

ŠOLSKI CENTER VELENJE  
ELEKTRO IN RAČUNALNIŠKA ŠOLA  
Trg Mladosti 3, 3320 Velenje

MLADI RAZISKOVALCI ZA RAZVOJ ŠALEŠKE DOLINE

RAZISKOVALNA NALOGA

**POZICIONIRANJE SONČNIH CELIC**

Tematsko področje: Elektrotehnika, elektronika in robotika

Avtorja:

Tadej Hrastnik, 4. letnik

Leon Gros, 4. letnik

Mentor:

Peter Vrčkovnik, dipl. inž.

Velenje, 2010

## Kazalo vsebine

1	Uvod .....	7
1.1	Hipoteze: .....	7
2	Obnovljivi viri.....	8
2.1	Vrste obnovljivih virov energije:.....	10
2.2	Kakšne so prednosti uporabe obnovljivih virov energije? .....	11
3	Sončne celice .....	12
3.1	Kaj je to sončna celica?.....	13
3.2	Izdelava foto-voltaične celice .....	15
3.3	Vsakodnevna uporaba kolektorjev.....	16
3.4	Postavitev kolektorjev in učinkovitost .....	18
3.5	Delovanje foto-voltaičnih celic.....	20
4	Projektna naloga.....	22
4.1	Izdelek.....	22
4.2	Najin projekt deluje sledeče (pri številih glej sliko):.....	24
4.3	Delovanje.....	26
4.4	Rezultati.....	27
5	Zaključek.....	30
6	Zahvala.....	31
7	Viri in literatura .....	32

## Kazalo slik

Slika 1: Prikaz deleža proizvodnje iz OVE po letih .....	8
Slika 2: Raba obnovljivih virov in delež v skupni porabi energije v Sloveniji .....	9
Slika 3: Poraba obnovljivih virov v Sloveniji v letu 2008 .....	10
Slika 4: Sončna celica (delovanje).....	12
Slika 5: Princip delovanja celice.....	13
Slika 6: Proces pridobivanja električne energije iz celice .....	14
Slika 7: Potek izdelave foto-voltaičnega modula .....	15
Slika 8: Delovanje sistema v električnem omrežju .....	16
Slika 9: Kolektor sončnih celic na strehi .....	17
Slika 10: Kolektor sončnih celic na posebnem stojalu .....	17
Slika 11: Možnosti postavitve oz. vrtenja modulov a) fiksno, b) premik po eni osi (gor – dol), c) premik po dveh oseh (gor – dol, levo – desno) .....	18
Slika 12: Montaža modula v električno omrežje .....	19
Slika 13: Idealna sončna celica .....	20
Slika 14: Realna sončna celica .....	20
Slika 15: ATMEL Atmega 8 čip .....	23
Slika 16: Najina projektna naloga.....	23
Slika 17: Shema najine projektne nelože .....	24
Slika 18: Blokovna shema projektne nalože .....	25
Slika 19: Simbol za foto-diodo.....	25
Slika 21: Blokovna shema delovanja - proces delovanja.....	26
Slika 22: Tabela meritev .....	27
Slika 23: Graf meritev izhodne napetosti iz stacionarnega modula.....	28
Slika 24: Graf meritev izhodne napetosti iz pomičnega modula .....	28
Slika 25: Graf meritev svetilnosti v naravi .....	28
Slika 26: Graf meritev napetosti po mesecih .....	29
Slika 27: Tabela meritev povp. napetosti po mesecih .....	29

Raziskovalna in projektna naloga za poklicno matura: Pozicioniranje sončnih celic – Krmiljenje sončnih celic,  
HRASTNIK Tadej, GROS Leon, ŠCV ERŠ 2010

Raziskovalna naloga je bila opravljena na Šolskem Centru Velenje, ERŠ

Mentor: Peter Vrčkovnik, dipl. inž.

Datum predavitve:

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

KG	Sončne celice / obnovljivi viri / AVR krmilnik / modul sončnih celic
AV	HRASTNIK, Tadej / GROS, Leon
SA	VRČKOVNIK, Peter
KZ	3320 Velenje / SLOVENIJA / Trg Mladosti 3
ZA	Šolski Center Velenje, Elektro in računalniška šola
LI	2010
IN	Pozicioniranje sončnih celic – Krmiljenje sončnih celic
TD	Raziskovalna naloga
OP	VI, 32 s., 27 slik, 7 grafov, 2 el. shemi
IJ	SL
Jl	sl/en
AI	Dandanes smo se začeli vse bolj zavedati, da v prihodnosti ne bomo imeli več na razpolago fosilnih goriv (neobnovljiv vir), saj jih nam narava daje vse manj. Zaloge teh goriv so vse manjše in znanstveniki so prepričani, da je le-teh še za kakšno stoletje. Tako pa so odkrili, da je možno uporabljati vire, ki se nikoli ne izrabijo, za to jim rečemo obnovljivi viri oziroma alternativni viri energije. To so svetloba sonca, voda, veter ipd. Ti viri bodo v prihodnosti postali najpomembnejši in s tem edini način za pridobivanje energije. Najin namen in cilj naloge oziroma izdelka je, da s pomočjo sončnih celic oskrbimo naprave z električno energijo. Pokazati hočeva možen način izkoristka sončne svetlobe, ki jo s pomočjo modula sončnih celic spremenimo v električno energijo. Večji izkoristek bova iz sončnih celic dobila z nagibom le-teh, da se bodo s pomočjo elektro motorjema vrtele proti soncu in mu sledile. Temu bo pripomogla tudi oblika konstrukcije, saj se bo kolektor vrtel po dveh dimenzijah. Za lažji prenos sva na konstrukcijo pritrdila 4 kolesa. S tem bo projekt bolj mobilan.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- CX Solar cells / renewable sources / AVR controller / solar cell modul
- AU HRASTNIK, Tadej / GROS, Leon
- AA VRČKOVNIK, Peter
- PP 3320 Velenje / SLOVENIA / Trg Mladosti 3
- PB School Center Velenje, Electrical and Computer School
- PY 2010
- TI Positioning of solar panels - Control of solar cells
- DT Research assignment
- NO VI, 32 p., 27 pic., 7 graphs, 2 schemes
- LA SL
- AL sl/en
- AB Today we began increasingly aware that in the future we will have more available fossil fuels (non-renewable resource), as it gives us less and less nature. Stocks of these fuels are all small, and scientists believe that the latter is to some century. Thus, it was discovered that it is possible to use sources that are never exhausted, for they say renewable or alternative energy sources. These are the light of sun, water, wind, etc.. These resources will in future become the most important and the only way to generate energy. Our purpose and objective of the task or product, with the help of solar cells supply the plant with electricity. Possible way we want to show the efficiency of sunlight by using solar cell module further into electricity. We'll get more output from solar cells obtained with a rake of them that will be using electric engines focused on the sun, and followed him. This will also help shape the structure, since the collector will be playing two dimensions. To facilitate transmission, we affixed to the structure 4 wheels. This project will be more mobile.

# 1 Uvod

Sva Tadej Hrastnik in Leon Gros, dijaka 4. letnika Elektro in Računalniške Šole v Velenju. Za izdelek oz. storitev za 4. predmet poklicne mature sva se odločila, da kot raziskovalno nalogo narediva projekt o sončnih celicah, naslov projekta pa sva poimenovala KRMILJENJE SONČNIH CELIC oz. POZICIONIRANJE SONČNIH CELIC. Najin mentor je Peter Vrčkovnik, dipl. inž.. Modul oziroma kolektor sončnih celic, akumulator in ostale elektronske krmilne naprave sva dobila na izposojno iz šole, ogrodje, motorje, krmilnik AVR in ostalo pa je najina lastnina.

Dandanes smo se začeli vse bolj zavedati, da v prihodnosti ne bomo imeli več na razpolago fosilnih goriv (neobnovljiv vir), saj jih nam narava daje vse manj. Zaloge teh goriv so vse manjše in znanstveniki so prepričani, da je le-teh še za kakšno stoletje. Tako pa so odkrili, da je možno uporabljati vire, ki se nikoli ne izrabijo, za to jim rečemo obnovljivi viri oz. alternativni viri energije. To so svetloba sonca, voda, veter ipd. Ti viri bodo v prihodnosti postali najpomembnejši in s tem edini način za pridobivanje energije.

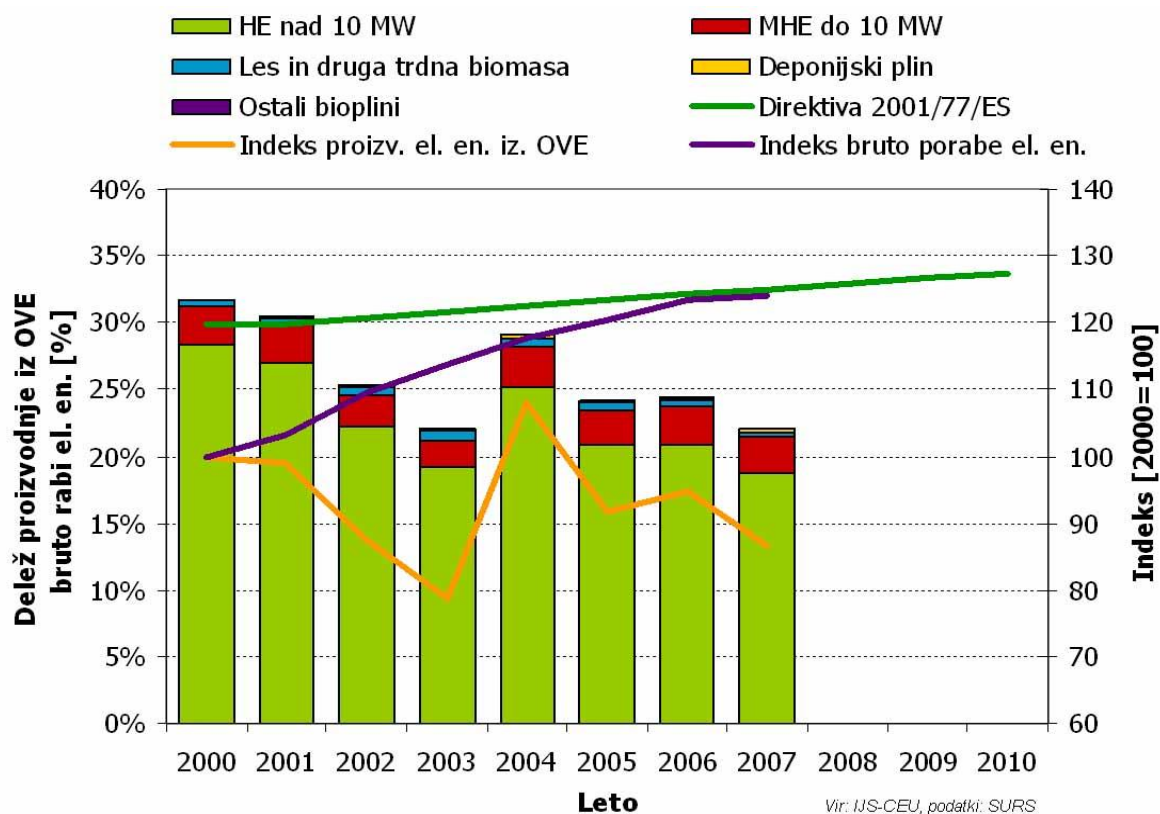
Najin namen in cilj naloge oziroma izdelka je, da s pomočjo sončnih celic oskrbimo naprave z električno energijo. Pokazati hočeva možen način izkoristka sončne svetlobe, ki jo s pomočjo modula sončnih celic spremenimo v električno energijo.

## 1.1 Hipoteze:

- Zaradi mobilnosti sončnih celic, bova pridobila več električne energije, saj jih bova lahko prestavljala iz prostora v prostor.
- Projekt ima takšno konstrukcijo, da se kolektor sončnih celic premika po dveh oseh. To nam omogoča boljši izkoristek sončne svetlobe, saj se premikajo sočasno s soncem.
- S pomočjo štirih foto-diod, se kolektor sončnih celic pomika sorazmerno s soncem in poišče najboljšo svetilnost.
- Z mobilnostjo projekta se investicija povrne prej, saj s tem pridobimo več energije, vendar je vložek v projekt večji.

## 2 Obnovljivi viri

Obnovljivi viri energije 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. Nekatere oblike obnovljivih virov so 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 biomas. 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. Zaradi tega se fosilna goriva (premog, nafta, zemeljski plin, šota ipd.) ne štejejo med obnovljive vire, čeprav se lahko obnovijo v zelo dolgem času.

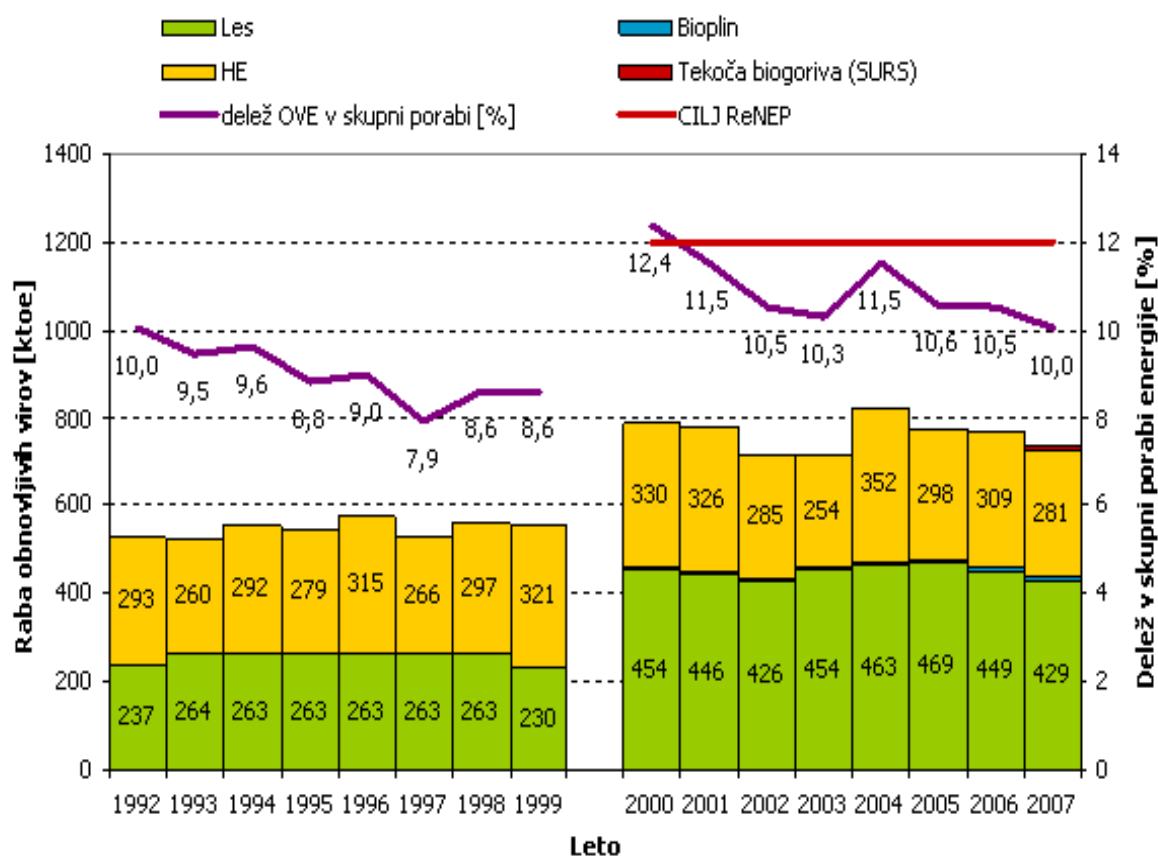


Slika 1: Prikaz deleža proizvodnje iz OVE po letih



Proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov energije (tudi: OVE-E) v večini primerov zahteva ukrepe za zagotavljanje enakih ali prednostnih možnosti kot proizvodnja iz klasičnih virov, kar številne države izvajajo z različnimi sistemi spodbujanja.

V Sloveniji je spodbujanje izvedeno na osnovi energetskega zakona z uredbami in sklepi vlade. V Sloveniji je soproizvodnja in proizvodnja električne energije iz obnovljivih virov energije združena v pravni pojem kvalificirana proizvodnja električne energije. Proizvajalci, ki ustrezajo pogojem, določenim v zakonodaji, si pridobijo status kvalificiranega proizvajalca in pripadajoče ugodnosti.



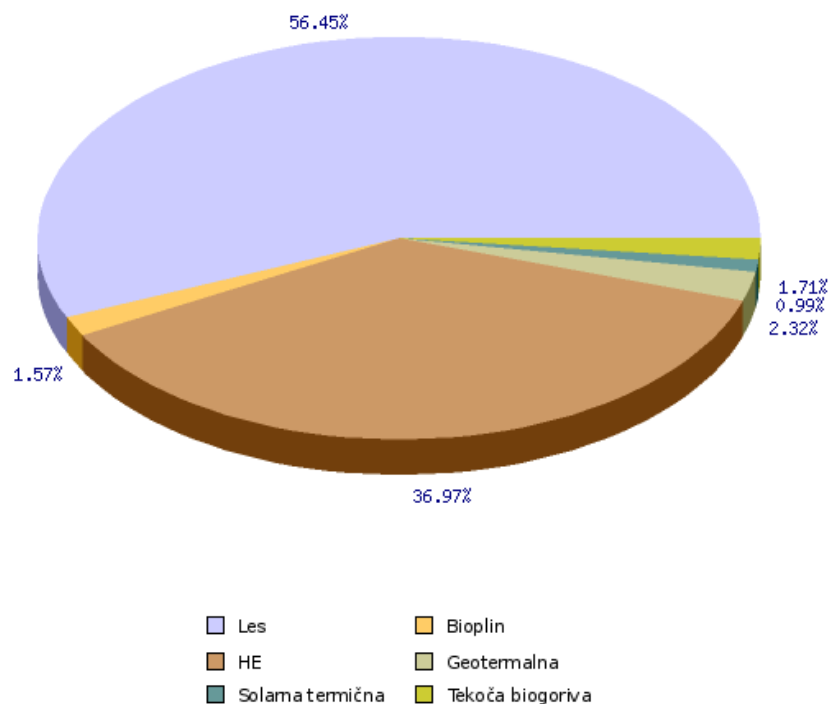
Slika 2: Raba obnovljivih virov in delež v skupni porabi energije v Sloveniji

Ob naraščanju porabe fosilnih goriv so znanstveniki v zadnjih desetletjih opazili v naravi spremembe, ki so bile v zgodovini značilne, da so se dogajale v daljših časovnih obdobjih tudi do desettisočletja. Danes vemo, da so posledica uporabe fosilnih goriv in snovi, ki se sproščajo pri njihovi uporabi. Torej je mogoče okolje ohraniti le z zamenjavo fosilnih goriv z

okoljsko bolj sprejemljivimi. V devetdesetih letih prejšnjega stoletja so strokovnjaki in politiki dosegli soglasje o tem, da je fosilna goriva mogoče nadomestiti edino z obnovljivimi viri in hkrati edino z njimi omogočiti več kot polovici človeštva osnovni energetski vir.

## 2.1 Vrste obnovljivih virov energije:

- Biomasa: les, rastlinska olja, biodizel, bio-plin, biohidrogen.
- Geotermalna energija: globoka in površinska geotermalna energija.
- Sončna energija: solarna elektrarna, solarna kemija, solarna termoelektrarna.
- Vetrna energija: vetrne elektrarne.
- Vodna energija: energija plimovanja, energija tokov, toplotno izkoriščanje, zajezitveno izkoriščanje, energija valovanja.



Slika 3: Poraba obnovljivih virov v Sloveniji v letu 2008

Energija plimovanja, ki jo izkoriščajo plimski podvodni generatorji, je zaenkrat slabo izkoriščen obnovljiv vir. Plimski generatorji so razmeroma nova tehnologija, ki deluje na podoben način kot vetrni generatorji. Zaradi gostote vode, ki je 832-krat večja od gostote zraka, lahko plimski generator proizvaja veliko bolj enakomerno in zanesljivo energijo. Tako kot pri vetrnem generatorju je treba tudi za vodni generator poiskati primerno mesto za njegovo delovanje. Poiskati je treba območja s hitrimi tokovi, kot npr. vhodi v reke, okoli skalnatih konic, okoli rtov ali med otoki.

## **2.2 Kakšne so prednosti uporabe obnovljivih virov energije?**

Prednosti uporabe obnovljivih virov energije se kaže v pozitivnem učinku na podnebje, stabilnosti v dobavi energije ter dolgoročni gospodarski koristi. Evropska komisija ocenjuje, da bo doseganje zastavljenih ciljev v podnebno-energetskem svežnju do leta 2020 pomenilo:

- zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub> v višini 600 do 900 milijonov ton letno;
- zmanjšanje porabe fosilnih goriv za 200 do 300 milijonov ton letno;
- zmanjšanje odvisnosti EU od uvoženih fosilnih goriv ter s tem povečanje stabilnosti dobave energije v EU;
- večje spodbude za razvoj visoko-tehnoloških industrij z novimi gospodarskimi priložnostmi in delovnimi mesti.

Uporaba obnovljivih virov energije in njihova vpeljava v gospodarske panoge naj bi predvidoma stala od 13 do 18 milijonov evrov. Ob tem je potrebno imeti v mislih, da gre za dolgoročno investicijo, ki bo imela ne le pozitivne učinke na varovanje okolja temveč bo hkrati znižala cene obnovljive energije. Hkrati se, v luči naraščajočih in nestabilnih cen nafte, zamisel o povečanju uporabe obnovljivih virov energije vsak dan bolj bliža realnosti. Samo lani se je na svetovni ravni vlaganje v trajnostno energijo povečalo za 43%, kar kaže na to, da se bo nadaljnji razvoj na tem področju le še povečeval.

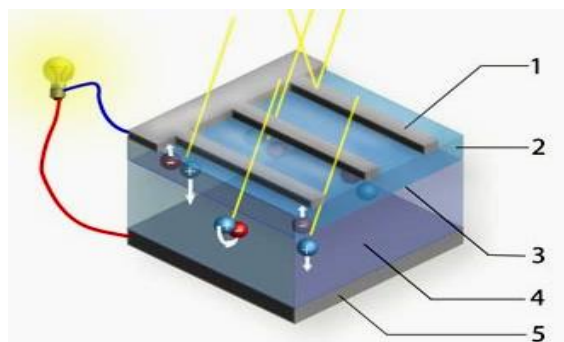
Toda uporaba obnovljivih virov energije ne prinaša le novih gospodarskih priložnosti, temveč tudi nova delovna mesta. S postopnim zniževanjem uporabe fosilnih goriv se bo sicer zmanjšalo število delovnih mest v tradicionalnih panogah za proizvodnjo energije, toda hkrati se bodo odprle priložnosti za nova delovna mesta. Obnovljiva energija v EU trenutno nudi približno 350.000 delovnih mest. Zaposlitvene možnosti so raznovrstne in segajo od visoko-tehnoloških do vzdrževalnih del ter del v kmetijstvu, na primer pri proizvodnji biomase.

### 3 Sončne celice

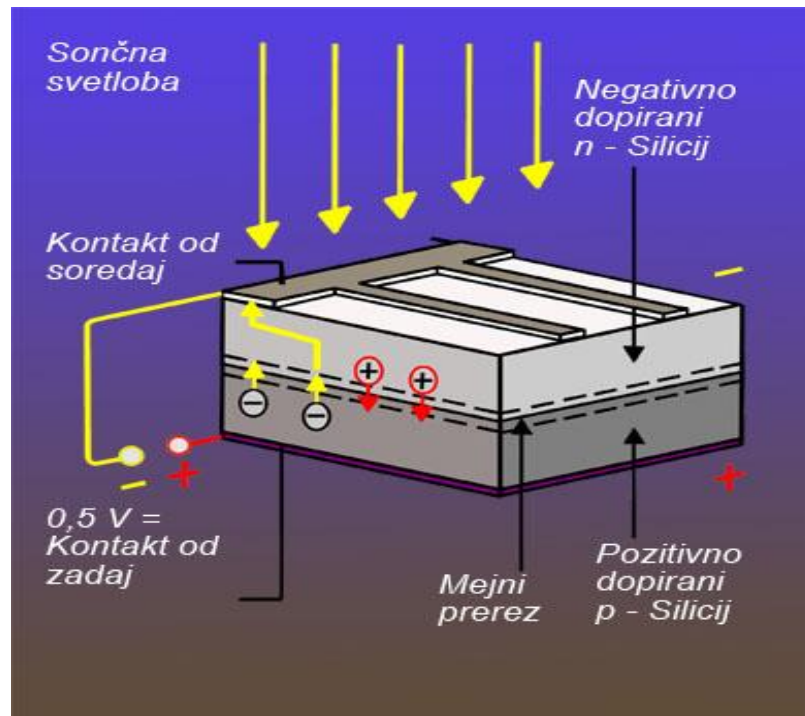
Sončne celice so v osnovi polprevodniške diode z veliko površino. Do pretvorbe energije svetlobe v električno energijo (tok) prihaja zaradi fotovoltaičnega pojava. Pri vpadu fotonov na kristalno mrežo polprevodnika fotoni oddajo svojo energijo kristalni mreži in če je energija dovolj velika ta pojav povzroča nastajanje prostih valenčnih elektronov. Svetlobna energija ne doteka kontinuirano, ampak v kvantih svetlobnega valovanja.

Energija kvantov je odvisna od valovne dolžine svetlobe oziroma elektromagnetnega valovanja in od tega je tudi odvisno število sproščenih elektronov. Prosti elektroni bodo nastali le v primeru, če bo energija vpadnih fotonov enaka ali večja kot  $W_L - W_V$  (meja valenčnega in prevodnega pasu).

(1)Zgornji kontakti, (2) N tip silicija, (3) Mejna plast, (4) P tip silicija, (5) Spodnji kontakt



Slika 4: Sončna celica (delovanje)



Slika 5: Princip delovanja celice

### 3.1 Kaj je to sončna celica?

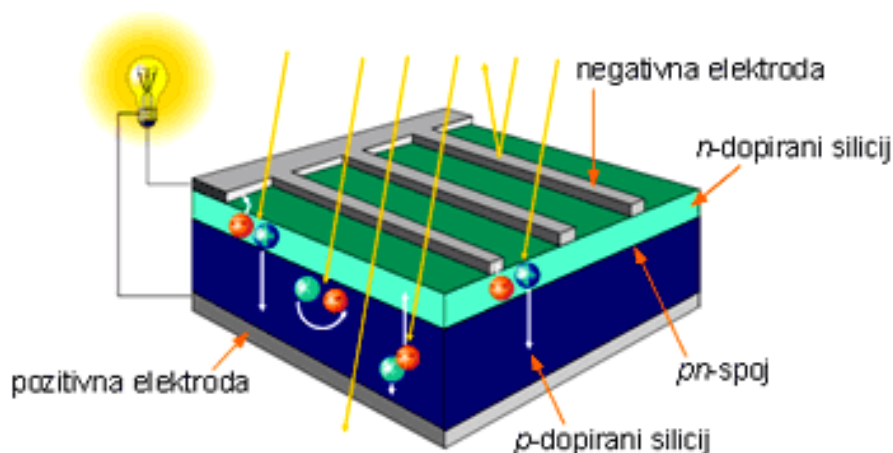
Sončna celica je naprava, ki sončne fotone (sončno energijo) s pomočjo elektronov pretvori v elektriko. Sončna celica je zgrajena iz dveh tankih plasti P in N tipa silicija (dva osnovna tipa polprevodnikov - N in P tip). N tip dobijo tako, da v čisti silicijev kristal dodajo primesi (1:106) 5-valentnih elementov (As, P ali Sb). P tip pa tako, da v čisti silicijev kristal dodajo primesi 3-valentnih elementov (najpogosteje indija).

Skupna debelina sončne celice je približno 0,3 mm. Pri obsevanju s sončno svetlobo (fotoni), se začnejo prevodniški elektroni in vrzeli gibati in ob meji med plastema prehajajo tudi na drugo stran. Prej je bila snov nevtralna zdaj pa je zaradi gibljivih nabojev, ki so odsotni, naelektrana in ozek pas ob meji je na strani P negativen na strani N pa pozitiven. Med njima je nastalo električno polje. Na ta način dobimo generator enosmerne električne napetosti.

Monokristalne sončne celice ne morejo pretvoriti več kot 25 % sončne energije v električno, zato ker sevanje infrardečega področja v elektromagnetnem spektru nima dovolj energije, da bi ločil pozitivne in negativne naboje v materialu. Polikristalne sončne celice imajo izkoristek manj kot 20%, amorfne sončne celice pa okoli 10% učinkovitosti.

Običajna monokristalna sončna celica dimenzije 100 cm<sup>2</sup> proizvede 1,5 W moči pri 0,5 V enosmerne napetosti in toku 3A pri polni sončni svetlobi (1000W/m<sup>2</sup>). Izhodna moč sončne celice je običajno sorazmerna s sončno obsevanostjo. Zelo pomembno dejstvo sončne celice je to, da je električna napetost večinoma konstantna neglede na sončno obsevanje.

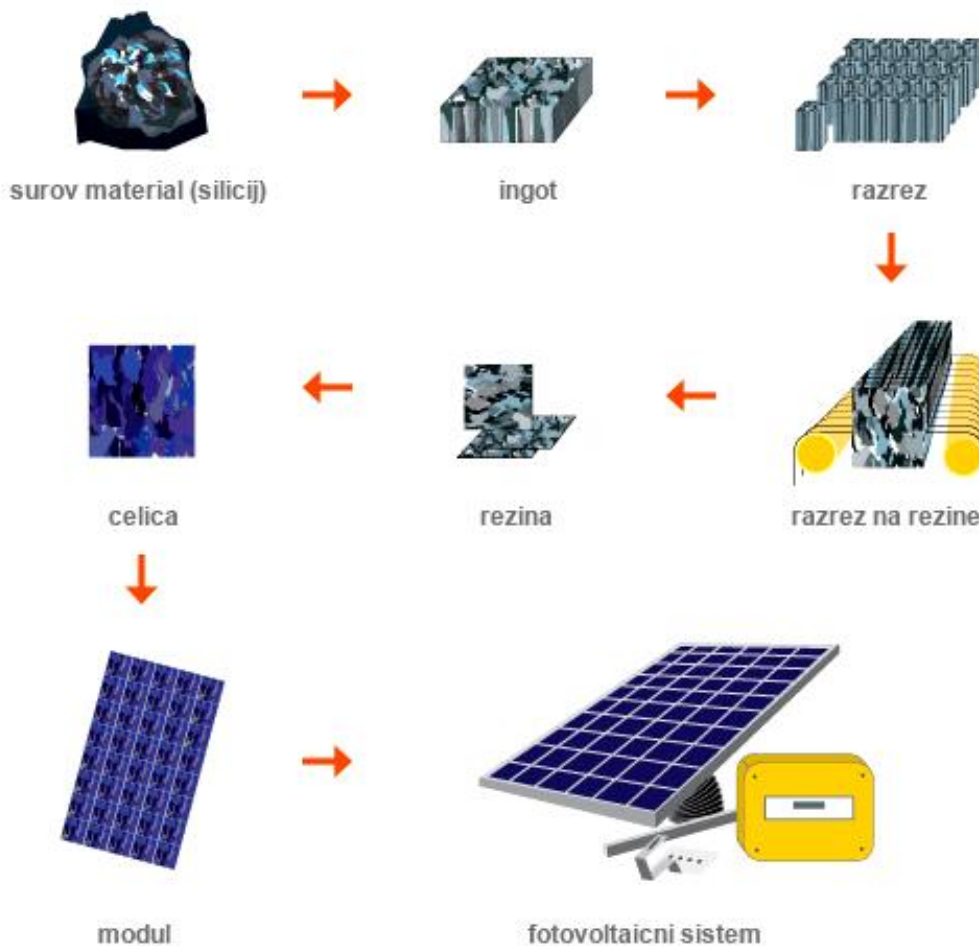
Ravno obratno pa se dogaja z električnim tokom, saj je le ta sorazmerno narašča z osvetlitvijo sončne celice. Izhodna moč sončne celice in izkoristek se povečata tako, da je sončna celica usmerjena čim bolj pravokotno proti soncu ali z dodajanjem koncentradorjev svetlobe in leča. Seveda pa obstajajo omejitve pri tem procesu povečevanja izhodne moči. Sončne celice se na ta način bolj grejejo, z gretjem pada izhodna napetost, posledično pa moč sončne celice, zato je treba sončne celice hladiti.



Slika 6: Proces pridobivanja električne energije iz celice

### 3.2 Izdelava foto-voltaične celice

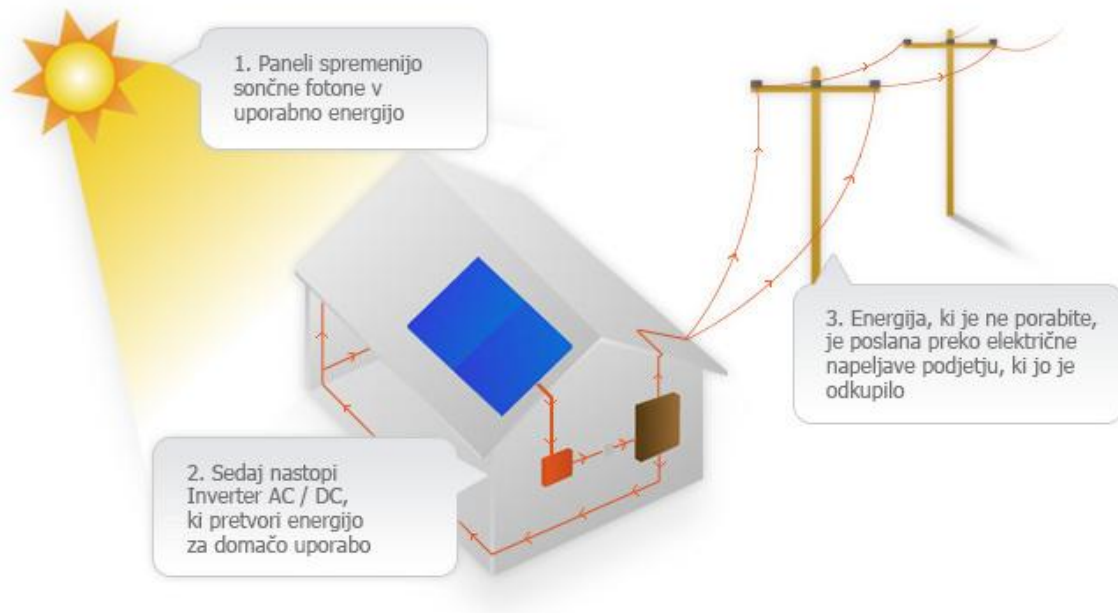
Iz surovega materiala (silicija), ki ga izkopavajo, silicij nato predelajo v posebno predelan material (ingot). To stisnjeno ploščad razrežejo na manjše kvadre in jih po večjem razrezu s posebnimi noži, razrežejo še na tanke rezine, ki so osnove za celico. Te rezine posebno obdelajo v celice in jih po več skupaj sestavijo v modul. Te celice so med sabo tudi povezane, na izhodu modula pa dobimo njihovo izhodno napetost. Kolektor sončnih celic pritrdimo na posebno mesto (fiksiramo ali pa pritrdimo na stojalo, ki se pomika sorazmerno s soncem).



Slika 7: Potek izdelave foto-voltaičnega modula

### 3.3 Vsakodnevna uporaba kolektorjev

Sončne celice uporabljamo za pridobivanje električne energije. Iz sončne svetlobe preko kolektorja in celic pridobivamo napetost oz. električno energijo, ki jo imamo ali skladiščimo za električne porabnike. Sončne celice bodo postale vedno bolj pogost pojav pri gospodinjstvu, saj so zelo lahko za uporabljati in ne onesnažujejo ali kakorkoli uničujejo svet. Tako je s pomočjo sončnih celic pridobivanje električne energije popolnoma brez onesnaženja Zemlje. To bo v nadalje zelo pomembna investicija.



Slika 8: Delovanje sistema v električnem omrežju



Sončne celice lahko pritrdimo na:

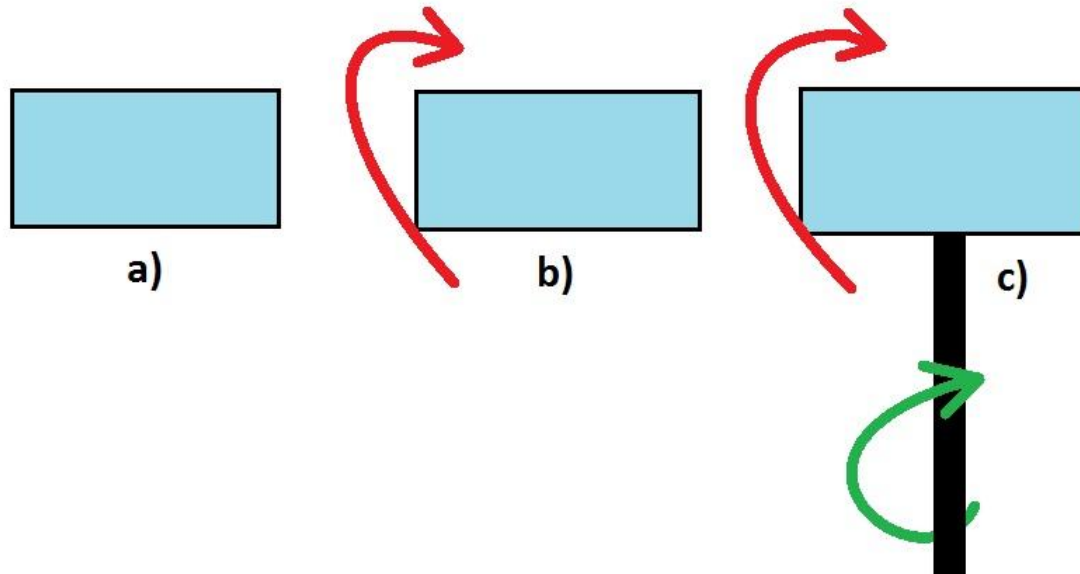
- Razna stojala, ki kolektor premikajo le po eni osi (sever – jug)
- Stojala, ki kolektor premikajo po dveh oseh (sever – jug, vzhod – zahod). Pri tem imamo večji izkoristek.
- Streho hiše oziroma poslopja, kje je kolektor fiksen in se ne premika.



Slika 9: Kolektor sončnih celic na strehi



Slika 10: Kolektor sončnih celic na posebnem stojalu



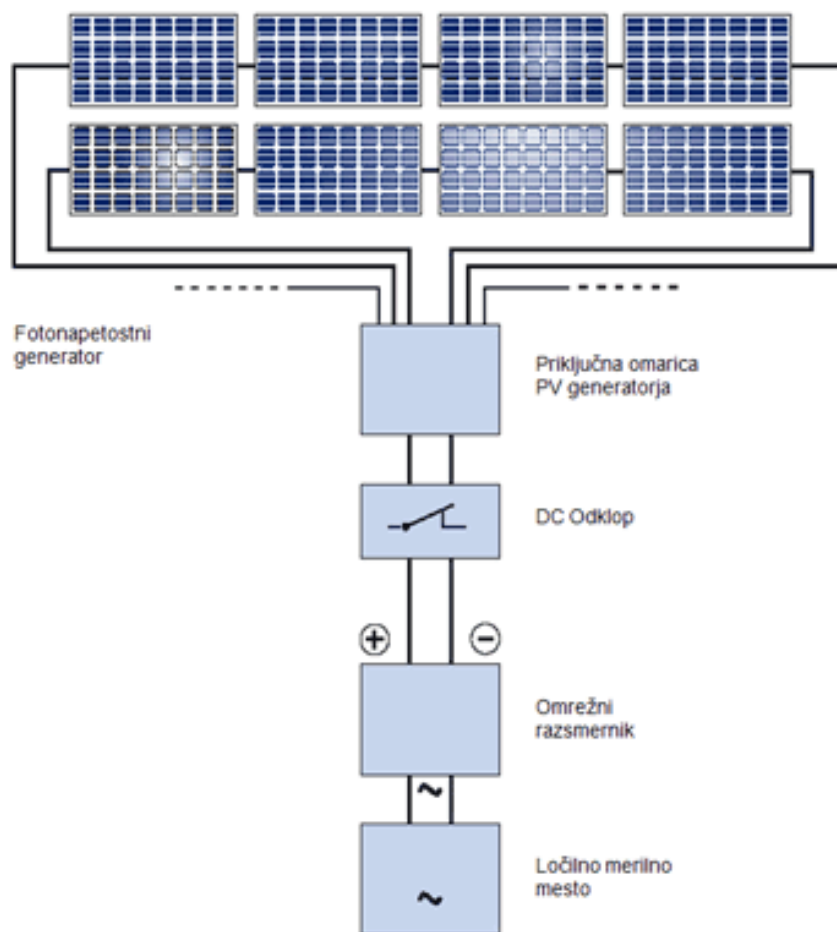
Slika 11: Možnosti postavitve oz. vrtenja modulov a) fiksno, b) premik po eni osi (gor – dol), c) premik po dveh oseh (gor – dol, levo – desno)

### **3.4 Postavitev kolektorjev in učinkovitost**

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.

Problem pri uporabi sončnih celic je razmerje med njihovo ceno in učinkovitostjo. Če je dan lep, sonce opoldne seva z močjo 1000 W, kar pomeni, da bi s tako veliko ploščo sončnih celic, ki imajo 10 odstotno izrabo, dosegli moč 100 W. Sončne celice izrabijo od 6 do 30 ali celo več odstotkov sončne energije. Zadnje so lahko kar 100-krat dražje od manj zmogljivih, a so le 4-krat bolj učinkovite.

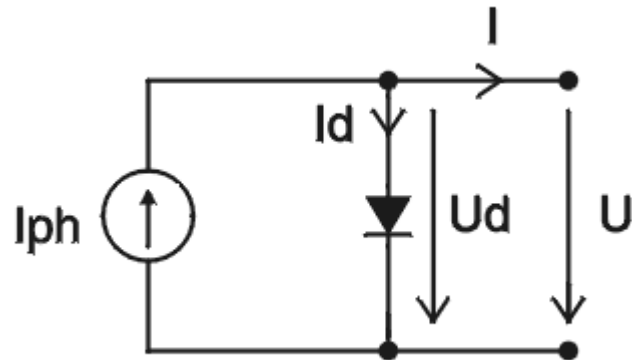
Kljub temu nekateri izračuni kažejo, da se uporaba sončnih celic za pridobivanje energije dolgoročno splača, saj v povprečno 5-ih letih uporabe proizvedejo toliko energije, kolikor je bila vrednost njihove izdelave. Povprečna življenjska doba sončne celice je kar 40 let. Energija iz sončnih celic je za zdaj neprimerno dražja od elektrike iz tradicionalnih elektrarn, je prijazna do okolja in kot nalašč primerna za preskrbo odročnih območij z energijo.



Slika 12: Montaža modula v električno omrežje

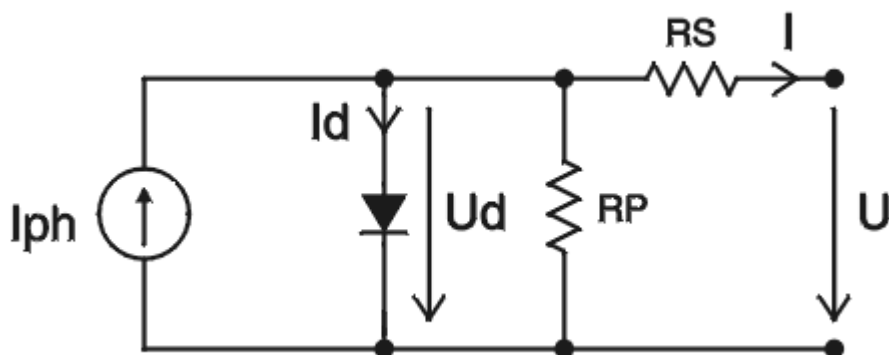
### 3.5 Delovanje foto-voltaičnih celic

Primer: Shema idealne sončne celice



Slika 13: Idealna sončna celica

Primer: Realni model sončne celice z upoštevanjem serijske upornosti  $R_s$  in paralelne upornosti  $R_p$ , katerih posledica sta padec napetosti realne sončne celice in parazitni tokovi.



Slika 14: Realna sončna celica

**Termična napetost**  $U_T$  ( V ) je določena s sledečim izrazom:

$$V_T = \frac{k \cdot T}{q}$$

k - Boltzmanova konstanta =  $1.38 \times 10^{-23}$  J/K

T - Temperatura (K)

e - Naboj elektrona (V) =  $1.6 \times 10^{-19}$  As

Delovno točko idealne sončne celice določata obremenitev celice in sončno obsevanje. S spreminjanjem vrednosti bremena v mejah med 0 in neskončno, lahko nastavljamo poljubno delovno točko sončne celice (nastavitev  $U_c$  in  $I_c$ ). Na sliki je prikazana U-I karakteristika sončne celice in izhodna moč celice med delovanjem celice v praznem teku in kratkem stiku.

Zelo pomembna točka v U-I karakteristiki sončne celice je točka maksimalne moči - MPP. V praksi to točko le redko dosegamo, saj pri ustreznih vrednostih sončnega obsevanja, ki bi zagotavljale maksimalno izhodno moč, naraste tudi temperatura celice, kar posledično vpliva na zmanjševanje izhodne moči. Kot merilo kvalitete sončnih celic vpeljemo faktor polnjenja (fill factor - FF). Določimo ga s sledečo enačbo:

$$FF = \frac{I_{mpp} \cdot V_{mpp}}{I_{sc} \cdot V_{oc}}$$

$I_{mpp}$  - tok v točki MPP ( A )

$U_{mpp}$  - napetost v točki MPP ( V )

$I_{sc}$  - tok kratkega stika ( A )

$U_o$  - napetost odprtih sponk ( V )

$$FF \approx \frac{v_{oc} - \ln(v_{oc} + 0.72)}{v_{oc} + 1}$$

$v_{oc}$  - napetost izračunana s spodnjo enačbo ( V )

$$v_{oc} = V_{oc} \frac{q}{m \cdot k \cdot T}$$

k - Boltzmanova konstanta =  $1.38 \times 10^{-23}$  J/K

T - temperatura ( K )

q - naboj elektrona =  $1.6 \times 10^{-19}$  As

m - faktor idealnosti diode

$V_{oc}$  - napetost odprtih sponk ( V )

## 4 Projektna naloga

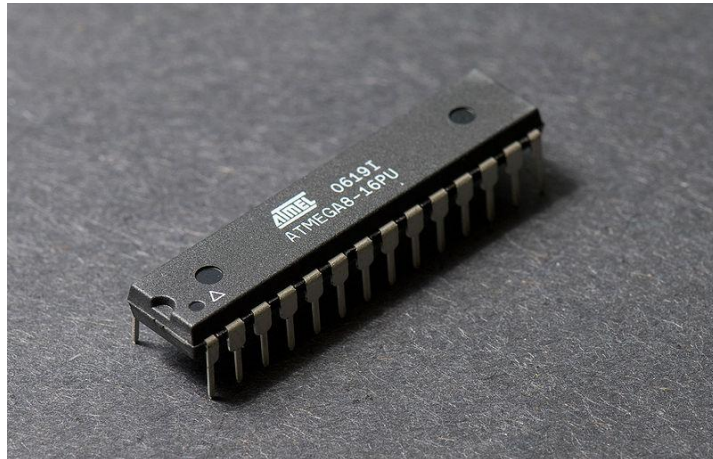
### 4.1 Izdelek

Pri projektnej delu Krmiljenje sončnih celic – Pozicioniranje sončnih celic, je kar nekaj potrebnih elementov in materiala. Osnovna oblika projekta daje ogrodje, ki je iz železnega materiala. Sestavljen je iz spodnjega dela, na katerem so pritrjena kolesa za lažje premikanje po prostoru in prostor za akumulator in ostalo elektronsko krmilno tehniko. Ogrodje ima dva ležaja, ki služita za premikanje po X in Y osi. Na vrh pa je pritrjen kolektor sončnih celic.

Za napajanje elektronskih krmilnih naprav in shranjevanje električne energije se uporablja navaden 12V avtomobilski akumulator. Glavni del je kolektor sončnih celic, ki je sestavljen iz 36 foto-voltaičnih celic. Uporabila sva tudi elektronski krmilnik, ki krmili napajanje in odvzem

električne energije iz in v akumulator. Za zahtevnejše porabnike pa uporablja usmernik, ki iz 12V enosmerne napetosti usmeri na 230V izmenične napetosti.

Celotno krmiljenje sončnih celic pa je napisano v AVR krmilniku, ki ima možnost povezave z osebnim računalnikom. Nanj sva s pomočjo PC-ja napisala program za krmiljenje celic. Program se shrani v procesorsko vezje ali čip tipa ATMEL – Atmega8.



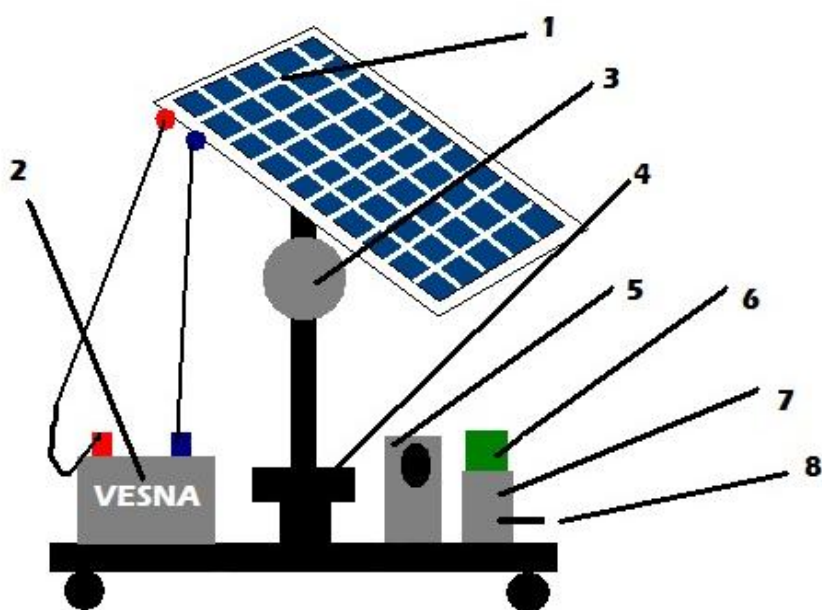
Slika 15: ATMEL Atmega 8 čip



Slika 16: Najina projektna naloga

## 4.2 Najin projekt deluje sledeče (pri številih glej sliko):

Na stojalu, ki se vrti po X in Y osi, je pritrjen kolektor z 36 celicami (št.1). V spodnjem delu stojala pa je navaden 12 voltni avtomobilski akumulator (št.2), krmilni sistem za napajanje (št.5), usmernik (iz 12V DC – enosmerna napetost v 230V AC – izmenična napetost) (št.7), ki na izhodu da omrežno napetost (št.8) in krmilnik AVR (št.6), ki krmili pozicioniranje. Temu sta v pomoč dva elektro motorja (št.3, 4), ki sta vezana na 12V DC in kot izhodni enoti na AVR krmilniku. Tako preko jermena oz. verige dajeta prenos zobniku na drugi strani. Preko tega se kolektorska celica pomika gor oziroma dol in levo oziroma desno.



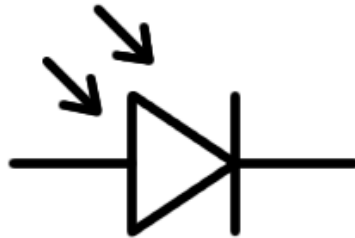
Slika 17: Shema najine projektne neloge

AVR krmilniku je preko računalnika vpisan program za krmiljenje motorja. Izhodne enote sta dva elektro motorja, vhodne spremenljivke programa pa so štiri foto-diode, ki zaznavajo spekter in moč svetlobe. Postavljene so na križ, na katerem je, ob spreminjanju lege sonca, padala senca na vsako diodo. Tako program prepozna lego sonca in požene motorja na to lokacijo (po X ali Y osi). Iz kolektorja dobimo pridobljeno napetost preko krmilnika za napetost na akumulator in iz njega na porabnike in usmernik.

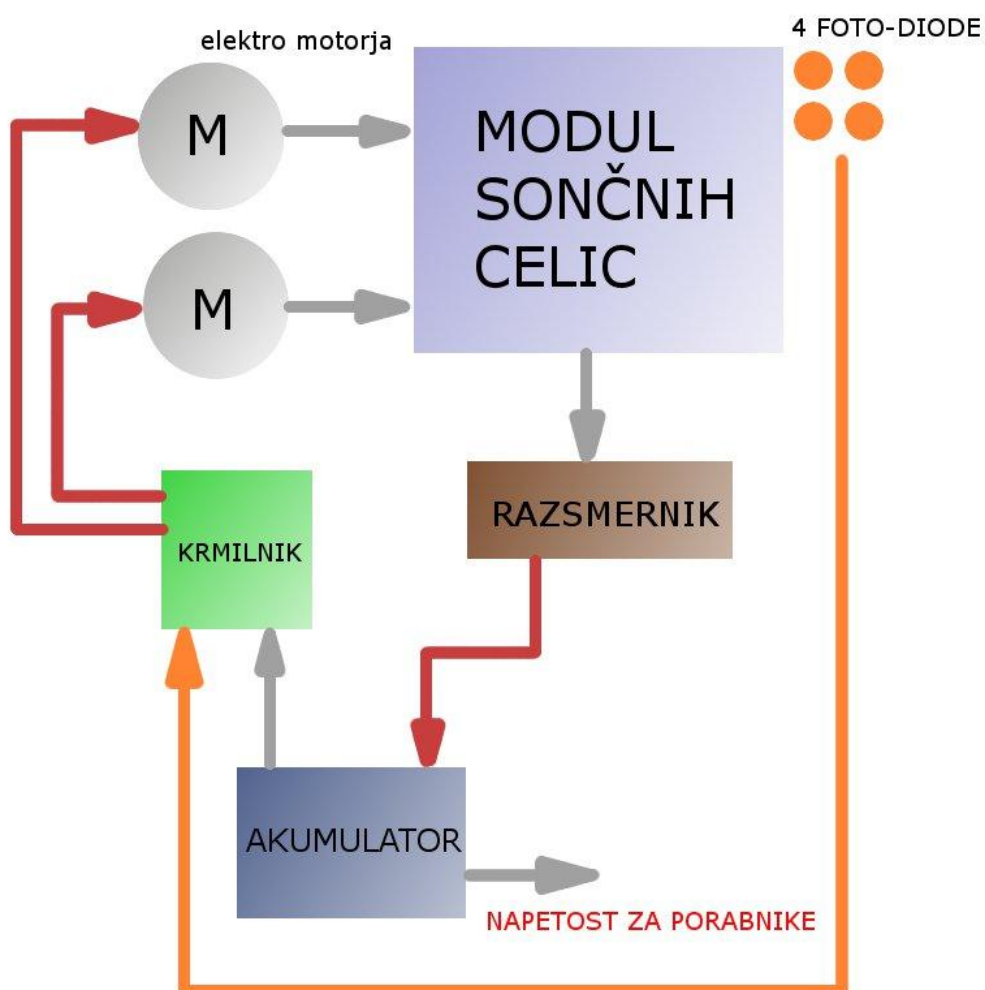
Senzor za premik sonca je sestavljen iz štiri foto-diod, katerim ob spremembi svetlobe spreminja izhodna upornost (slabša je svetloba, večja je upornost foto-diode in obratno). K foto-diodi zaporedno vežemo upor določene vrednosti, saj je potreben za omejitev toka. Te



štiri foto-diode so pritrjene na poseben križ, ki ima štiri prostorčke, velike 2 x 2cm. Ob svetlobi sonca, ki bo padal v prostorčke, se bo na posameznih diodah spreminjala upornost in s tem bo krmilnik oziroma program zaznal, kje se nahaja najmočnejša sončna svetloba.



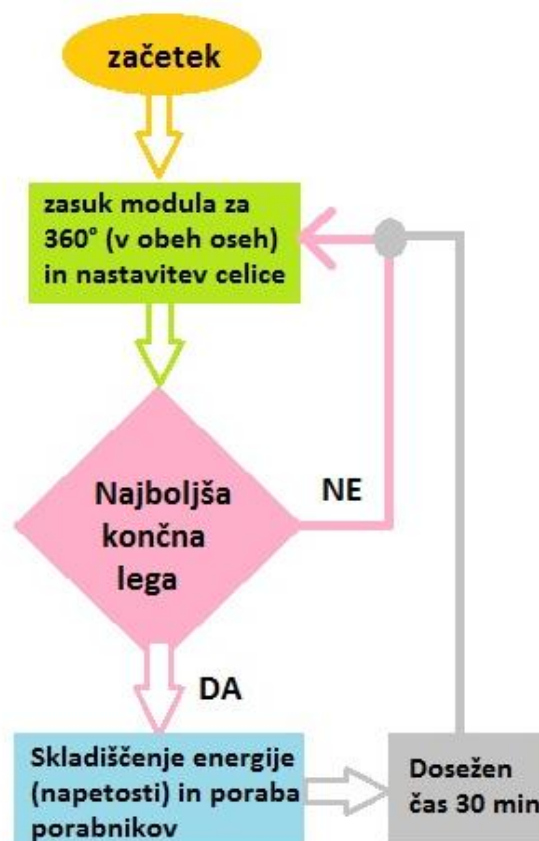
Slika 19: Simbol za foto-diodo



Slika 18: Blokovna shema projektne naloge

### 4.3 Delovanje

Ko se vsa zadeva vključi, krmilnik zazna vhodne enote, ter s tem zazna tudi štiri foto-diode, ki že oddajajo podatek (upornost), kakšna je svetilnost. Najprej se s pomočjo elektro motorja zavrti po osi vzhod – zahod za celoten krog (360°), nato izmeri, kje je najboljša svetilnost in se postavi na želeno mesto. Ko se ta program izvede, se modul zavrti še po osi sever – jug in natančno določi pozicijo, kjer je svetilnost najboljša za izkoristek. Ko doseže želeno mesto, se ustavi in ostane na tej poziciji 30 minut. Po 30 minutah se program znova zažene in začne od začetka (obradi za 360°, preverjanje svetilnosti). Med časom tridesetih minut, pa se dobljena energija na izhodu celic skladišči v 12V akumulator, od koder se tudi energija za porabnike porablja.



Slika 20: Blokovna shema delovanja - proces delovanja

### Potek delovanja:

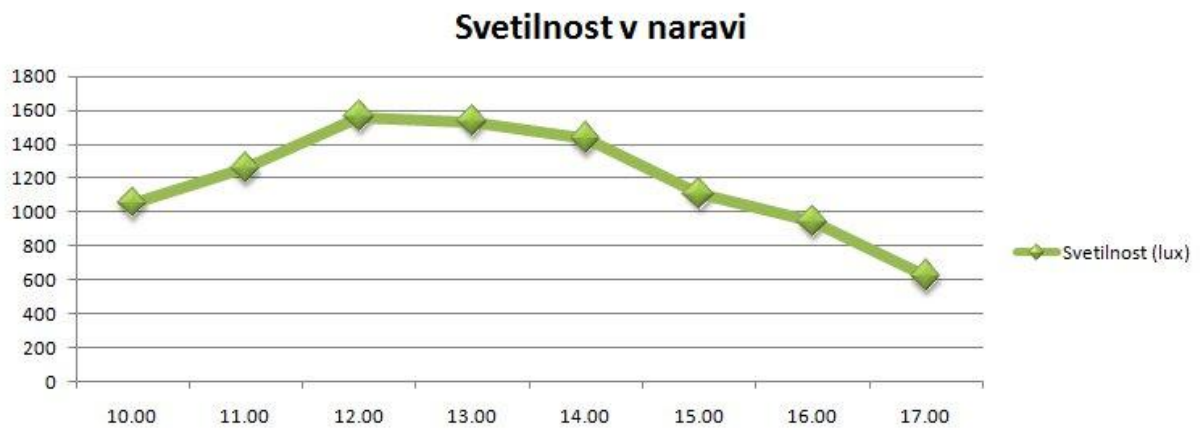
- Začetek – program se vključi in prepozna vhodne in izhodne enote
- Modul se zavrti za 360° (v obeh oseh)
- Ko najde lego sonca, se vpraša če je ta najboljša. Če je odgovor NE, potem prične novo iskanje optimalne lege, če pa je odgovor DA, pa nadaljuje s procesom.
- Skladiščenje energije (napetosti, pridobljene iz kolektorja) in poraba energije (porabniki, priključeni na modul).
- Ko časovniku poteče 30 minut, se program znova zažene, in prične z nastavitvijo lege. To je potrebno, saj bo modul le tako sledil soncu.

## **4.4 Rezultati**

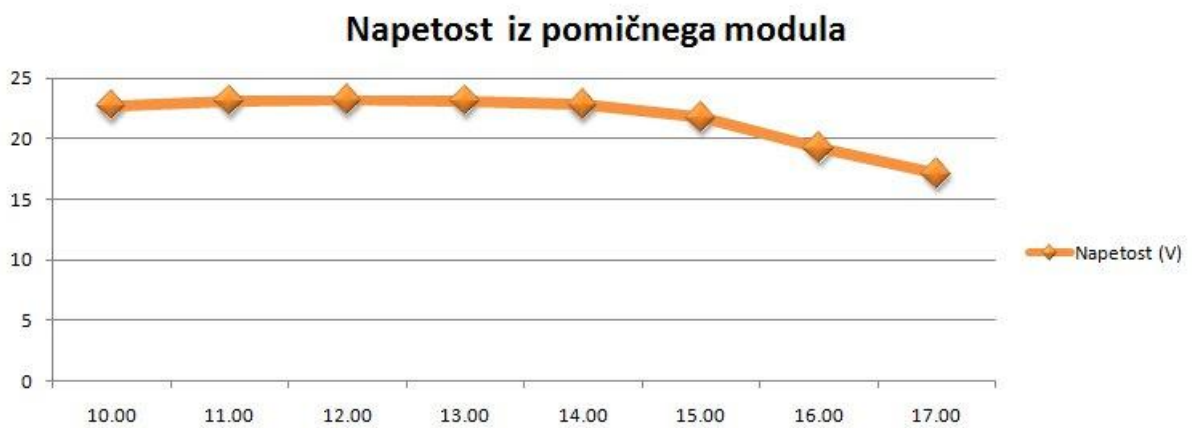
Dne, 18. marca 2010 sva napravila meritve na modulu in meritve svetilnosti. Izmerila sva svetilnost (izmerjeni v lux-ih), tako, da sva sonda lux-metra obrnila proti severu, 90° obrnjeno od sonca. Izmerila sva, da je najnižja vrednost bila 621 lux-ov (ob 17. uri, ko se je počasi mračilo) in najvišjo vrednost 1562 lux-ov (ob 12. uri, ko ima sonce največjo moč). Ob določenem času sva izmerila tudi izhodno napetost modula. Imela sva premični modul in stacionaren modul (nepremični modul). Če se je modul vrtel sorazmerno s soncem, je napetost bila skoraj konstantna (cca. 20 V), če pa je modul bil stacionaren, pa je napetost nihala glede na pozicijo sonca (od 4,7 V do 21,6 V).

STACIONAREN MODUL									
Ura	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	
Napetost (V)	7,2	9,6	19,2	21,6	19,5	16,2	11,1	4,7	
PREMIČNI MODUL									
Ura	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	
Napetost (V)	22,7	23,1	23,2	23,1	22,8	21,7	19,2	17,1	
LUX-METER									
Ura	10.00	11.00	12.00	13.00	14.00	15.00	16.00	17.00	
Svetilnost (lux)	1053	1259	1562	1533	1432	1107	942	621	

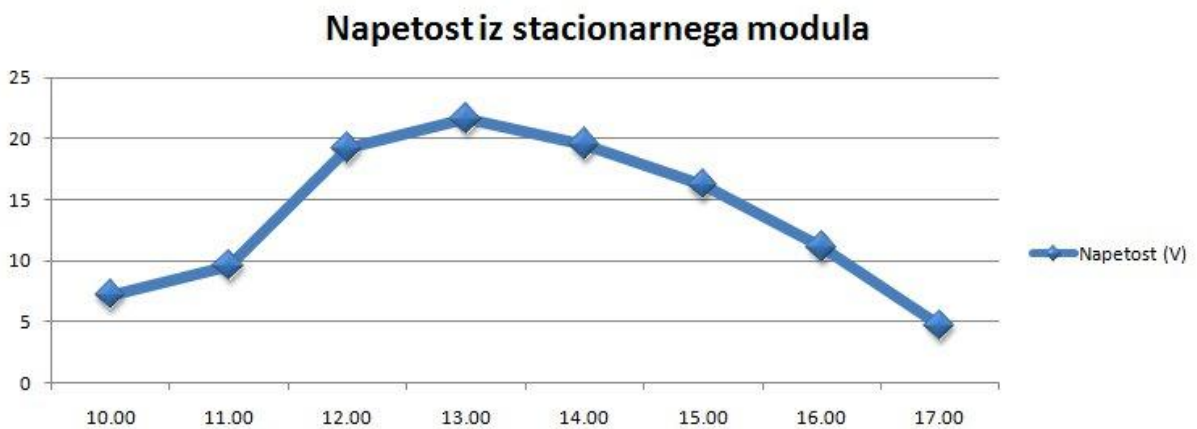
Slika 21: Tabela meritev



Slika 24: Graf meritev svetilnosti v naravi



Slika 23: Graf meritev izhodne napetosti iz pomičnega modula



Slika 22: Graf meritev izhodne napetosti iz stacionarnega modula

Opravila sva tudi meritve v večjem časovnem obdobju. Merila sva kolikšno povprečno vrednost napetosti dobimo na izhodu kolektorja za vsak mesec posebej. Meritve so potekale od septembra 2009 do marca 2010. Ugotovila sva, da povprečno najvišjo vrednost napetosti (19,6 V - september) dobimo v toplejših mesecih, saj ima takrat sonce najmočnejši učinek in s tem dobimo večji izkoristek pri pridobivanju energije. Najnižjo vrednost povprečne izhodne napetosti iz modula (12,4 V – december) pa dobimo v bolj mrzlih mesecih, saj takrat sonce nima tolikšne moči, da bi bil izkoristek velik.

Mesec	SEP	OKT	NOV	DEC	JAN	FEB	MAR
Povp. napetost iz kolektorja (V)	19,6	17,1	15,2	12,4	12,9	14,8	17,3

Slika 26: Tabela meritev povp. napetosti po mesecih



Slika 25: Graf meritev napetosti po mesecih

## 5 Zaključek

Projektno nalogo, ki sva jo naredila, se je odzvala zelo dobro. Dokončan izdelek je delal po najinih željah, čemur sva zadovoljna. S programom, ki sva ga vnesla v krmilnik, sva dosegla, da se je kolektor sončnih celic, s pomočjo dveh elektro motorjev vrtel oziroma sledil soncu. Na izhodu sva dobila želeno napetost, ki sva jo uspešno shranjevala v akumulator. Manjše težave sva imela pri iskanju primernih elektro motorjev, ker niso zadostovali potrebam za krmiljenje sistema, saj so imeli zadostno moč, vendar prevelik navor. Ob delu sva se veliko naučila in spoznala lastnosti foto-voltaičnega sistema, ter bila seznanjena z marsikatero koristno informacijo. Z nalogo sva bila osredotočena tudi na okolje, saj sva dosegla najin cilj, kako spremeniti način pridobivanja energije in uporabljati obnovljiv vir, sončno svetlobo. To projektno nalogo sva si izbrala, saj se oba izobražujeva za poklic elektrotehnik elektronike in je v njej možno opaziti veliko predmetov ter pojmov iz področja elektronike in energetike.

Rezultate, ki sva jih merila so pokazali realno stran sončnih celic. Največji izkoristek imajo v poletnih mesecih, ko je moč sonca največja, najmanjši izkoristek pa imamo v zimskih mesecih, ko je moč sonca majhna, s tem pa ne dobimo toliko energije. Problem pri zimskih mesecih je tudi število sončnih dni, ki pa tudi vplivajo na količino pridobljene energije.

Navedene hipoteze sva potrdila, saj je izkoristek boljši, ko imamo premične oziroma je slabši, kadar imamo stacionarne celice. Vendar pa se pojavi problem, pri premikanju modula, saj za to potrebujemo dva elektro motorja, ki regulirata oziroma usmerjata modul proti soncu. S tem pa potrebujemo nekaj dodatne energije. To slabost sva odpravila, da sva nastavila čas pozicioniranja (na 30 minut), saj ni potrebno, da se modul ves čas vrti oziroma pozicionira sorazmerno s soncem. S tem sva porabila bistveno manj energije.

## 6 Zahvala

Zahvaljujema se najinemu mentorju g. Petru Vrčkovniku, dipl. inž., za dostojen učiteljski pristop, kvalitetno razlago pri pouku ter pomoč in pripravljenost pri najini izvedbi projektne naloge oziroma raziskovalne naloge. Zahvaljujema se tudi Elektro in računalniški šoli, ki nama je omogočila izvesti projekt, saj nama je posodila potrebne elektronske elemente in kolektorski sistem (foto-voltaični sistem). Zahvalila pa bi se tudi ge. Marjeti Primožič, ki nas je dosledno in prijazno vodila skozi šolsko leto v okviru Mladih raziskovalcev.

## 7 Viri in literatura

[http://www.e-bajt.si/soncne\\_celice.html](http://www.e-bajt.si/soncne_celice.html), 6.3.2010

<http://www.pvresources.com/si/soncnecelice.php>, 6.3.2010

[http://soncna-elektrarna.com/images/fck\\_uploads/proces\\_izdelave](http://soncna-elektrarna.com/images/fck_uploads/proces_izdelave), 6.3.2010

<http://www.gorenjske-elektrarne.si/resources/files/pic/soncne-celice>, 6.3.2010

<http://www.sonic.net/~lilith/EnviraFuels/images/renewable-energy.gif>, 6.3.2010

[http://www.delo.si/assets/media/picture/20080723/sz5\\_soncne.celice](http://www.delo.si/assets/media/picture/20080723/sz5_soncne.celice), 6.3.2010

<http://www.evropa.gov.si/si/energetika/obnovljivi-viri-energije/>, 6.3.2010

<http://ltgovernors.com/wp-content/uploads/2009/08/solar-array.png>, 6.3.2010

[http://www.instalater.si/slike//graf\\_pasuvna\\_hisa\\_1\\_copy.jpg](http://www.instalater.si/slike//graf_pasuvna_hisa_1_copy.jpg), 6.3.2010

[http://www.erevija.com/slike/Recepti/Slika-1\\_01\\_copy.jpg](http://www.erevija.com/slike/Recepti/Slika-1_01_copy.jpg), 6.3.2010