) ali PH_3 (fosfin), s pomočjo katerih se v silicij dodaja bor ali fosfor (5). Amorfne sončne celice imajo slabši izkoristek, ta se giblje od 6 do 8 %. Poleg slabega izkoristka imajo še eno slabost, to je hitrejšo staranje. Že po nekaj mesecih izkoristek začne padati. Ni pa nujno, da so vedno slabše od drugih dveh možnosti, saj so bolj občutljive na svetlobo in delujejo tudi v slabših vremenskih pogojih. Najlažje jih je izdelati, zato je tudi cena ugodna. To sta dve ključni lastnosti, zaradi katerih bodo mogoče v prihodnosti perspektiven material.

Tankoplastne sončne celice

Tankoplastne kristalne celice se manj uporabljajo kot tankoplastne amorfne celice, imajo pa nekaj dobrih lastnosti. Zaradi majhne debeline so lahko nanese na tankih substratih, ki so lahko tudi upogljivi. Celice proizvajajo v obliki trakov, širokih 5 cm in dolgih lahko tudi 30 m.

Sončne celice iz baker-indijevega selenida

Sončne celice CIS (baker-indijevega diselenid) se proizvajajo na steklenem substratu, na katerega se najprej nanese plast molibdena, ki zagotavlja kontakt na zadnji strani, nato pa sledi sočasno napajanje bakra, indija in selena pri temperaturi 500^o C. Kot transparentni kontaktni sloj na prednji strani služi cinkov oksid z dodatkom aluminija. Med vsemi tankoplastnimi celicami imajo celice CIS največji izkoristek (5).

2.2.3 Sončne fotonapetostne elektrarne

V sončni elektrarni se elektromagnetno valovanje Sonca pretvarja v enosmerni električni tok in napetost. Proces pretvorbe je popolnoma neslišen, varen, zanesljiv in okolju prijazen, poteka pa tudi ob difuzni sončni svetlobi.

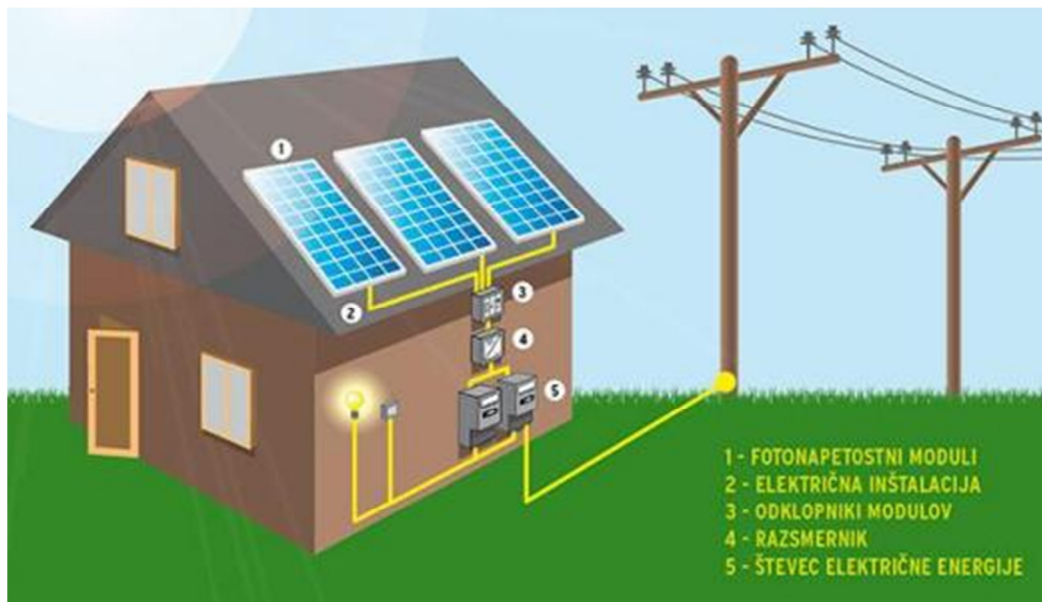
Z vidika ekologije veljajo sončne elektrarne za čiste in okolju prijazne, saj ne povzročajo nobenih emisij toplogrednih in drugih plinov. Kot primer navedimo, da 1 MW velika sončna elektrarna letno proizvede 1,1 GWh električne energije, kar je toliko, kot je letno porabi 320 povprečnih slovenskih gospodinjstev. V primerjavi s proizvodnjo električne energije iz lignita 1 MW velika sončna elektrarna v Sloveniji pomeni prihranek 1.100 ton CO₂ vsako leto njenega delovanja.

Osnovni gradniki sončnih elektrarn

Osnovni elementi sončnih fotonapetostnih elektrarn so sestavljeni iz dveh sklopov. Prvega predstavljajo fotonapetostni moduli, ki so srce vsake sončne elektrarne in imajo vlogo pretvarjanja elektromagnetnega valovanja Sonca v enosmerni električni tok in napetost. Drugi sklop so elektroenergetski elementi, ki služijo uporabi proizvedene električne energije za posamezne namene. Mednje spadajo: razsmerniki, nosilna konstrukcija, priključni kabli, DC in AC spojišča, regulatorji, akumulatorji, stikalne in zaščitne naprave ter ostali inštalacijski material.

Fotonapetostni moduli

Ena izmed najpomembnejših lastnosti fotonapetostnih modulov je njihova dolga življenjska doba, ki zagotavlja dolgoročno donosnost naložbe v sončno elektrarno.



Slika 9: Deli sončne elektrarne (10)

Za pretvorbo sončne energije v električno energijo je zelo pomembno, da vgradne komponente zagotavljajo visoke donose in rentabilno poslovanje elektrarne.

Na konstrukcijo pritrjeni solarni moduli so najdražji del sončne elektrarne, predstavljajo pa tudi osnovni del vgradnih komponent. Cena solarnih modulov predstavlja okoli 70 % celotne cene postavitve sončne elektrarne. Solarni (fotovoltaični moduli) so osnovni in najdražji del sončne elektrarne, saj predstavlja kar okrog 70 % cene postavitve po sistemu na ključ. Trenutno je v svetu preko 250 proizvajalcev modulov, zato je odločitev o izbiri lahko kar težka. Na trgu so tri vrste modulov oziroma celic:

- multikristalni silicijevi moduli, ki se trenutno najbolj razširjeni, saj njihov delež konec leta 2008 med vsemi moduli znašal 54 %,
- monokristalni silicijevi moduli, katerih delež je znašal 37 %,
- tankoplastni moduli (iz amornega silicija, CIS, kadmij-telurjeve ...), katerih delež je znašal 7 %.

Obstajajo še kombinirani moduli, kot so HIT ali EFG tehnologija, kjer gre za kombinacijo monokristalnih in tankoplastnih, njihov delež je znašal 2 %.

Učinkovitost modulov

Najpogosteje omenjena lastnost modulov je njihova učinkovitost. Učinkovitost modula pomeni kakšen delež energije sončne svetlobe, ki doseže modul, je ta sposoben pretvoriti v električno energijo v standardnih testnih pogojih (1000 W/m², 25° C, zračna masa 1,5).

- Povprečna učinkovitost monokristalnih in polikristalnih modulov trenutno znaša med 13 in 14 %. Najbolj učinkovit je trenutno eden izmed monokristalnih modulov, katerega učinkovitost znaša 19,6 %.
- Učinkovitost tankoplastnih modulov pa trenutno še precej zaostaja in znaša od 5 do 10 %. Trenutno znaša najvišja učinkovitost tankoplastnega modula 11,3 %.

Toda čeprav je učinkovitost najpogosteje omenjena lastnost modulov, pa je njen pomen z vidika investitorja zelo majhen. Večja učinkovitost modula pomeni le to, da boste za enako moč sončne elektrarne potrebovali manjšo površino, kar pa ne pomeni nižje cene, saj so cene sončnih modulov odvisne od moči in ne od površine.

Tako pri povprečnih modulih učinkovitosti 13 do 14 % za 1 kW moči potrebujemo od 7 do okoli 7,5 m² modulov. Pri modulih, ki imajo učinkovitost 5 %, za 1 kW moči potrebujemo kar 20,5 m² modulov, pri modulih z učinkovitostjo 19 % pa za 1 kW moči potrebujemo samo 5,25 m² modulov (10).

- 1 kW modulov z najnižjih izkoristkom in 1 kW modulov z najvišjim izkoristkom bosta proizvedla enako količino električne energije.
- Manj učinkoviti moduli so res cenejši na W ali kW, vendar za enako moč elektrarne jih potrebujemo več oz. več prostora. To pomeni višje stroške zaradi več konstrukcije in več ur dela, ki so potrebne za namestitev.

Učinkovitost modula torej ni ravno primeren kriterij za odločitev o izbiri modula, saj večja učinkovitost ne pomeni večje proizvodnje električne energije. Pomembna je cena sončne elektrarne na ključ na W ali kW inštalirane moči. Na učinkovitost modulov se ozirajte le v primeru, če ste omejeni s prostorom, radi pa bi inštalirali čim večjo moč, ne glede na ceno.



Slika 10: Fotonapetostni moduli nameščeni na ravni strehi (10)

Nosilna konstrukcija

Konstrukcija predstavlja nepogrešljiv del vgradnih komponent, saj omogoča pritrditev sončnih modulov na streho ali katero drugo podlago, prav tako pa zagotavlja ustrezno usmeritev sončnih celic. Pri izbiri konstrukcije je pomembno, da vam podjetje zagotovi konstrukcijo odporno na UV-sevanje, veter in snežne obremenitve. Najpomembnejše mehanske lastnosti, ki jih mora imeti konstrukcija, so natezna trdnost materialov, temperaturno raztezanje in odpornost proti tlačnim obremenitvam. Najpogosteje se za nosilne konstrukcije uporabljata jeklo in aluminij, medtem ko se les redkeje.



Slika 11: Konstrukcija za pritrditev sončnih modulov na streho (10)

Sončni sledniki

Razlika v vrednosti investicije med togo pritrditvijo sončnih celic in spremenljivo, regulirano s pomočjo sončnega sledilnika, je do 30 %. To pa pri omejeni površini, namenjeni za izgradnjo sončne elektrarne, ni zanemarljivo. Sončni sledilniki so električni regulatorji, ki s

pomočjo senzorjev in elektropogonov sledijo gibanju sonca. Napajajo se lahko iz omrežja ali neposredno iz sončnih celic ter krmilijo eno ali dve osi odvisno od načina pozicioniranja sončne celice. Vsi so zaščiteni pred preobremenitvijo, prenapetostjo in vremenskimi vplivi. Vzdrževanje je nepotrebno. Nekateri sončni sledilniki imajo dodatne vhode za senzorje hitrosti vetra in prisotnost toče. V primeru premočnega vetra ali toče, se postavijo sončne celice v najvarnejši položaj. Vsi sončni sledilniki imajo široko temperaturno območje delovanja od -25 do $+70^{\circ}$ C. Za doseganje večje točnosti pozicioniranja vsebujejo sončni sledilniki elektronsko zavoro motorja. Sončne sledilnike je pametno namestiti povsod tam, kjer želimo s kar se da majhno površino sončnih celic zagotoviti čim več energije.



Slika 12: Možnosti delovanja sončnih slednikov



Slika 13: Sončna elektrarna s sončnimi sledniki (10)

Razsmernik

Najpomembnejši del povezave fotonapetostnega sistema z javnim elektroenergetskim omrežjem je razsmernik. Njegova naloga je, da preoblikuje enosmerne vhodne veličine v

izmenične izhodne veličine. Poznamo dve vrsti razsmernikov glede na način delovanja. Prvi so omrežno komutirani razsmerniki, druga vrsta pa razsmerniki z lastno komutacijo. V velikih sistemih se uporabljajo zgolj omrežno komutirani razsmerniki, večina sodobnih razsmernikov pa je razsmernikov z lastno komutacijo, ki za svoje delovanje ne potrebujejo omrežnega impulza. Razsmerniki brez transformatorjev pa so tisti, ki se zelo poredko uporabljajo, saj so primerni le za območja manjših moči. Eden najpomembnejših parametrov, ki kaže na učinkovitost pretvorbe moči v razsmernikih, je njihova učinkovitost. Vrednost učinka razsmernika se trenutno giblje med 91 % in 97 %. Ker veljajo za drugi najpomembnejši del vgradnih komponent, pri njihovi izbiri ne smemo varčevati, saj lahko imamo zaradi slabše učinkovitih razsmernikov precejšnjo izgubo.



Slika 14: Razsmerniki za sončno elektrarno (9)

Da bo sončna elektrarna zagotavljala visoke donose in da bo njeno poslovanje rentabilno, se pri vgradnih komponentah ne sme varčevati. Zaradi slabše učinkovitosti sončne elektrarne se lahko izgubi več, kot se je pri izgradnji sončne elektrarne privarčevalo (5).

Poleg zgoraj navedenih delov, so sestavni deli vsake sončne elektrarne tudi regulatorji polnjenja, akumulatorske baterije, kabli in stikala. V primeru, da takšno sončno elektrarno potrebujemo le v času osončenja, je le-ta lahko brez akumulatorja in polnilnega regulatorja. Regulator zagotavlja stalno višino napetosti sončne elektrarne. Polnilni regulator je običajno del regulatorja in zagotavlja pravilno polnjenje in zaščito akumulatorja. Akumulator shranjuje električno energijo in deluje kot generator v času, ko sončna elektrarna ni osončena.

Razsmernik pretvarja enosmerno električno energijo, ki jo proizvedejo sončne celice v izmenično. Prek razsmernika lahko sončno elektrarno povežemo v javno električno omrežje. Nosilna konstrukcija je nezanemarljiv del sončne elektrarne, saj predstavlja ogrodje sončne elektrarne in s tem odpornost na vremenske vplive. Največkrat je nosilna konstrukcija sestavljena iz korozijsko obstojnih kovinskih profilov, na katere se pritrdijo sončni paneli in instalacije sončne elektrarne. Nosilna konstrukcija tako predstavlja tudi zaščito pred udarom strele.



Slika 15: Sestavni deli sončne elektrarne (razsmernik, regulator) (10)

Delitev sončnih elektrarn

Sončne elektrarne delimo glede na namembnost in glede na vrsto priključitve. Tako ločimo:

- samostojne (otočne) sončne elektrarne,
- omrežne sončne elektrarne.

Samostojne (otočne) sončne elektrarne lahko razdelimo na sisteme brez akumulatorja in sisteme z akumulatorjem. Samostojna sončna elektrarna brez akumulatorja se uporablja za neposredno napajanje naprav, kot so recimo cestna signalizacija ali črpališče za vodo, kjer le to načrpamo čez dan v zbiralnik in jo ponoči koristimo. Samostojna sončna elektrarna z akumulatorjem pa je bolj razširjena saj jo uporabljamo v vozilih, plovilih, za elektrifikacijo posameznih objektov in manjših naselij, kjer ni možna priključitev na električno omrežje ali pa zaradi oddaljenosti izgradnja električnega omrežja ne bi bila smiselna.

Omrežne sončne elektrarne vsebujejo ob sončnem generatorju tudi razsmernik, ki je

priključen na javno električno omrežje.



Slika 16: Samostojne (otočne) sončne elektrarne (11)

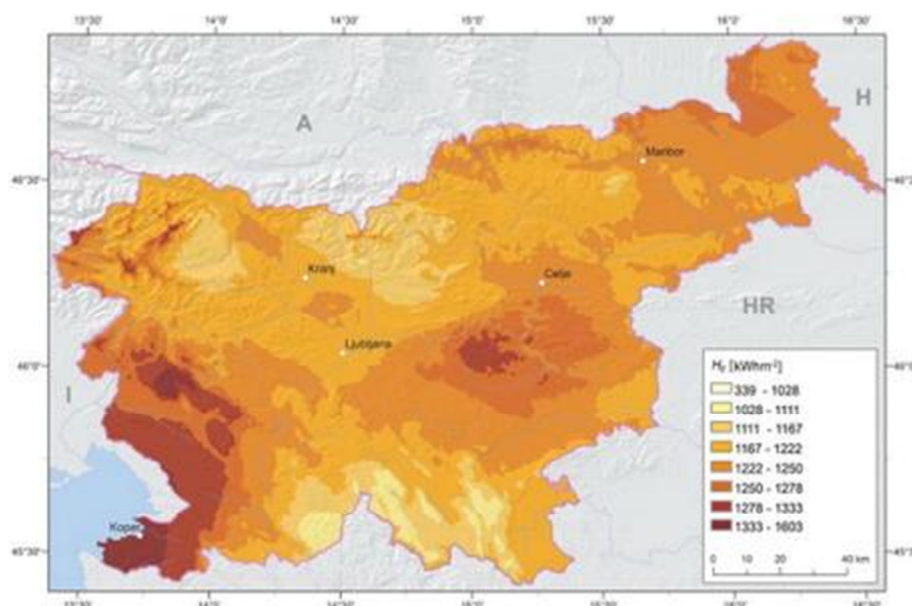
Študija izdelave sončne elektrarne

Načrtovanje izgradnje sončne elektrarne se začne s študijo. Le to lahko naročimo pri ustreznem ponudniku, kjer nam izdelajo simulacijo osončenja izbrane lokacije, ali pa sami spremljamo dogajanje na izbrani lokaciji. V primeru, da za simulacijo izberemo ponudnika, bomo v kratkem dobili simulacijo osončenja in senčenja za sončno elektrarno. Smiselno je, da se za takšno študijo sončne elektrarne odločimo v primerih, ko ne moremo izločiti vseh dejavnikov, kot so bližina dreves, višjih stavb in podobnih ovir v bližini izbrane lokacije. Študija nam v tem primeru pove, kakšen bo izkoristek sončne centrale glede na letne čase in dele dneva, s tem pa tudi smiselnost investicije. V primeru, da izbrano lokacijo poznamo že dalj časa, ali pa le ta nima motečih dejavnikov, ki bi povzročali senčenje, takšna študija najbrž ni potrebna, je pa priporočljiva zaradi predvidevanja donosnosti projekta sončne elektrarne. Ravno tako nam študija sončne elektrarne priporoči izbiro za ustrezen solarni modul in razsmernik, kar vpliva na izkoristek sončne elektrarne. Razmerje moči sončnega generatorja in razsmernika (izmenična moč) naj bo čim bližje razmerju 1:1. Če je razsmernik nameščen zunaj ali na podstrešju, naj bo to razmerje zaradi velikih toplotnih obremenitev v korist razsmernika (na primer 0,9:1) (5).

2.3 OPTIMALNI POGOJI ZA POSTAVITEV SONČNE ELEKTRARNE

2.3.1 Sončno obsevanje v Sloveniji

Povprečno sončno obsevanje na kvadratni meter horizontalne površine je v Sloveniji večje od 1000 kWh/m². Desetletno merjeno povprečje (1993-2003) letnega globalnega obsevanja je med 1053 kWh/m² in 1389 kWh/m² (slika 17), pri čemer polovica Slovenije prejme med 1153 in 1261 kWh/m². Povprečno obsevanje poljubne nesenčene lokacije v Sloveniji ne odstopa veliko od državnega povprečja, kljub temu pa lahko Slovenijo razdelimo na posamezna področja. V osrednji Sloveniji znaša povprečno sončno obsevanje na horizontalno površino okoli 1195 kWh/m², v severovzhodni Sloveniji in severni Dolenjski okoli 1236 kWh/m², na Primorskem in Goriškem pa presega vrednost 1300 kWh/m². Večje vrednosti obsevanja (preko 1250 kWh/m²) lahko opazimo tudi v Posavskem hribovju in na Kozjanskem (3).



Slika 17: Globalno letno obsevanje na horizontalno površino v Sloveniji (3)

Optimalni pogoji za postavitve sončne elektrarne so torej sledeči:

- usmeritev strehe proti jugu, najbolje z naklonom okrog 30°,
- brez senčenja na površini strehe ali v okolici,
- statična ustreznost objekta, ki omogoča dodatno obremenitev strešne površine (od 15 do 30 kg/m²),

- dobra ohranjenost kritine,
- presoja o požarni varnosti,
- strelovodna zaščita,
- gradbeno dovoljenje je potrebno le za sončne elektrarne na tleh in strešne sončne elektrarne, večje od 1 MW.

Pridobljena električna energija

Električno energijo, ki jo proizvede sončna elektrarna, lahko uporabimo za lastne potrebe, vendar je mnogo bolj smiselno, če jo po višji zagotovljeni odkupni ceni oddajamo v električno omrežje, medtem ko elektriko za lastno porabo še naprej kupujemo po nižji tržni ceni.

Republika Slovenija spodbuja investicije v sončne elektrarne z zagotovljenimi odkupnimi cenami. Višina zagotovljenih odkupnih cen velja za obdobje 15 let in je odvisna od tipa ter velikosti sončne elektrarne. Po preteku tega obdobja pa bo lahko investitor svojo proizvedeno električno energijo prodajal na trgu najugodnejšemu ponudniku.

Tabela 1: Tabela s prikazom odkupne cene elektrike pridobljene s sončnimi elektrarnami glede na vršno moč (8)

Tip sončne elektrarne	Vršna moč	Cena zagotovljenega odkupa (za SE priključene do 31. 12. 2012) (EUR/MWh)
Sončne elektrarne na stavbah in integrirane sončne elektrarne	do 50 kW	152,97
	od 50 kW do 1 MW	136,12
	od 1 MW do 10 MW	103,85
Sončne elektrarne na tleh	do 50 kW	141,06
	od 50 kW do 1 MW	126,46

Po podatkih, prejetih z Javne agencije RS za energijo, so do 24. 10. 2012 skupno izdali deklaracije že za 190 MW fotovoltaičnih proizvodnih naprav, medtem ko je akcijski načrt za obnovljivo energijo predvidel da bo konec leta 2020 v Sloveniji postavljenih za 139 MW fotovoltaičnih proizvodnih naprav. V Sloveniji je na omrežje skupno priključenih čez 210 MW fotovoltaičnih proizvodnih naprav.

3 MATERIALI IN METODE DELA

Raziskovala sva od novembra 2012 do februarja 2013.

Pri raziskavi sva uporabila različne metode dela, saj sva tako lažje prišla do zelenih rezultatov. Veliko podatkov sta nama priskrbeli podjetji SOL NAVITAS in KSSENA.

Pri raziskovalnem delu sva uporabila različne metode raziskovanja:

- metoda zbiranja in primerjanja podatkov,
- induktivna metoda,
- deduktivna metoda,
- matematično modeliranje,
- metoda analize in sinteze,
- statistične metode.

Raziskave sva se lotila po načelu deduktivne metode in z zbiranjem informacij ter primerjanjem informacij z najinim objektom raziskovanja. Uporabila sva tudi na spletu dostopno računalniško aplikacijo (Calcul du gisement solaire), s katero lahko simuliraš proizvodnjo električne energije za izmišljeno sončno elektrarno na izbranem geografskem območju.

4 REZULTATI

4.1 TEHNIČNI IZRAČUNI

Uporabno velikost in usmerjenost južne strani strehe na šoli in telovadnici sva povzela iz dokumenta Poročilo analize lokacije za izkoriščanje sončne energije za objekt Osnovna šola Šalek, Velenje (4).



Slika 18: Površina strehe, ki je uporabna za postavitev sončne elektrarne (4)

Iz navedenega poročila sva s pomočjo primerjave literature ugotovila, da je lega strehe OŠ Šalek zelo primerna za izgradnjo sončne elektrarne. Velikost strehe je 1070 m^2 , obrnjena je na J (10° proti zahodu) in je pod naklonom 20° , kar je po izkustvenih informacijah in računalniški simulaciji blizu idealnega.

Proizvodnja električne energije je največja, če je streha obrnjena proti J in so sončne celice obrnjene pod kotom 36° oziroma če so vgrajeni sledilniki.

Na osnovi pridobljenih podatkov o razpoložljivi velikosti strehe sva izračunala moč sončne elektrarne. Moč sončne elektrarne sva izračunala s pomočjo enačbe (1)

$$P_{SE} = \frac{A_u}{7}, \text{ kjer je} \quad \dots(1)$$

P_{SE} moč sončne elektrarne,

A_u neto uporabna površina strehe (m^2),

7 pa potrebna površina za 1 kW_p moči SE (m^2 / kW_p)

$$P_{SE} = 153 \text{ kW}_p$$

Podatek o potrebni površini polikristalnih celic za 1 kW_p za sončno elektrarno je pridobljen v podjetju SOL NAVITAS. Prav tako sva pridobila podatke o potrebni površini za 1 kW_p moči sončne elektrarne za monokristalne celice in tankoplastne celice. Rezultati so predstavljeni v spodnji tabeli.

Tabela 2: Moč sončne elektrarne glede na tip sončnih celic in razpoložljivo površino

TIP SONČNIH CELIC	UČINKOVITOST CELIC (%)	MOČ ELEKTRARNE (kW _p)
polikristalne	13-14	153
tankoplastne	5	52
monokristalni	19	204

Kljub že ugotovljenim dejstvom iz Poročila analize lokacije za izkoriščanje sončne energije (4) in teoretičnim osnovam, sva s pomočjo računalniške aplikacije (Calcul du gisement solaire) preverila primernost lokacije.

Tabela 3: Vpliv lokacije na letno predvideno proizvedeno električno energijo

LOKACIJA SONČNE ELEKTRARNE	LETNA PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE (MWh)
OŠ Šalek	144
Velenjsko jezero	144
Veleja park ob Kožlju	134

Iz tabele 3 je razvidno, da je lokacija šole, tudi po tej primerjavi zelo primerna za postavitev sončne elektrarne.

The screenshot shows the 'PV Estimation' tab of the 'Calcul du gisement solaire' application. The main title is 'Performance of Grid-connected PV'. The interface includes several configuration sections:

- Radiation database:** Classic PVGIS (with a link to 'What is this?')
- PV technology:** Crystalline silicon
- Installed peak PV power:** 153 kWp
- Estimated system losses [0;100]:** 14 %
- Fixed mounting options:**
 - Mounting position: Building integrated
 - Slope [0;90]: 20 ° (with 'Optimize slope' checkbox)
 - Azimuth [-180;180]: 10 ° (with 'Also optimize azimuth' checkbox)
- Tracking options:**
 - Vertical axis: Slope [0;90]: 0 ° (with 'Optimize' checkbox)
 - Inclined axis: Slope [0;90]: 0 ° (with 'Optimize' checkbox)
 - 2-axis tracking:
- Horizon file:** A text input field with a 'Prebrskaj...' button.
- Output options:**
 - Show graphs:
 - Show horizon:
 - Web page: (selected)
 - Text file:
 - PDF:

At the bottom, there is a large blue 'Calculate' button and a '[help]' link.

Slika 19: Primer vpisa podatkov v računalniški aplikaciji Calcul du gisement solaire

Location: 46°21'50" North, 15°7'35" East, Elevation: 402 m a.s.l.,

Solar radiation database used: PVGIS-classic

Nominal power of the PV system: 153.0 kW (crystalline silicon)

Estimated losses due to temperature and low irradiance: 11.7% (using local ambient temperature)

Estimated loss due to angular reflectance effects: 3.2%

Other losses (cables, inverter etc.): 14.0%

Combined PV system losses: 26.6%

Fixed system: inclination=20°, orientation=10°				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	192.00	5950	1.55	48.0
Feb	286.00	8000	2.34	65.5
Mar	385.00	11900	3.31	102
Apr	492.00	14800	4.39	132
May	540.00	16800	4.96	154
Jun	570.00	17100	5.34	160
Jul	594.00	18400	5.54	172
Aug	550.00	17100	5.15	160
Sep	442.00	13300	3.95	118
Oct	317.00	9840	2.76	85.7
Nov	209.00	6270	1.74	52.1
Dec	143.00	4440	1.16	36.0
Yearly average	394	12000	3.52	107
Total for year		144000		1290

E_d : Average daily electricity production from the given system (kWh)

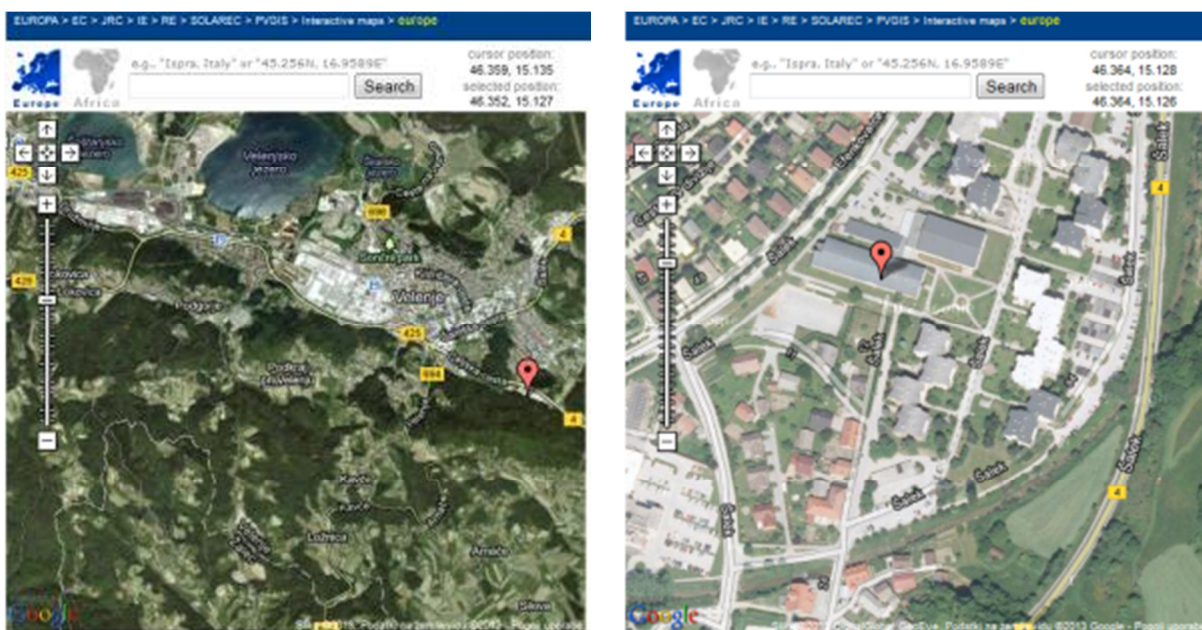
E_m : Average monthly electricity production from the given system (kWh)

H_d : Average daily sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

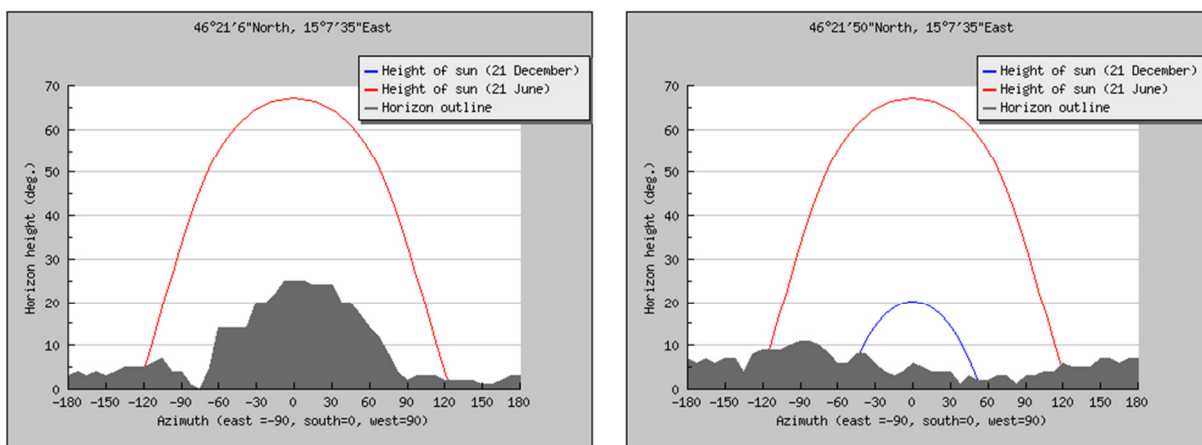
H_m : Average sum of global irradiation per square meter received by the modules of the given system (kWh/m²)

Slika 20: Primer izpisa podatkov v računalniški aplikaciji Calcul du gisement solaire

Lokacija ob Velejaparku pa bi bila neustrezna zaradi osenčenja, ki ga povzroča bližnji Koželj. Na spodnjih slikah so predstavljeni rezultati iz zgoraj omenjene aplikacije in primerjava rezultatov za različni geografski lokaciji.



Slika 21: Predstavitev lokacije Veleja park in OŠ Šalek



Slika 22: Predstavljena sta grafa, na katerih je vidna pot sonca pozimi (modra črta) in poleti (rdeča črta) ter horizont (sivo barva)

Kot je razvidno iz levega grafa na zgornji sliki, je na lokaciji Velejpark v zimskem času (21. decembra) Sonce skrito za horizontom, kar pomeni, da proizvodnje električne energije v zimskem času, ko ni osončenosti zaradi bližnjega hriba (Koželj), ne bi bilo. Nasprotno pa je na lokaciji, kjer stoji šola, tudi pozimi prisotno osončenje. Posledica tega je višja predvidena električna energija iz potencialne sončne elektrarne na lokaciji OŠ Šalek. Tudi analiza geografske lege za lokacijo Velenjsko jezero da enake rezultate kot lokacija OŠ Šalek.

S pomočjo matematičnega modeliranja in dostopne računalniške aplikacije (Calcul du gisement solaire) sva prav tako preverila učinek naklona sončnih kolektorjev na proizvodnjo električne energije na lokaciji, kjer stoji šola.

Tabela 4: Prikaz odvisnosti letne proizvodnje električne energije od naklona modulov na sončni elektrarni za module s polikristalnimi celicami

NAKLON MODULOV	LETNA PROIZVODNJA ELEKTRIKE (MWh)
0°	131
10°	139
20°	144
30°	146
36°	146
40°	146
50°	142
60°	136

Rezultati, ki so predstavljeni v tabeli 4 kažejo na to, da je naklon modulov pomemben za proizvodnjo električne energije, kar pa sva sklepala tudi sama. Iz tabele 4 lahko razberemo, da je razlika v proizvodnji električne energije med moduli, ki imajo naklon 20° in tistimi z idealnim naklonom 36° le 2 MWh letno.

Za spremembo naklona modulov na strehi OŠ Šalek bi bilo potrebno izdelati podkonstrukcijo. Izvedba podkonstrukcije podraži izgradnjo sončne elektrarne za 10-15 % vrednosti investicije, uporabljeni sledilniki pa za okoli 15%. Življenjska doba in zanesljivost delovanja je slabša zaradi večje možnosti okvar sledilnikov. Zato ekonomsko ni upravičeno, da podražimo projekt in pridobimo 2 MW več električne energije. Poleg tega bi s povečanjem naklona in izgradnjo podkonstrukcije lahko vgradili manj modulov, kar bi pomenilo manjšo moč elektrarne, saj bi morali paziti na osenčenje modulov in module med sabo razmikati. Pri izračunu ekonomske učinkovitosti sončne elektrarne na strehi OŠ Šalek se za podkonstrukcijo in sledilnike ne odločiva in se moduli polagajo direktno na streho.

Ponudbena cena postavitve sončne elektrarne

Za izgradnjo sončne elektrarne moči 153 kW po sistemu ključ v roke (624 kosov

polikristalnih solarnih modulov Hanwha –Eco line 60/245W, primerno število razsmernikov, pritrditveni material, stikala, priključne komponente, elektro montaža, nadzor, projektna dokumentacija ...) bi bila cena 175.812 EUR (1,15 EUR/W).

Rok izvedbe

Glede na to, da je možno takšno elektrarno postaviti in pričeti s proizvodnjo v roku 3 mesecev po podpisu pogodbe in da se subvencija države mesečno znižuje, je rok izvedbe ključen pri odločitvi, ali je investicija v sončno elektrarno upravičena (donosna) oziroma ali jo je OŠ Šalek ali strateški partner sposoben financirati.

Izračun proizvedene električne energije (ponudnik)

Podatki:

Moč elektrarne: 153 kW

Obsevanje (glede na lego in naklon strehe): 960 kWh/m²

Cena odkupa električne energije (april 2013) za elektrarne nad 50kW: 0,08196 EUR/kW

Investicija: 175.812 EUR

Kredit na 10 let (70 % investicije): 123.000 EUR

Obrestna mera: 7% letna

Letno vračilo kredita-anuiteta: 17.147 EUR

Strošek zavarovanja, vzdrževanja – cca. 1 % od vrednosti investicije: 1.760 EUR na leto

Tabela 5: Višina podpor za zagotovljeni odkup električne energije (8)

Podpore za sončne elektrarne (po posameznih letih)	EUR/kWh
2009	0,33544
2010	0,30884
2011	0,25944
do 30.6.2012	0,22143
do 31.12.2012	0,13612
apr.13	0,08196
avg.13	0,07214
dec.13	0,06308

Izračun proizvedene električne energije:

$$E_p = P \cdot H \quad , \text{ kjer je} \quad \dots(2)$$

P moč sončne elektrarne,

H letno sončno obsevanje,

E_p proizvedena letna električna energija.

$$E_p = 146 \text{ MWh}$$

Prihodek od prodane električne energije

$$D = OC \cdot E_p \quad , \text{ kjer je} \quad \dots(3)$$

OC = odkupna cena

$$D = 12.038 \text{ EUR}$$

Tabela 6: Prikaz stroškov (anuitete, vzdrževanje...) in vračilo investicije ob predpostavki, da bi bila vrednost investicije od leta 2009 do sedaj ista.

PODPORE za SONČNE ELEKTRARNE	EUR/kWh	Letni prihodek (BORZEN)	Letni stroški (anuitete, vzdrževanje...)	Vračilo investicije v letih
2009	0,33544	49.269 EUR	19.000 EUR	2
2010	0,30884	45.362 EUR	19.000 EUR	3
2011	0,25944	38.106 EUR	19.000 EUR	4
do 30.6.2012	0,22143	32.523 EUR	19.000 EUR	5
do 31.12.2012	0,13612	19.993 EUR	19.000 EUR	15
April 2013	0,08196	12.038 EUR	19.000 EUR	23
Avgust 2013	0,07214	10.595 EUR	19.000 EUR	25
December 2013	0,06308	9.265 EUR	19.000 EUR	26

5 DISKUSIJA

Hipoteza 1: Geografska lega šole je primerna za postavitev sončne elektrarne. To hipotezo lahko potrdimo, saj je osončenost dobra in v bližini ni ovir, ki bi delale senco oziroma osenčenje, kot je razvidno iz tabele 1.

Hipoteza 2: Streha šole brez predelave ne bo primerna za postavitev sončne elektrarne. To hipotezo lahko ovržemo, saj sta strehi šole in telovadnice dvokapnici, katerih en del je obrnjen proti jugu in imata naklon 20 stopinj. V tabeli 3 smo prikazali, da se letna proizvodnja elektrike ob drugačnem (idealnem) naklonu ne poveča dovolj, da bi se podkostrukcija izplačala, oziroma bi bila potrebna.

Hipoteza 3: Naklon kolektorjev bo vplival na proizvodnjo električne energije. To hipotezo lahko potrdimo, saj je (kot je prikazano v tabeli 3) letna proizvodnja elektrike glede na naklon kolektorjev lahko višja oziroma nižja.

Hipoteza 4: Proizvodnja električne energije iz sončne elektrarne bo pokrila potrebe šole po električni energiji in ustvarjala dobiček. To hipotezo lahko v delu pokrivanja potreb po električni energiji potrdimo, saj po informacijah OŠ Šalek le-ta porabi letno skoraj 75 MWh električne energije, kar pomeni, da bi bila proizvedena količina električne energije s sončno elektrarno skoraj 2-krat večja, kot so potrebe OŠ Šalek (proizvedena električna energija je 146 MWh). Drugega dela hipoteze o ustvarjanju dobička pa ne moreva potrditi. Če bi investicijo izpeljali do 30. 6. 2012, bi se investicija povrnila v 5-ih letih, kar je ugodno in bi lahko OŠ Šalek ustvarjala dobiček.

Ker pa se je odkupna cena električne energije po 30. 6. 2012 bistveno spremenila (znižala) in se v letu 2013 znižuje vsak mesec za 2 %, se v teh razmerah za izgradnjo sončne elektrarne ne bi odločila.

Hipoteza 5: Investicija se bo v življenjski dobi celic povrnila. To hipotezo sicer lahko potrdiva, vendar pa glede na trenutno situacijo (odkupne cene BORZEN - letni prihodek 12.038 EUR, finančno konstrukcijo – 30 % lastnih sredstev, 70 % kredita – na 10 let - letna anuiteta 17.147 EUR) kaže, da je investicija neupravičena, saj bi se povrnila po komaj 23-ih

letih. Drugačna slika bi bila, če bi investicijo naredili do 30. 6. 2012, ko so bile odkupne cene še vzpodbudne.

6 ZAKLJUČEK

- Osončenost južne strehe šole in telovadnice je dobra in v bližini ni ovir, ki bi delale senco oziroma osenčenje.
- Streha šole je primerna za postavitev sončne elektrarne brez predelave, saj sta strehi šole in telovadnice dvokapnici, katerih en del je obrnjen proti jugu in imata naklon 20 stopinj tako, da podkonstrukcija ni potrebna.
- Naklon kolektorjev vpliva na proizvodnjo električne energije, ki je lahko zaradi tega višja oziroma nižja.
- Proizvodnja električne energije iz sončne elektrarne bo pokrila potrebe šole po električni energiji, in sicer bi bila proizvedena količina električne energije s sončno elektrarno skoraj 2-krat večja, kot so potrebe OŠ Šalek.
- Če bi izgradnjo sončne elektrarne izvedli do 30. 6. 2012, bi se investicija v izgradnjo sončne elektrarne povrnila v 5 letih in bi lahko OŠ Šalek ustvarjala dobiček.
- Zaradi znižanja odkupne cene električne energije se v teh razmerah za izgradnjo sončne elektrarne ne bi odločila.
- Investicija v izgradnjo sončne elektrarne bi se v življenjski dobi celic povrnila, vendar glede na trenutno situacijo kaže, da je investicija v izgradnjo sončne elektrarne neupravičena, saj se bi povrnila šele po 23-ih letih.
- Glede na trenutne zaostrene gospodarske razmere bi bilo možno sončno elektrarno izvesti samo s strateškim partnerjem, ki bi zagotovil vsaj 30 % lastnih sredstev, imel razpoložljiv denarni tok za poplačilo kreditnih obveznosti in bi zagotovil ustrezno zavarovanje kredita, saj hipoteka sončnih modulov in hipoteka šole nista primerni obliki zavarovanja (11).

7 POVZETEK

Sva Žan Ževart in Tjaž Silovšek, učenca 9. razreda OŠ Šalek. Ker se zavedava okoljskih problemov sva razmišljala, kako bi lahko tudi na OŠ Šalek doprinesli k zmanjšanju emisij ogljikovega dioksida v okolje. Odločila sva se, da preučiva načine pridobivanja zelene električne energije in preučiva možnost postavitve okolju prijazne elektrarne. Od vseh vrst elektrarn, ki proizvajajo tako imenovano zeleno energijo, se nama je zdela najbolj primerna sončna elektrarna, ki bi jo postavili na strehi naše šole.

Zanimalo naju je ali je streha naše šole sploh primerna za ta projekt in prišla sva do odkritja, da sta južni del strehe šole in južni del strehe telovadnice za ta namen primerna. Pridobila sva podatke o velikosti strehe in njenem naklonu in glede na tip izbranih modulov izračunala potencialno moč, ter okvirno ceno postavitve sončne elektrarne. S pomočjo računalniške simulacije sva preverila učinek lokacije in naklona sončnih celic na proizvodnjo električne energije. Predvsem pa naju je zanimalo, ali bi se in v kakšnem času bi se investicija v izgradnjo sončne elektrarne povrnila. Preverila sva tudi višine podpor električni energiji proizvedeni iz obnovljivih virov energije za sončne elektrarne v različnih letih. Ugotovila sva, da bi lahko z izgradnjo sončne elektrarne v preteklosti, s pomočjo državne podpore za proizvodnjo električne energije iz obnovljivih virov, ustvarjali dobiček, ki bi bil za našo šolo izredno koristen.

8 ZAHVALA

Najprej bi poudarila, da je to najina prva raziskovalna naloga. Na koncu sva prišla do zaključka, da to ni majhen zalogaj. Bili so tudi slabi dnevi, ko sva skoraj že obupala, vendar so naju starši v ključnih trenutkih spodbujali in nama dali energijo, da sva nalogo uspešno dokončala.

Najprej se zahvaljujema staršem, brez katerih najina naloga ne bi bila to, kar je. Zahvaljujema se tudi najinemu mentorju, gospodu Igorju Košaku, ki je sprejel izziv, prav tako pa Žanovi mami Nataši, ki je pristopila kot somentorica.

9 PRILOGE

Poročilo analize lokacije za izkoriščanje sončne energije

Lokacija: Osnovna šola Šalek, Velenje

Izdelal: Energetska agencija KSENA

Velenje, oktober 2010

10 VIRI IN LITERATURA

- 1 http://sl.wikipedia.org/wiki/Obnovljivi_viri_energije (28.1.2013)
- 2 http://sl.wikipedia.org/wiki/Geotermalna_energija (28.1.2013)
- 3 Sončno obsevanje v Sloveniji .
<http://pv.fe.uni-lj.si/ObsSLO.aspx> (23.1.2013)
- 4 Poročilo analize lokacije za izkoriščanje sončne energije, Krajnc, B., Mozgan, S.;
Velenje, oktober 2010
- 5 Lenardič, D.2009. Fotonapetostni sistemi. Agencija Poti, Ljubljana.
- 6 Solar power / Sončna energija
http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_power (30.1.2013)
- 7 Sončna celica
http://sl.wikipedia.org/wiki/Son%C4%8Dna_celica (22.12.2012)
- 8 Borzen: Določanje višine podpor električni energiji proizvedeni iz OVE in SPTE in
višine podpor v letu 2013
http://www.borzen.si/si/cp/Shared%20Documents/Podpore_slo.pdf (8.2.2013)
- 9 <http://www.ekodom.si/katalog/ogrevanje-hlajenje/soncni-kolektorji.html> (27.12.2012)
- 10 Sončne elektrarne
<http://www.sol-navitas.si/> (27.12.2012)
- 11 SONČNI KOLEKTORJI
<http://www.maribor.si/dokument.aspx?id=2738> (27.12.2012)

PRILOGA

POROČILO

analize lokacije za izkoriščanje sončne energije

Lokacija: **Osnovna šola Šalek, Velenje**

Izdelal: **Energetska agencija KSSENA**

Velenje, oktober 2010

PRIPRAVIL: **Zavod Energetska agencija za Savinjsko, Šaleško in Koroško**

Koroška 37/a

SI – 3320 Velenje

Slovenija

tel.: +386 3 896 1 520

fax.: +386 3 896 1 522

spletna stran: www.kssena.si

Matična številka: 2212358

ID za DDV: SI58743359

Podračun pri Banki Slovenije: 01333-6000000634

NASLOV DOKUMENTA: Poročilo analize lokacije za izkoriščanje sončne energije za objekt
Osnovna šola Šalek, Velenje

PRIPRAVILA: Boštjan **KRAJNC**, dipl. inž. str.
direktor

tel.: +386 3 896 1 520

e-mail: bostjan.krajnc@kssena.velenje.eu

Sašo **MOZGAN**, uni. dipl. inž. str.

tel.: +386 3 896 1 524

e-mail: saso.mozgan@kssena.velenje.eu

Podatki o objektu:

Naziv stavbe:	Osnovna šola Šalek
Naslov:	Šalek 87, 3320 Velenje
Vrsta objekta:	osnovna šola
Obseg namestitve (neto površina):	1.070 m ² (južna streha šole in telovadnice)
Naklon strehe:	20°
Orientiranost:	+10°(J=0°)
Obsevanje:	1.280 kWh/m ²
Ocenjena možna inštalirana moč:	130 kW _p (integrirana vgradnja)
Ocenjena pričakovana letna proizvodnja:	125.000 kWh/a

Ugotovitve ob ogledu strehe:

Osnovna šola Šalek se nahaja na vzhodnem delu mesta Velenje in spada med večje šole. Glede na lego in obrnjenost objekta lahko ugotovimo, da je zelo primeren za izkoriščanje sončne energije. Streha na objektu je obnovljena in v dobrem stanju.

Predstavniki občine in vodstva šole podpirajo namero o izkoriščanju sončne energije na objektu glede na njegov potencial in tudi glede na uporabnost objekta. Šola je kot vzgojno izobraževalna institucija zelo primerna za krepitev pomena in prikaza izkoriščanja sončne energije.

Pri preliminarni analizi lokacije smo upoštevali sledeče:

- odbitki površine zaradi zračnikov na strehi: 20% (že odšteti od skupne razpoložljive površine)
- faktor 8,2 predstavlja razmerje med razpoložljivo površino in predvideno inštalirano močjo fotovoltaičnega sistema
- vpliv lege lokacije in senčenje omogoča 99% izkoriščanje sončnega obsevanja.

Vse predstavljene karakteristike objekta dajejo pozitivno oceno k nameri za postavitev sistema izkoriščanja sončne energije na streho šole ter telovadnice.

Slika: Fotografija objekta (šola in telovadnica):



Slika: Fotografije strehe



Tabela: Podatki o površini strehe:

Površina strehe OŠ Šalek (šola in telovadnica)

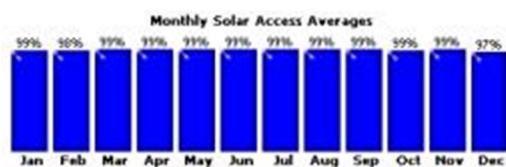
Tip strehe: dvokapnica (nagib 20 stopinj)
Površina strehe: pločevinasti elementi
Datum ogleda: 28.10.2010

Sektor	Dolžina sektorja (m)	Širina sektorja (m)	Faktor zaradi elementov na strehi	Površina (m ²)	Ocenjena uporabna površina (m ²)	Pretvornik za SE	Moč SE (ocenjena vrednost) (kW _p)	Opomba
1	78	10	0,8	780	624,0	8,2	76,1	Zračniki in ventilajski odvod delno senčijo površino
2	42,5	13,1	0,8	557,6	446,1	8,2	54,4	upoštevano -20% površine zaradi zračnikov in vzdrževalne poti
				Skupaj:	1.070,1		130,5	

Slika: Tlorisni prikaz posameznih sektorjev (informativna predstavitev):



Letno osončenje lokacije



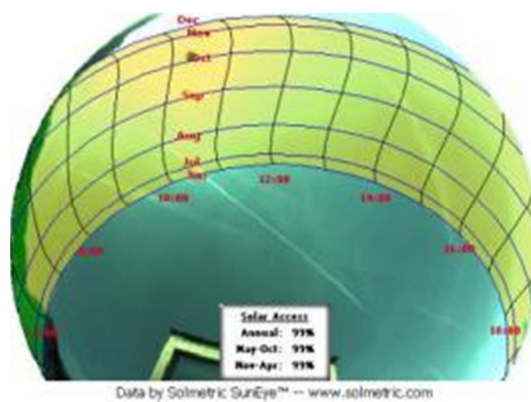
Graf: prikaz osončenja lokacije po mesecih

Letno osončenje lokacije: 99%

Osončenje v obdobju: maj-oktober (letni čas): 99%

Osončenje v obdobju: november-april (zimski čas): 99%

Slika: Prikaz primera osončenja:



Zaključek

Vse predstavljene karakteristike objekta dajejo pozitivno oceno k nameri za postavitev sistema izkoriščanja sončne energije na streho šole ter telovadnice. Prav tako je analiza osončenja oz. senčenja potrdila ustreznost lokacije in jo lahko ocenimo kot **odlično za izkoriščanje sončne energije**.

Solar Access and Shade Report

28.10.2010

For:

Osnovna šola Šalek

Šalek 87

3320 Velenje

03 898 13 00

By:

KSSENA

Koroška cesta 37a

3320 Velenje

03 89 61 520

Session Properties

Name	OS Salek
Creation Date	28.10.2010 9:09
Note	(none)
Location	46,4°N; 15,1°E Mag Dec: 3,0°E Time Zone: GMT+01:00

Solar access averages of 1 skyline in this session

Skylines Averaged: Sky03-A



Skylines

- Sky03-A - (no skyline note)

Sky03-A -- 28.10.2010 23:46 -- (no skyline note)

Panel Orientation: Tilt=15° -- Azimuth=190° -- Skyline Heading=180°

GPS Location: Latitude=46,36400°N -- Longitude=15,12648°E

Solar Access: Annual: 99% -- Summer (May-Oct): 99% -- Winter (Nov-Apr): 99%

