

ČISTA I NEISCRPNA – SOLARNA ENERGIJA

Učenik: **Ivan Vrlika**

4. razred općeg smjera gimnazije

Mentorica: **Sanja Fabac**, dipl. inž. biologije

adresa za kontakt: sanja.fabac1@optinet.hr

Gimnazija Vladimira Nazora

Perivoj Vladimira Nazora 3, 23000 Zadar

tel/fax : 023 315 311

email: gimnazija-vn@zd.t-com.hr

SADRŽAJ

1. SAŽETAK	2
2. SUNCE KAO OBNOVLJIVI IZVOR ENERGIJE	3
3. VRSTE SOLARNIH SUSTAVA	5
3.1. FOTONAPONSKI SOLARNI SUSTAVI.....	5
3.1.1. KRISTALI	5
3.1.2. SVOJSTVA POLUVODIČA.....	6
3.1.3. NAČELO RADA POLUVODIČKE DIODE (PN-spoj)	7
3.1.4. POČETAK RAZVOJA SOLARNIH ČELIJA I NJIHOVE UPOTREBE.....	8
3.1.5. FOTONAPONSKI EFEKT I NAČELO RADA SOLARNIH ČELIJA.....	9
3.1.6. IZRADA SOLARNIH ČELIJA I PANELA	10
3.1.7. VRSTE FOTONAPONSKIH SOLARNIH SUSTAVA	13
3.2. TOPLINSKI SOLARNI SUSTAVI.....	21
4. PREDNOSTI I NEDOSTATCI SOLARNIH SUSTAVA	26
5. SOLARNI SUSTAVI U EUROPI I SVIJETU.....	28
6. SOLARNI SUSTAVI U HRVATSKOJ	30
7. ENERGETSKO – EKOLOŠKI DOPRINOS SOLARNIH SUSTAVA I NJIHOVA ISKORISTIVOST	32
8. PRIMJENE SOLARNIH SUSTAVA U ŽIVOTU ČOVJEKA.....	34
9. ANKETA	37
10. ZAKLJUČAK.....	41
11. ZAHVALE.....	42
12. LITERATURA.....	43

1. SAŽETAK

Shvaćajući da neobnovljivi izvori energije ugrožavaju okoliš i ljude, svijet se u 21. stoljeću okreće prema obnovljivim izvorima energije. Jedan od njih je **sunce**.

U Hrvatskoj, Dalmacija ima najviše potencijala obnovljivih izvora u području iskorištavanja energije sunca. Zato sam svoj rad bazirao na dijelom energetske neovisnom objektu, Srednjoj školi Vice Vlatkovića u Zadru koja ima solarnu fotonaponsku centralu snage 10kW.

Uređaji u kojima se odvija fotonaponska pretvorba energije zovu se **solarne ćelije**. U svom radu opisat ću proces dobivanja električne energije pomoću solarnih ćelija, istražiti kako promjene u sustavu utječu na njegovu učinkovitost, anketirat ću učenike kako bih ispitao razinu informiranosti o zastupljenosti i korisnosti sustava, istražiti ću utjecaj sustava na okoliš te ukazati na prednosti korištenja spomenutog sustava u raznim aspektima života čovjeka.

Metode koje sam koristio za ostvarivanje cilja su: proučavanje literature, prikupljanje podataka na terenu, anketiranje, promatranje, fotografiranje, intervjuiranje, snimanje i mjerenje.

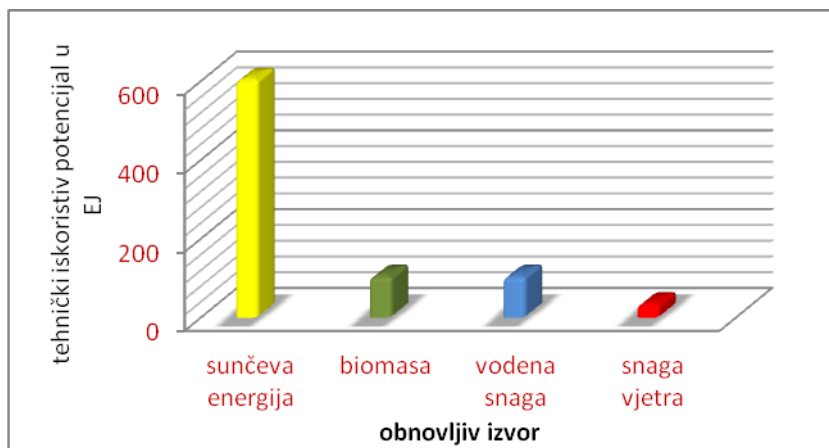
Cilj mog rada bio je upoznati sustav pretvaranja energije sunčeva zračenja u električnu energiju, istražiti koliko je sustav zastupljen u našoj sredini, na primjeru dijelom energetske neovisnog objekta ukazati na prednosti istog te povećati svijest o projektima održivog razvoja.

2. SUNCE KAO OBNOVLJIVI IZVOR ENERGIJE

Sunce je glavni izvor elektromagnetskog zračenja koje prolazi atmosferom i neiscrpan je obnovljivi izvor energije. Ono daje energiju koja održava život, pokreće atmosferu i u različitim sustavima oblikuje gibanja, vrijeme i klimu. Prosječna starost sunca je 5 milijardi godina, a znanstvenici procjenjuju da suncu ostaje **još toliko** dok se ne potroši sav raspoloživi vodik za fuziju.

Uzmemo li u obzir da sunce samo u jednoj sekundi oslobodi više energije nego što je naša cijela civilizacija tijekom svojeg razvoja iskoristila, važnost istraživanja energije sunca i pretvorbe energije sunčeva zračenja u korisne oblike energije poprima sasvim novu dimenziju s velikom mogućnošću rješavanja problema energetske krize. Od ukupne sunčeve energije koja se oslobodi iz sunca **termonuklearnim reakcijama**, do vrha zemljine atmosfere dolazi samo pola milijarditog dijela emitirane energije. Ta snaga prelazi više od 100 000 puta ukupnu snagu svih elektrana na zemlji koje rade punim kapacitetom. Manje od jednog sunčeva sata je dovoljno da se pokrije cjelokupna potreba za energijom cijelog čovječastva. Unatoč tome što se 30% energije sunčeva zračenja reflektira natrag u svemir, još uvijek zemlja od sunca godišnje dobije veliku količinu energije koja je 1000 puta veća od ukupne potrošnje energije svih primarnih izvora. Činjenica je da su konvencionalni izvori energije (ugljen, nafta, plin, nuklearna goriva) ograničeni i iscrpivi, a i uzrok su emisije SO₂ te osobito ugljikova dioksida -CO₂, koji najvećim dijelom doprinosi globalnom zatopljenju i klimatskim promjenama. Upravo zbog ovih spoznaja ljudi se okreću obnovljivim izvorima energije, a jedan od njih je sunce.

Tehnički iskoristivi potencijal energije sunčeva zračenja daleko je veći od ostalih obnovljivih izvora energije, kao na primjer biomase, vodene snage i snage vjetra, koji su također samo posljedica ili neki oblik pretvorene sunčeve energije.



Slika 2.1. Tehnički iskoristivi potencijal sunčeve energije (potencijal koji se može tehnički i tehnološki iskoristiti za pretvorbu energije sunčeva zračenja u električnu, toplinsku ili energiju hlađenja). $1\text{EJ}=280 \cdot 10^9\text{kWh}$

Sunčeva energija bi kao izrazito prihvatljiv izvor energije u bliskoj budućnosti mogla postati glavni nositelj ekološki održivog energetskog razvoja. Zbog toga se intenzivno istražuju novi postupci i procesi pretvorbe **sunčeve (solarne) energije** u električnu, toplinsku ili energiju hlađenja. Uzmemo li u obzir visoku cijenu klasične energije, a cijena barela nafte učestalo raste, te stoljetno crpljenje fosilnih izvora energije i sve strože ekološke zakone i propise, možemo zaključiti kako će korištenje sunčeve energije, uz zaštitu okoliša, postati posao budućnosti.

3. VRSTE SOLARNIH SUSTAVA

Razlikujemo dvije skupine solarnih sustava :

1) Fotonaponski solarni sustavi

2) Toplinski solarni sustavi

→**Fotonaponske solarne sustave** koristimo kako bi iz sunčeve energije dobili električnu energiju. Takva vrsta solarnog sustava se primjenjuje u kućanstvima, prijevoznim sredstvima (automobili brodice, bicikle, avioni itd.), u prometu (prometni znakovi), u svemiru (sateliti), u pumpama za vodu, u parkirnim uređajima, uređajima za kompostiranje smeća...

→**Toplinske solarne sustave** koristimo kako bi iz sunčeve energije dobili toplinsku energiju. Takvi sustavi se koriste za grijanje vode u kućanstvu, a može se koristiti i za centralno grijanje, iako baš nije zastupljen u ovom aspektu jer sunčevo zračenje (insolacija) je slabija u zimskom dijelu godine.

3.1. FOTONAPONSKI SOLARNI SUSTAVI

Da bismo razumjeli kako rade fotonaponski solarni sustavi, moramo objasniti sastavne dijelove sustava i kako oni funkcioniraju. Počet ću sa **solarnim ćelijama** u kojima se odvija pretvorba sunčeve energije u električnu energiju. Da bi se objasnio princip rada solarne ćelije, treba krenuti od materijala od kojeg su građene.

3.1.1. KRISTALI

Kristali su čvrsta tijela sastavljena od atoma, iona i molekula u kojima se ponavlja njihov trodimenzionalni raspored s povećanom međusobnom udaljenošću tvoreći tzv. **kristalnu rešetku**. Poluvodički kristali izgrađuju solarne ćelije. Materijali važni za izradu fotonaponskih solarnih ćelija mogu doći u obliku monokristala, multikristala ili kao amorfne tvari. Ako se čitav obujam ćelija sastoji od samo jednog kristala, onda je takva ćelija **monokristalna**. Ako se u procesu rasta kristala većih dimenzija formira više kristala (obično

zajednički orijentiranih) i iz takvog kristalnog bloka izreže pločica za izradu solarne ćelije, onda takve ćelije nazivamo **polikristalnim ili multikristalnim**.

Nanokristalni silicij je jedan od materijala budućnosti za izradu solarnih ćelija. Ima povoljnija svojstva od amornog silicija (a-silicija) zbog veće pokretljivosti elektrona, povećane apsorpcije fotona u crvenom i infracrvenom području sunčeva spektra. Njegova prednost je i to da se lako može proizvesti u postojećim pogonima za depoziciju (a-Si), pri razmjerno niskim temperaturama.

3.1.2. SVOJSTVA POLUVODIČA

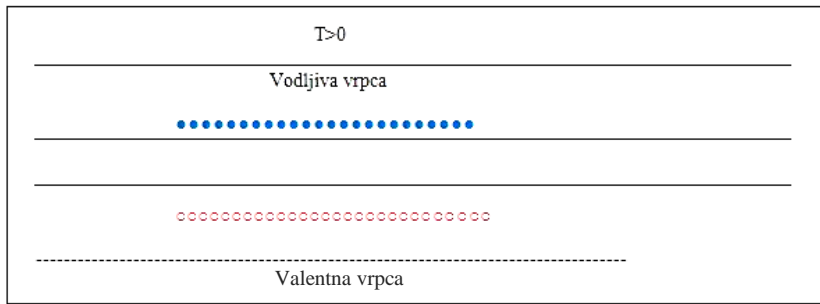
S obzirom da su kristali od kojih su sastavljene solarne ploče većim dijelom poluvodiči, potrebno je poznavati njihova svojstva da bi se razumio rad solarne ćelije. Poluvodiči slabije provode struju nego metali ali se njihova električna vodljivost može poboljšati (npr. povišenjem temperature).

Razlikujemo dvije skupine poluvodiča . To su:

- 1) **Čisti poluvodiči**
- 2) **Poluvodiči sa primjesama**

Čisti poluvodiči su oni koji se sastoje od atoma samo jednog elementa, bez ikakvih primjesa, ili sadrže tako malo primjesa (nečistoća) da one ne utječu na njihove karakteristike. Atomi u kristalnoj rešetci poluvodiča povezani su međusobno kovalentnom vezom. Na termodinamičkoj nuli valentna je vrpca popunjena elektronima, a vodljiva vrpca je prazna. Između valentne i vodljive vrpce nalazi se energijska širina zabranjene vrpce poluvodiča (E_g).

Pri temperaturi većoj od 0 K **termičkim pobuđivanjem** se oslobode elektroni iz međuatomskih veza. Time se istodobno stvore parovi elektron-šupljina s jednakim brojem elektrona na vodljivoj vrpci i šupljina na valentnoj vrpci. To znači da je u čistom poluvodiču broj šupljina valentne vrpce jednak broju elektrona u vodljivoj vrpci.



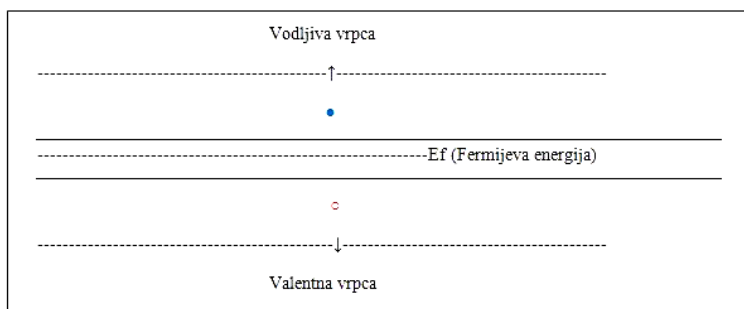
Slika 3.1. *Energijski dijagram čistog poluvodiča pri temperaturi od ($T > 0$)*
○ šupljine ● elektroni

Ako se primijeni električno polje, elektroni će se gibati u suprotnim smjerovima. Ako se susretnu, elektron će popuniti kovalentnu vezu i pasti u valentni pojas. Taj se proces naziva **rekombinacija**. Osim toplinskom pobudom elektroni mogu prelaziti iz valentne u vodljivu vrpca ozračivanjem elektromagnetskim valovima (apsorpcija fotona) ili radioaktivnim zračenjem.

3.1.3. NAČELO RADA POLUVODIČKE DIODE (PN-spoj)

Solarna ćelija je u biti PN-spoj - poluvodička dioda. PN –spoj nastaje kada se jednom dijelu kristala čistog poluvodiča dodaju trovalentne (**akceptorske**) primjese, tako da nastaje **N-tip** poluvodiča. Na granici između tih dvaju područja (PN-spoj), kao posljedica gradijenta koncentracije nastaje difuzija elektrona iz n-područja u p-područje i šupljina iz p-područja prema n-području. Fermijeva je energijska razina E_f na sredini, jer je broj elektrona u vodljivoj vrpici jednak broju elektrona u valentnoj vrpici.

Bitno je svojstvo PN-spoja njegovo **ispravljačko djelovanje**, tj. lakše vodi struju kad

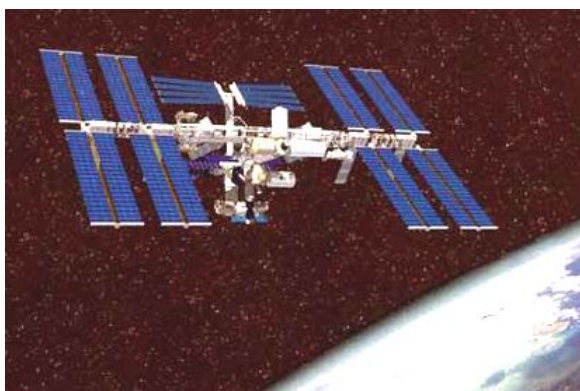


Slika 3.2. *Energijski dijagram za čisti poluvodič*

je **p-područje pozitivno**, a **n-područje negativno**. Tada je napon u propusnom smjeru, a suprotno tome je napon u zapornom smjeru. Dakle, **PN-spoj** radi kao dioda i propušta struju samo u jednom smjeru.

3.1.4. POČETAK RAZVOJA SOLARNIH ČELIJA I NJIHOVE UPOTREBE

Prvu solarnu (silicijevu) ćeliju otkrio je 1941. godine Russell Ohl, no njezina djelotvornost pretvorbe bila je ispod 1%. Kako je proizvodna cijena prvih solarnih ćelija bila vrlo visoka, one svoju pravu komercijalnu primjenu nisu našle na Zemlji, nego u svemirskim istraživanjima na satelitima. Tu je njihova cijena bila prihvatljiva u odnosu na sve ostale troškove. Tek je naftna kriza 70-tih godina prošlog stoljeća "prizemljila" te uređaje. Tad se shvatilo da ne postoje neograničene zalihe fosilnih goriva te da treba potražiti i razviti nove, obnovljive energetske izvore.



Slika 3.3. Svemirski satelit opskrbljen solarnim ćelijama

Najveće naftne tvrtke procijenile su da će upravo fotonaponska tehnologija u 21. stoljeću dominirati u zadovoljavanju potreba za električnom energijom zbog opadanja raspoloživih zaliha fosilnih goriva. U posljednjih nekoliko godina svjedoci smo dosad nezapamćenog godišnjeg porasta u proizvodnji solarnih ćelija i modula od preko 60%. U prijelaznom razdoblju od desetak godina otvara se zapravo tržište za **fotonaponske sustave** u građevinarstvu, gdje oni kao građevni elementi mogu nadomjestiti klasične krovove i fasade u novim zgradama (tzv. BIPV) ili poboljšati toplinsku izolaciju na postojećim objektima, generirajući pritom električnu energiju u potrošnju na licu mjesta ili za isporuku električnoj mreži.

U pojedinim zemljama kao i kod nas, ozakonjene su stimulatívne financijske mjere za otkup u mrežu tako proizvedene električne energije, što omogućava snažan poticaj za sve veće korištenje i primjenu ovog oblika obnovljivog izvora energije.

3.1.5. FOTONAPONSKI EFEKT I NAČELO RADA SOLARNIH ČELIJA

Fotonaponski efekt

Godine 1839. **Edward Becquarel** otkriva **fotonaponski efekt**. On je to opisao kao proizvodnju električne struje kada se dvije ploče platine ili zlata umoče u kiselu, neutralnu ili lužnatu otopinu te izlaže na nejednolik način sunčevu zračenju. To je otkriće važan doprinos u razvoju **fotonaponske pretvorbe sunčeve energije u solarnim ćelijama**.

Načelo rada solarnih ćelija (od sunčeve energije do električne energije)

Kad se solarna ćelija osvijetli, tj. kad apsorbira sunčevo zračenje, fotonaponskim se efektom na njezinim krajevima pojavljuje **elektromotorna sila (napon)** i tako solarna ćelija postaje **izvorom električne energije**.

Kada objašnjavamo proces pretvorbe sunčeve energije u električnu energiju u solarnim ćelijama, tada svjetlost opisujemo kao **elektromagnetski val** ali pritom pratimo **čestično svojstvo svjetlosti**. Svjetlost se promatra kao **roj fotona**, sitnih, nedjeljivih čestica **energije (Ef)**. Dakle fotoni su čestice bez naboja koje se gibaju brzinom svjetlosti **c**.

Energiju fotona iskazujemo Einsteinovom relacijom:

$$E_f = h \cdot \nu = h \cdot \frac{c}{\lambda}$$

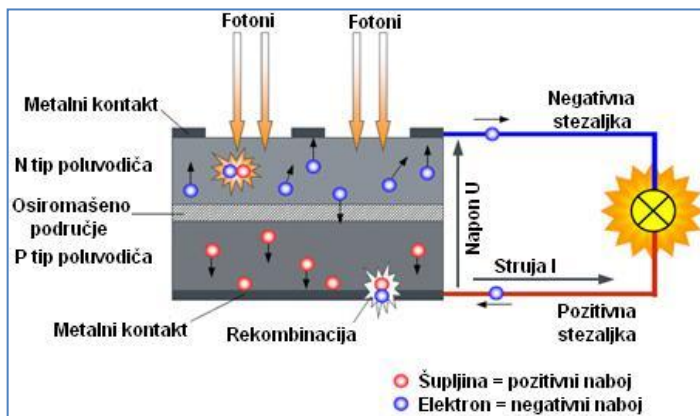
h -Planckova konstanta

ν -frekvencija promatranog zračenja

h -valna duljina – μm

c -brzina svjetlosti($3 \cdot 10^8 \text{m/s}$)

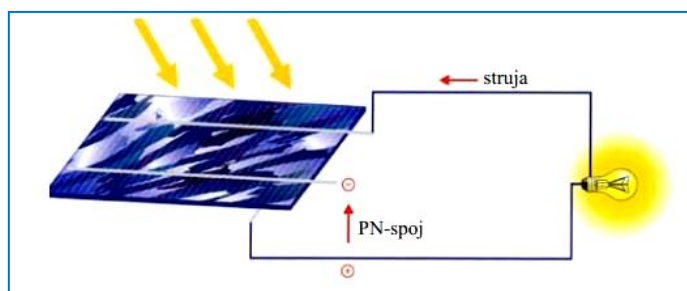
Tako je za proračun fotostruje solarne ćelije potrebno poznavati tok fotona koji upadaju na ćeliju. Svjetlost manje energije ima manju frekvenciju ili učestalost ali zato takva svjetlost ima veću valnu duljinu, a ona svjetlost s više energije ima veću frekvenciju ali manju valnu duljinu.



Slika 3.4. Shematski prikaz silicijeve solarne ćelije

U silicijevoj solarnoj ćeliji prikazanoj na slici 3.4., na tankom površinskom sloju nastaje područje **N-tipa poluvodiča**. Da bi se skupili naboji nastali apsorpcijom fotona iz sunčeva zračenja, na prednjoj površini ćelije nalazi se **metalna rešetka** koja gotovo ne utječe na apsorpciju sunčeva zračenja. Stražnja strana ćelije prekrivena je prozirnim proturefleksnim slojem koji smanjuje refleksiju sunčeve svjetlosti.

Kad se solarna ćelija osvjetli, na njezinim se krajevima pojavljuje elektromotorna sila (napon). Tako solarna ćelija postaje poluvodička dioda ili PN-spoj i ponaša se kao ispravljački uređaj koji propušta **struju u samo jednom smjeru**.



Slika 3.5. Solarna ćelija kao izvor električne energije

3.1.6. IZRADA SOLARNIH ĆELIJA I PANELA

→**Silicij** je osnovni materijal od kojeg se izrađuju solarne ćelije, on apsolutno dominira, s udjelom od oko 98% i to pretežito u **tehnologiji kristalnog silicija**. Najveći tehnološki nedostatak mu je to što je poluvodič s tzv. neizravnim zabranjenim pojasom, zbog

čega su potrebne razmjerno velike debljine aktivnog sloja kako bi se u najvećoj mjeri iskoristila energija sunčevog zračenja.

→**Solarne ćelije tankog filma** pripadaju trećoj generaciji solarnih ćelija. Iako postoje i drugi poluvodički materijali, u masovnu su proizvodnju ušle solarne ćelije izrađene od **takog filma silicija (TFSi)**. Izvode se postavljanjem tankih slojeva (filmova) poluvodičkih materijala na podlogu (tzv. supstrat).



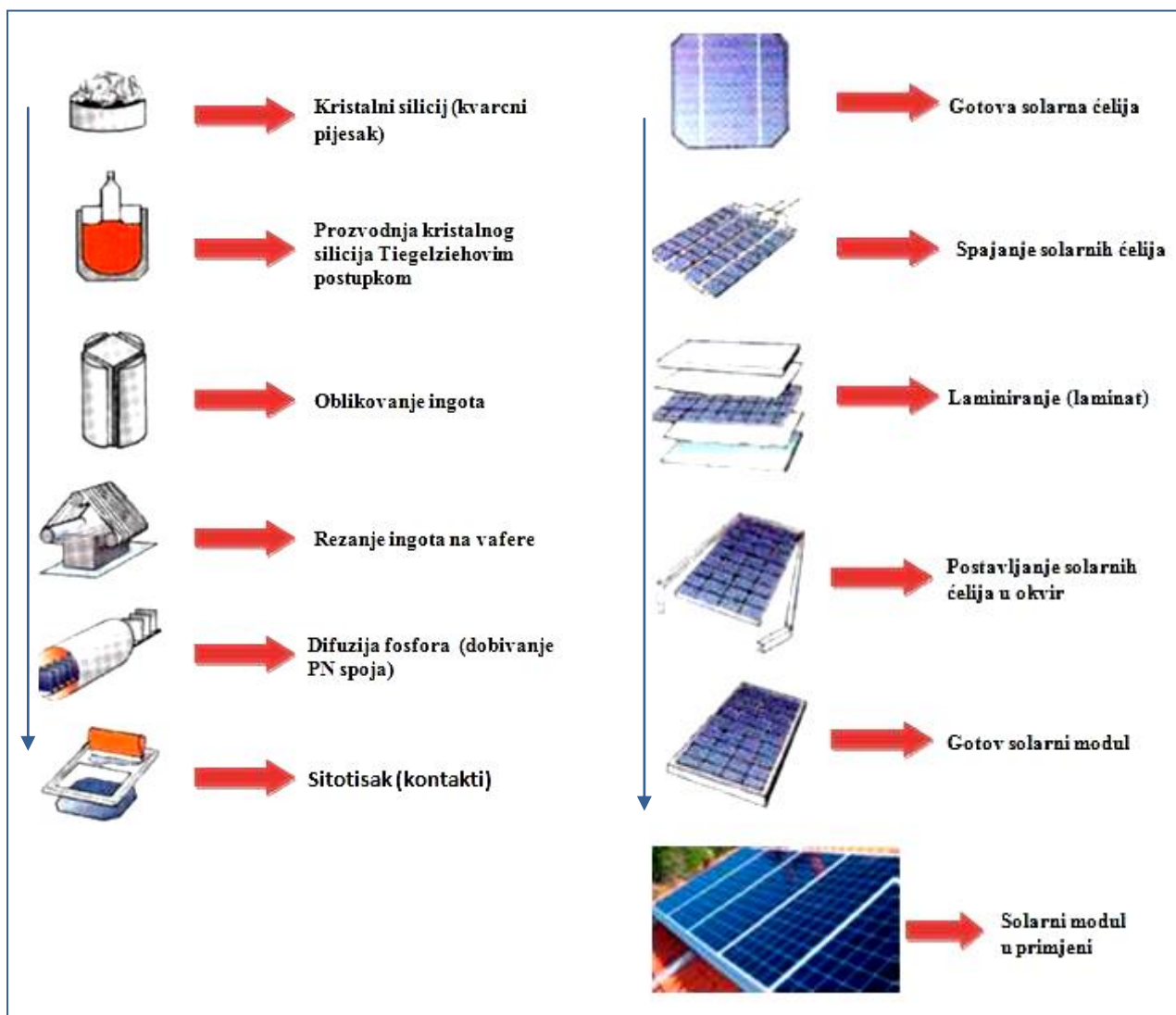
Slika 3.6. CIS solarna ćelija, amorfn silicijeva ćelija, solarna ćelija od kadmijeva telurida

Udio **tehnologija tankog filma** unatoč znatnim naporima uložnim u istraživanja ostao je vrlo skroman, svega oko 6%. Međutim snažan porast proizvodnje solarnih ćelija s kristalnim silicijem može pruzročiti porast cijene i nestašicu sirovog silicija pa je moguć i veći proboj tehnologije tankog filma u budućnosti.

Danas se još razvijaju i tehnički usavršavaju visoko učinkovite solarne ćelije, tzv. **koncentrirajuće solarne ćelije**. Obično se one ugrađuju u fotonaponske sustave koji prate kretanje sunca (**engl. tracking system**). Stupanj djelovanja tih ćelija je oko 35%, a modula oko 25%.



Slika 3.7. Tracking-system



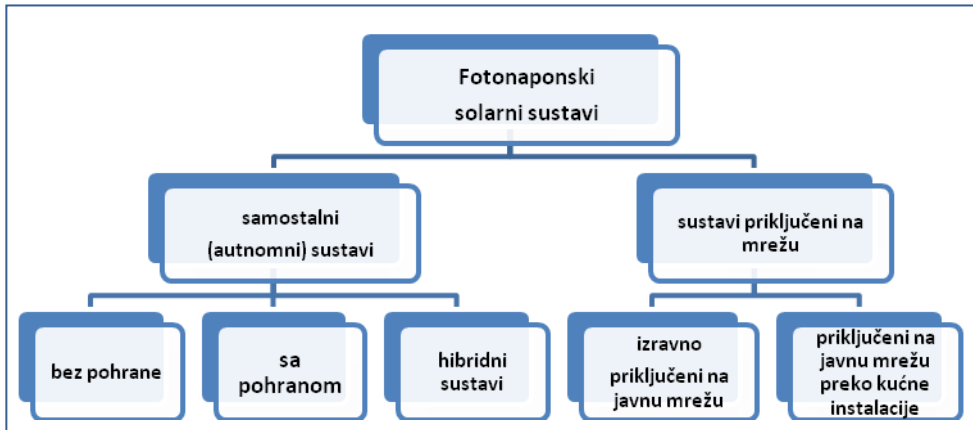
Slika 3.8. *Proizvodnja solarnih ćelija i redoslijed njihovog sklapanja u solarne ploče*

3.1.7. VRSTE FOTONAPONSKIH SOLARNIH SUSTAVA

Solarni fotonaponski sustavi mogu se podijeliti na dvije osnovne skupine:

→ **Fotonaponski sustavi koji nisu priključeni na mrežu (engl.off-grid)**, često se još nazivaju i **samostalnim (autonomnim) sustavima (engl. stand-alone systems)**

→ **Fotonaponski sustavi priključeni na javnu energetska mrežu (engl. on-grid).**

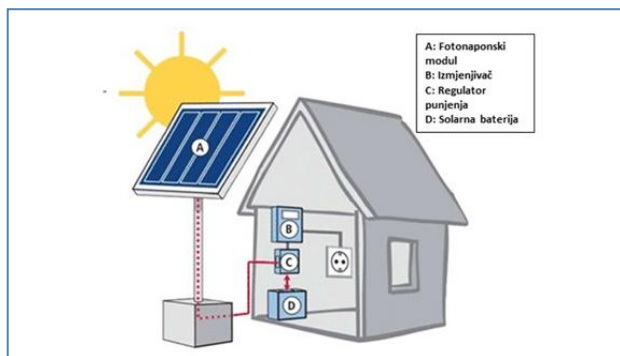


Slika 3.9. Stablasti dijagram fotonaponskih sustava

Fotonaponski sustavi koji nisu priključeni na mrežu, odnosno samostalni (autonomni) sustavi, mogu biti sa ili bez pohrane energije, što će ovisiti o vrsti primjene i načinu potrošnje energije i hibridni sustavi koji mogu biti s vjetroagregatom, kogeneracijom, dizelskim generatorima ili gorivim člancima. Fotonaponski sustavi priključeni na javnu energetska mrežu mogu biti izravno priključeni na elektroenergetska mrežu ili priključeni na javnu elektroenergetska mrežu preko kućne instalacije.

Samostalni (autonomni) fotonaponski sustavi

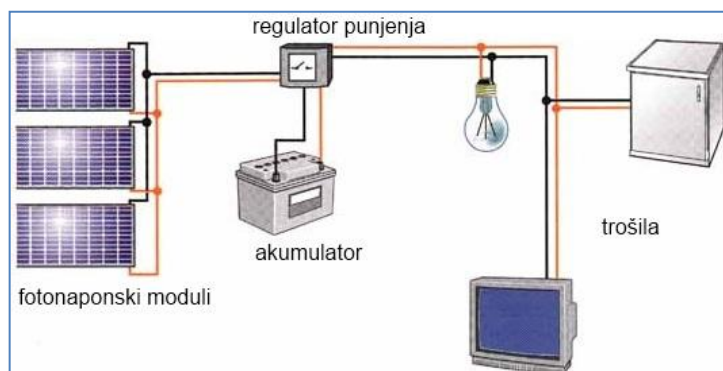
Kao što sam već prije napomenuo, solarni fotonaponski sustavi koji nisu priključeni na mrežu nazivaju se samostalnim (autonomnim) sustavima.



Slika 3.10. Shematski prikaz autonomnog fotonaponskog sustava

Temeljne komponente samostalnog (autonomnog) fotonaponskog sustava su:

- 1) fotonaponski moduli (spojeni paralelno ili serijski-paralelno)
- 2) regulator punjenja
- 3) akumulator
- 4) trošila
- 5) izmjenjivač (ako trošila rade na izmjeničnu struju)



Slika 3.11. Samostalni fotonaponski sustav za trošila za istosmjernu struju

Za takav fotonaponski sustav, koji se sastoji od gore navedenih komponenata karakteristična su dva osnovna procesa:

→ *pretvorba sunčeve energije zračenja odnosno svjetlosne energije u električnu*

→ *pretvorba električne energije u kemijsku i obrnuto, kemijsku u električnu*

Fotonaponska pretvorba energije sunčeva zračenja, odnosno svjetlosne energije u električnu, odvija se u solarnoj ćeliji, dok se u akumulatoru događa povratni (reverzibilni)

elektrokemijski proces pretvorbe, povezan s nabijanjem (punjenjem) i izbijanjem (pražnjenjem akumulatora). U trošilima se električna energija pretvara u različite oblike - mehaničku, toplinsku, svjetlosnu ili neku drugu energiju. Trošilo je definirano snagom, naponom i strujom.

S autonomnim fotonaponskim sustavom imao sam se priliku upoznati u Srednjoj školi Vice Vlatkovića u Zadru. Škola posjeduje garažu koja je ujedno punionica za školske električne automobile. Taj objekt predstavlja **autonomni fotonaponski sustav snage 2 kW**.



Slika 3.12. Garaža (punionica) Srednje škole Vice Vlatkovića izvana (lijevo) i iznutra (desno). Unutra se vide sastavni dijelovi autonomnog sustava garaže: akumulatori i regulator punjenja

Objekt je u potpunosti **energetski neovisan**. Sva električna energija dobivena iz

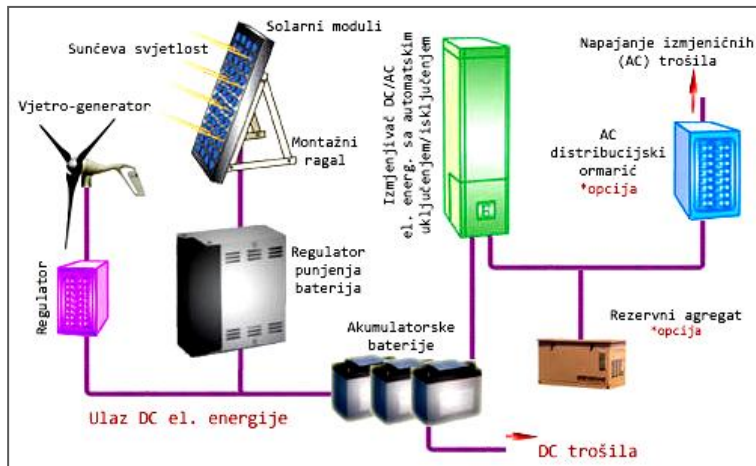


sunčeva zračenja skladišti se u akumulatorima. Dobivenom električnom energijom osvjetljava se garaža i pune električni automobili.

Slika 3.13. Jedan od električnih automobila u punionici (uz njega naš domaćin, prof. Spahić)

Hibridni fotonaponski sustavi

Solarni fotonaponski sustavi mogu biti uvedeni kao hibridni sustavi s vjetroagregatom, kogeneracijom, gorivim člancima ili najviše generatorom na dizel i biodizel goriva.



Slika 3.14. Hibridni fotonaponski sustav

Kod tih sustava se električnom energijom proizvedenom solarnim modulima ili vjetroagregatom napajaju trošila, a višak energije se pohranjuje u tzv. **solarne akumulatore**. U slučaju da ne postoje uvjeti za proizvodnju električne energije solarnim modulima ili vjetroagregatom, izvor za napajanje istosmjernih ili izmjeničnih trošila biti će akumulator. U slučaju da ni akumulator više nema energije za napajanje trošila, uključuje se generator na dizel i biodizel goriva.

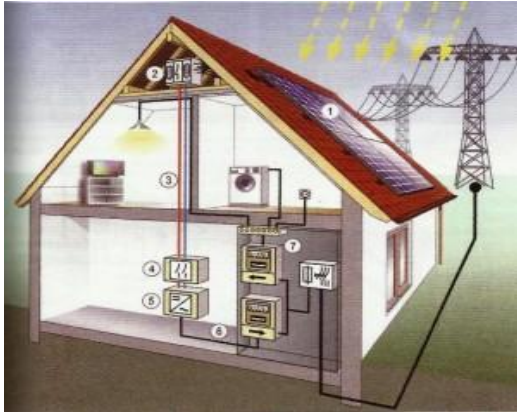
Fotonaponski sustavi priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije

Fotonaponski sustavi priključeni na javnu mrežu preko kućne instalacije pripadaju distribuiranoj proizvodnji električne energije. Dakle, oni omogućuju povezivanje distribuiranih sustava na centralizirane sustave, odnosno sustave priključene uglavnom na niskonaponsku razinu elektroenergetskog sustava.

Temeljne komponente fotonaponskog sustava priključenog na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije su:

- 1) fotonaponski moduli
- 2) spojna kutija sa zaštitnom opremom
- 3) kablovi istosmjernog razvoda
- 4) glavna sklopka za odvajanje

- 5) izmjenjivač dc/ac
- 6) kablovi izmjeničnog razvoda
- 7) brojila predane i preuzete električne energije



Slika 3.15. Komponente FN sustava priključenog na javnu mrežu preko kućne instalacije

Fotonaponski moduli proizvode istosmjernu struju i međusobno su povezani kabelima u nizove, tzv. višekontaktim (engl. multi contact) konektorskim sustavom. Svi kabeli koji dolaze do nizova **fotonaponskih modula** uvode se u **razdjelni ormarić** iz kojeg odlaze prema solarnim **izmjenjivačima**. **Solarni izmjenjivači** pretvaraju istosmjernu struju solarnih modula u izmjenični napon sinhroniziran s naponom i frekvencijom mreže, te se nastala izmjenična struja prebacuje do kućnog priključka na elektroenergetsku mrežu. **Brojila električne energije**, smještena u ormariću, registriraju proizvedenu energiju predanu u mrežu i potrošenu energiju preuzetu iz mreže. Srednja škola Vice Vlatkovića u Zadru posjeduje **integrigani (mrežni) fotonaponski sustav snage 10 kW**. Smješten je iznad zbornice, a škola preko tog sustava prodaje struju HEP-u po povlaštenoj cijeni.



Slika 3.16. Umreženi fotonaponski sustav Srednje škole Vice Vlatkovića, iznad zbornice

Izmjenjivači sustava **napon dobivene struje smanjuju na napon gradske mreže**, a na otvoru poklopca izmjenjivača može se očitati **ukupna dnevna proizvodnja struje i njezina vrijednost u kunama**.



Slika 3.17. *Izmjenjivači (lijevo) i ekran na izmjenjivaču (desno)*

Fotonaponski sustav priključen na javnu mrežu preko kućne instalacije je u paralelnom pogonu s distribucijskom mrežom, namijenjen je za napajanje trošila u obiteljskoj kući, a višak električne energije odlazi u elektrodistribucijsku mrežu.

Kad solarni moduli ne proizvode dovoljno električne energije, **napajanje trošila u kućanstvu nadopunjuje se preuzimanjem energije iz mreže**. S obzirom na to da instalirani fotonaponski sustavi priključeni na javnu mrežu preko kućne instalacije proizvode najviše električne energije sredinom dana, oni **podmiruju vlastite potrebe i dobrim dijelom rasterećuju elektroenergetski sustav**, što može biti od velike važnosti u područjima gdje je slaba elektroenergetska mreža.

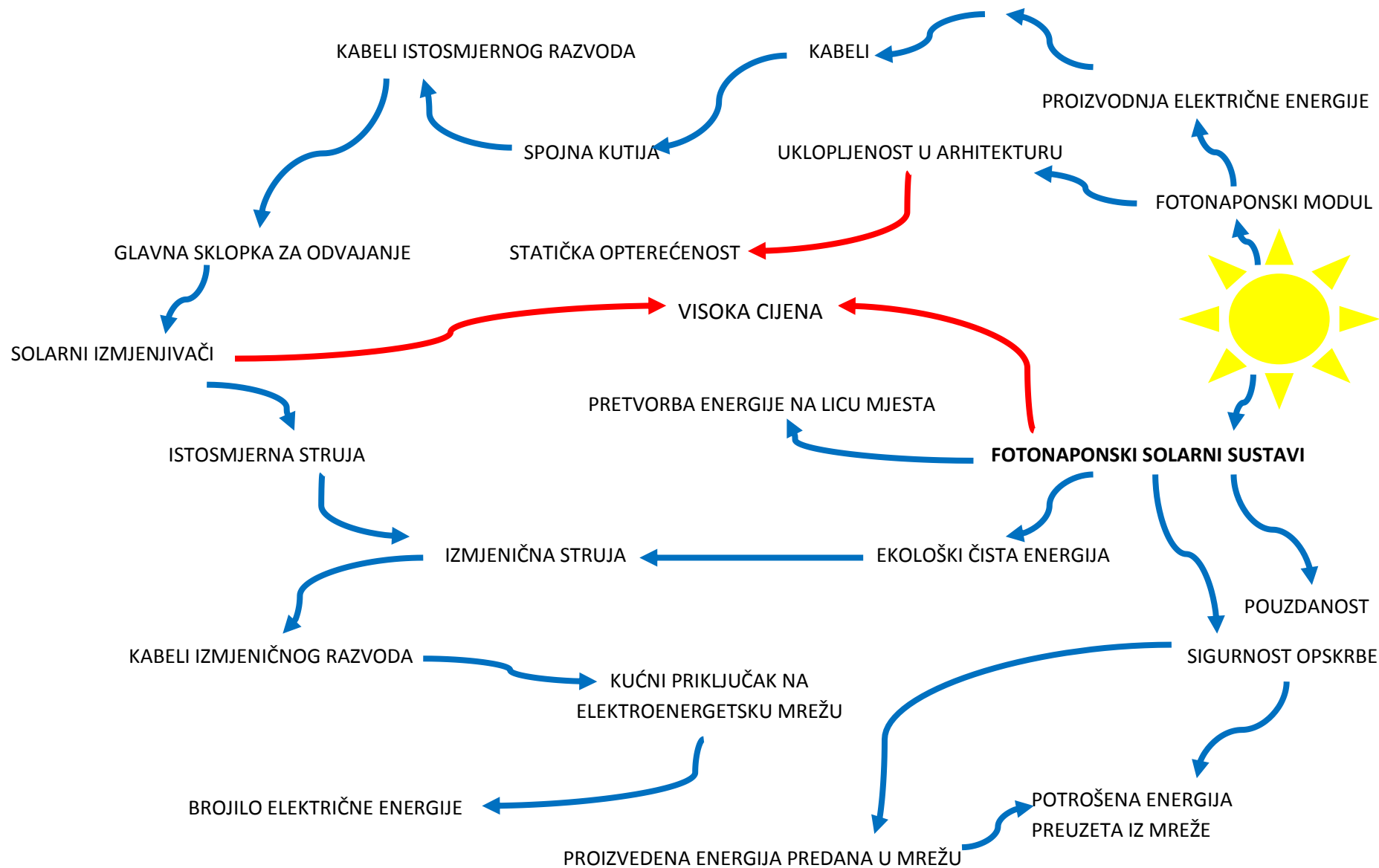
Prednosti fotonaponskih sustava, kao distribuirane proizvodnje električne energije, spojenih na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije su sljedeći:

→*proizvodi se ekološki čista električna energija bez onečišćenja okoliša*

→*sva se pretvorba energije obavlja se na licu mjesta*

→*troškovi održavanja postrojenja znatno su niži od održavanja centraliziranih proizvodnih objekata*

→*lokacije za instalaciju fotonaponskih sustava u odnosu na velike centralizirane proizvodne sustave jednostavnije je i lakše pronaći.*

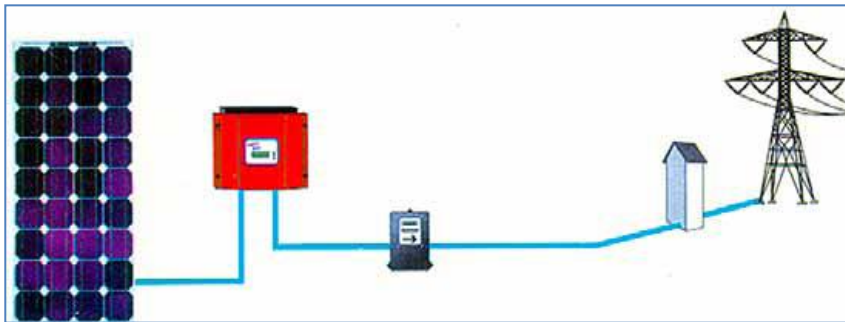


Slika 3.18. Uzročno posljedični dijagram za fotonaponske sustave priključene na javnu elektroenergetsku mrežu preko kućne instalacije

Na prethodnoj stranici dijagram (slika 3.18) prikazuje međusobni utjecaj varijabli fotonaponskog sustava. Ukoliko varijabla na početku **plave strelice** poraste, povećat će se i varijabla uz strelicu. **Crvenom linijom** povezane su varijable čije povećanje uzrokuje smanjenje varijable uz strelicu.

Fotonaponski sustavi izravno priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu

Razvojem tržišta fotonaponske tehnologije, primjerice ćelija, modula, izmjenjivača i prateće opreme, počinju se FN sustavi ugrađivati ne samo na građevinama ili u njihovoj neposrednoj blizini, nego i na slobodnim površinama u blizini elektroenergetske mreže, te gradnjom dijela elektroenergetske mreže do priključka na nisku, srednju ili visoku razinu napona elektroenergetskog sustava.



Slika 3.19. Shematski prikaz FN sustava izravno priključenog na mrežu

Ti su sustavi izravno priključeni na javnu elektroenergetsku mrežu i **svu proizvedenu električnu energiju predaju u elektroenergetski sustav**. Za te je sustave karakteristična veća snaga i uglavnom se instaliraju na većim površinama. Obično zahtijevaju 30 do 40 m^2 površine za jedan kW snage, što je oko tri do četiri puta više u odnosu na kristalne module ili šest puta više u odnosu na module od tankog filma.

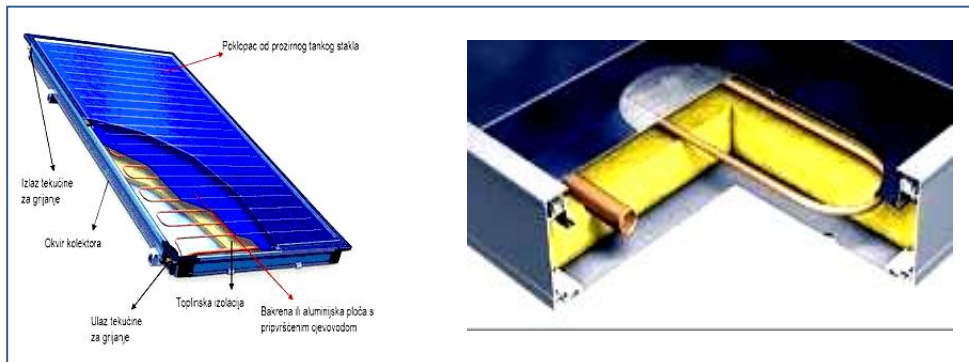


Jedan primjer fotonaponskih sustava izravno priključenih na javnu mrežu je solarni park Lieberoser Heide, najveći u Njemačkoj. Godišnje proizvodi 52 milijuna kWh električne energije.

Slika 3.20. Solarni park Lieberoser Heide, Njemačka

STV-kolektor čine sljedeći dijelovi:

- 1) Poklopac od prozirnog stakla
- 2) Toplinska izolacija
- 3) Okvir kolektora
- 4) Ulaz i izlaz tekućine za grijanje (solarni medij)
- 5) Bakrena ili aluminijska ploča s pričvršćenim cjevovodom



Slika 3.22. Sastavni dijelovi kolektora (lijevo) i presjek kolektora (desno)

Upravo **poklopac od prozirnog stakla** ima glavnu ulogu da se apsorbirana toplina ne izgubi. Staklo propušta svjetlost ali isto tako onemogućava da se svjetlost tj. toplina oslobodi (efekt staklenika).

Solarni medij kojeg sam već prije napomenuo čine **voda i alkohol** (voda + etilen-glikol + propilen-glikol). Solarni medij se nalazi unutar cjevovoda (solarne zmijske) STV-kolektora. Upravo se solarni medij zagrijava apsorbirajući toplinu koju je prije zaprimio **apsorber** (bakrena ili aluminijska ploča).



Slika 3.23. Polazni (lijevo) i povratni vod (desno)

Zagrijani solarni medij se potiskuje kroz sustav **toplinskom pumpom** te se **polaznim vodom** dovodi do **solarnog izmjenjivača** u **spremniku**, a u spremniku se preko izmjenjivača zagrijava sanitarna voda. Spremnik služi kao privremena pohrana toplinske energije. Nakon toga se solarni medij vraća **povratnim vodom** u **kolektor** gdje se ponovno zagrijava.



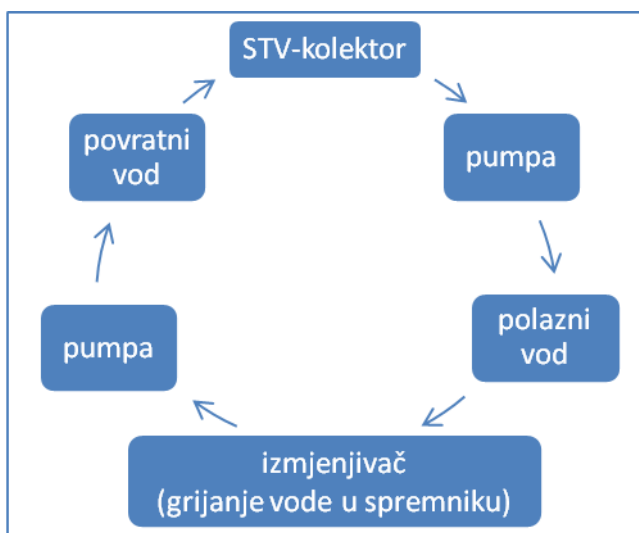
Slika 3.24. Solarni spremnik (lijevo) i regulator ili solarna Dif. automatika (desno)

Solarna Dif. automatika upravlja solarnim sustavom te nadzire i mjeri zadane parametre. Ona uključuje crpku u solarnom krugu kada je temperatura u kolektoru veća od one u donjem dijelu spremnika. Razlika temperature utvrđuje se pomoću **osjetnika** na kolektoru i u solarnom spremniku potrošne tople vode. Ako temperatura padne ispod određene granice, automatika isključuje crpku solarnog kruga jer se ne može očekivati značajno energetske iskorisćenje, a crpka ne bi trebala beskorisno trošiti struju.

Ako sunčeva energija nije dostatna za zagrijavanje solarnog medija, onda je potrebno zagrijati solarni medij pomoću nekog drugog izvora energije (**plinski ili električni kotao**). Bitno je napomenuti da **solarna stanica** sadrži sve komponente za prijenos topline kao i sigurnost rada sustava. Isto tako **toplinska pumpa** se nalazi u toplinskom sustavu uvijek na povratnom vodu jer u polaznom vodu temperature su jako visoke i mogu dosežati 150⁰ C. Visoke temperature oštećuju toplinsku pumpu.

Sigurnosni elementi toplinskog sustava

Kad govorimo o sigurnosnim elementima u toplinskim sustavima onda su najvažniji **ekspanzijska posuda i sigurnosni ventil**. Ekspanzijska posuda preuzima volumno rastezanje solarnog medija pri promjenama temperature. Zajednička uloga ekspanzijske posude i sigurnosnog ventila je da onemogućavaju povišenje temperature i tlaka iznad određenih vrijednosti, te sprječavaju da dođe do bilo koje štete u toplinskom sustavu.



Slika 3.25. Dijagram toka solarnog medija u toplinskom sustavu

Na sljedećoj stranici dijagram (slika 3.27) prikazuje odnos prednosti (plave strelice) i nedostataka (crvene strelice) toplinskih sustava. Varijable su međusobno povezane jer i nedostaci, poput manjka sunčevog zračenja ili visoke početne cijene u konačnici ipak dovode do zadovoljstva potrošača.



Slika 3.26. Uzročno-posljedični dijagram (toplinski sustav)

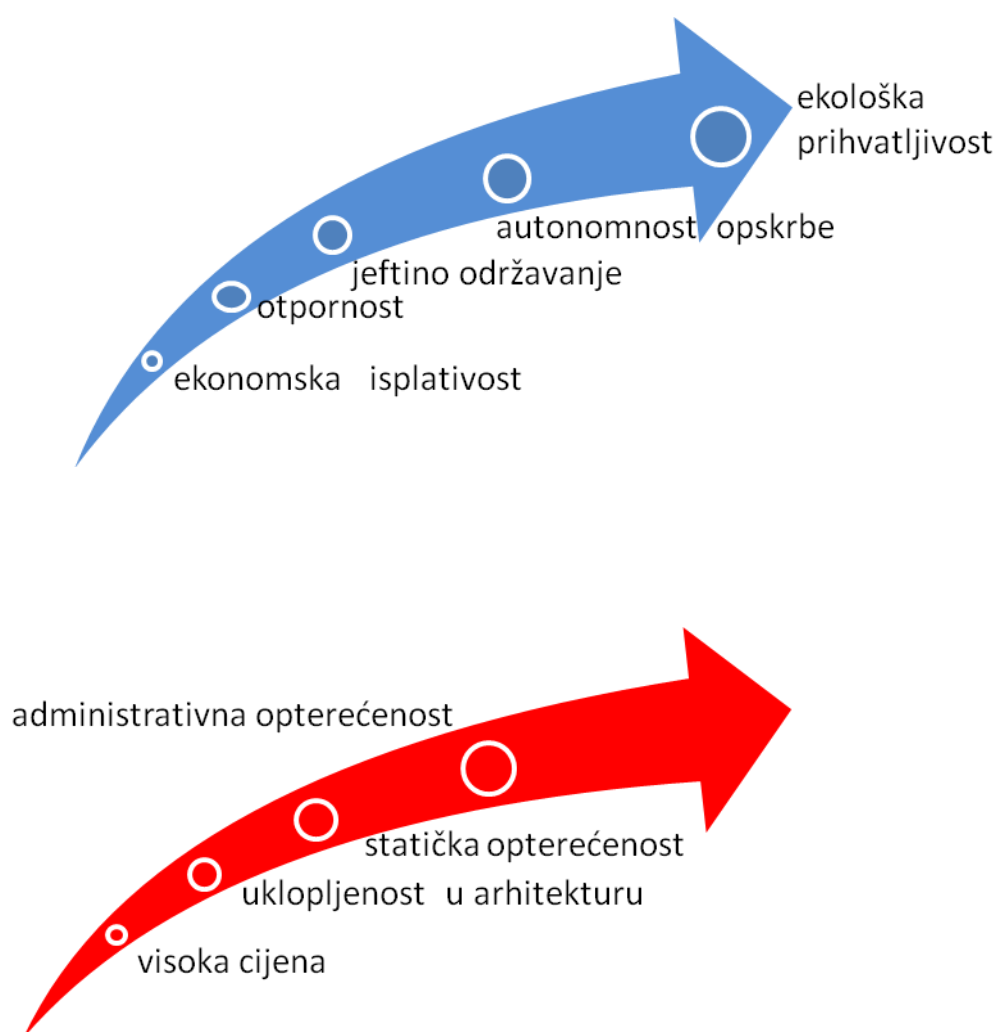
4. PREDNOSTI I NEDOSTATCI SOLARNIH SUSTAVA

Prednosti solarnih sustava:

- **ekonomska isplativost** - uložena sredstva se mogu vratiti u kratkom roku, a proizvedena struja se može prodavati (umreženi fotonaponski sustavi)
- **otpornost** - solarni sustav je vrlo otporan na različite oblike vremenskih nepogoda, npr. na tuču veličine jajeta
- **jeftino održavanje** - nakon instaliranja sustava nije u njega potrebno mnogo ulagati osim u kontrolu sustava
- **autonomnost opskrbe** - solarni sustavi nam djelomično omogućavaju energetska neovisnost, potpuna energetska neovisnost može se ostvariti samo kod autonomnih fotonaponskih sustava
- **ekološka prihvatljivost** - proizvodnjom električne energije putem solarnih ćelija smanjuje se onečišćenje zraka za oko 90% u odnosu na proizvodnju iste količine energije korištenjem fosilnih goriva, a solarna prijevozna sredstva ne zagađuju okoliš i pružaju jeftinu vožnju

Nedostatci solarnih sustava :

- **visoka cijena** - potreban je veliki početni kapital
- **uklopljenost u arhitekturu** - najčešće se solarni sustavi instaliraju naknadno, nakon izgradnje objekta, pa često izgledaju kao da nisu uklopljeni u objekt
- **statička opterećenost** - dijelovi solarnog sustava su teški nekoliko tona pa statički opterećuju objekte na kojima se nalaze
- **administrativna opterećenost** - puno je vremena i novca potrebno da bi se dobila dokumentacija potrebna za instaliranje sustava

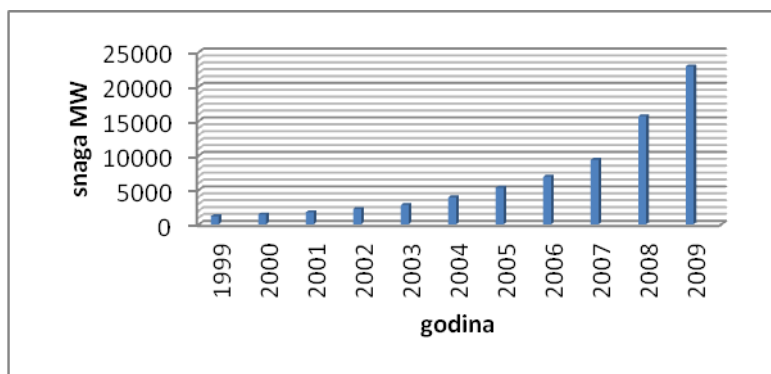


Slika 4.1. *Streličasti dijagram prednosti i nedostataka solarnih sustava*

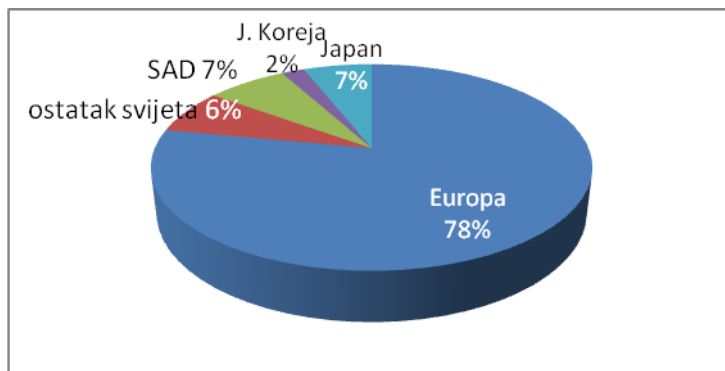
5. SOLARNI SUSTAVI U EUROPI I SVIJETU

Do kraja 2009. godine u svijetu je instalirano blizu **23 GW** fotonaponskih sustava. U ugradnji fotonaponskih sustava prednjači Europa u kojoj je instalirano **16 GW** i koja obuhvaća oko **70 %** ukupno instaliranih sustava, zatim slijedi Japan sa 2.6 GW, SAD sa 1.6 GW, a ostalo otpada na ostatak svijeta.

Europsko udruženje industrije fotonapona EPIA (engl. European Photovoltaic Industry Association) koje broji preko 200 tvrtki u svijetu koje se bave industrijom fotonaponske tehnologije (95% europskih tvrtki, odnosno 85 % svjetskih) dalo je jasnu poruku s pogledom do 2020. odnosno 2040. godine. EPIA predviđa da će solarna fotonaponska tehnologija do 2020. godine pokriti 12% potrošene električne energije u Europskoj uniji, a u 2040. čak 28%.



Slika 5.1. Godišnja ukupna snaga u svijetu instaliranih fotonaponskih sustava

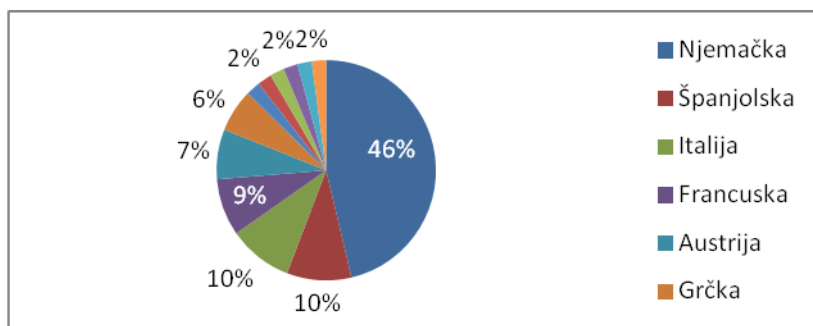


Slika 5.2. Tržišni udjeli fotonaponskih sustava u svijetu 2009. godine

Udio **Europe** u tržištu fotonaponskih sustava u 2009. godini iznosio je **78% (5618 MW)**, zatim slijedi **SAD (477 MW) sa 7 %** i **Japan (484 MW) sa 7%** te **Južna Koreja sa 2% (168 MW)** i **Kina također s 2 % (160 MW)**. Na **ostatak svijeta** odnosi se preostalih **4 % (309 MW)**.

Iz ovih podataka vidljivo je da su solarni sustavi budući izvori energije i da će zamijeniti sadašnje. Sve više zemalja uključuje se u projekte koji koriste solarne sustave ali posebno se ističe **Njemačka** koja se najviše zainteresirala za projekte koji uključuju solarnu energiju. Tamo je 2009. godine instalirano 3800 MW, što je 53% fotonaponskih sustava instaliranih u svijetu, odnosno 68% instaliranih fotonaponskih sustava te godine. Njemačka je s ukupnih 10000 MW fotonaponskih sustava uvjerljivo na prvom mjestu, ne samo u Europi nego i u svijetu. Slijede je Italija, Češka, Belgija i Francuska.

Kada govorimo o instaliranim toplinskim solarnim sustavima najviše ih je u Njemačkoj, slijede Španjolska, Italija, Francuska, Austrija, Grčka itd.



Slika 5.3. Udio zemalja Europske unije u instaliranim solarnim kolektorima 2008. god.

6. SOLARNI SUSTAVI U HRVATSKOJ

Temeljem Uredbe o minimalnom udjelu električne energije proizvedene iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije, a čija se proizvodnja potiče, u Republici Hrvatskoj donesen je niz zakonskih i predzakonskih propisa, kao što su **Pravilnik o korištenju obnovljivih izvora energije i kogeneracije, Tarifni sustav za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije i kogeneracije i Pravilnik o stjecanju statusa povlaštenog proizvođača električne energije.**

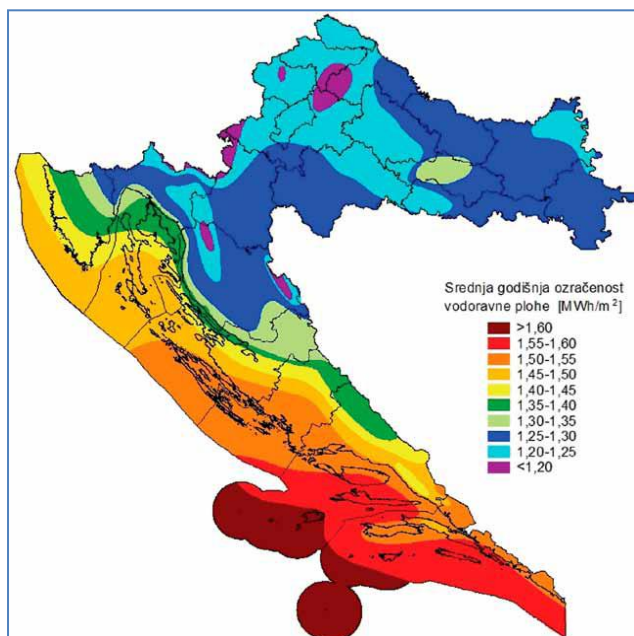
Navedenim zakonskim i predzakonskim propisima od 1. srpnja 2007. godine stekli su se uvjeti da svi oni koji žele ugraditi fotonaponski sustav mogu dobiti status povlaštenog proizvođača električne energije i tako dobiti **naknadu** za isporučenu električnu energiju u javnu energetska mrežu.

Do sada je u Hrvatskoj instalirano oko desetak fotonaponskih sustava uglavnom manjih snaga koji su spojeni na javnu elektroenergetsku mrežu. Jedan od glavnih problema je administracija, odnosno rješavanje potrebne dokumentacije za instaliranje solarnih sustava. Ono što još više pridonosi nepopularizaciji ovih projekata su gradovi i županije koji zanemaruju održivu energetska politiku.



Slika 6.1. *Solarna elektrana Sveta Klara u Novom Zagrebu*

U Hrvatskoj mali broj kućanstava posjeduje solarne sustave i većinom se radi o sustavima za vlastitu energetska opskrbu. Solarnih elektrana imamo malo u odnosu na druge europske zemlje, a najveća je Sveta Klara snage 400 kW u Novom Zagrebu koja se prostire na 3000 m^2 . Godišnje bi trebala proizvoditi 400 000 kWh električne energije i na taj način električnom energijom opskrbljivati 130 kućanstava i smanjiti emisiju CO₂ za 232 tone.



Slika 6.2. Srednja godišnja ozračenost vodoravne plohe u Hrvatskoj

Anketom provedenom od strane energetskog instituta Hrvoje Požar utvrđeno je da Hrvatska ima puno potencijala u području iskorištavanja obnovljivih izvora energije, posebice solarne. Od svih područja u Hrvatskoj Dalmacija je za to najpovoljnija.

Najveću ozračenost od **1,50 MWh** po četvornom metru imaju dalmatinski otoci (Dugi otok, Ugljan i Pašman). Na planinskom dijelu ozračenost iznosi **1,30 MWh** po četvornom metru, a u Biogradu **1,35 MWh** po kvadratu površine.

Županije najpogodnije za razvoj projekata koji uključuju solarnu energiju su: Splitsko-dalmatinska u kojoj se ozračenost kreće između **1,60 - 1,35 MWh** po metru četvornom, Šibensko-kninska sa srednjom dnevnom ozračenošću od **1,54 MWh** po četvornom metru i Dubrovačko-neretvanska sa ozračenošću **1,60-1,50 MWh** po četvornom metru površine. Ova područja ujedno imaju i najveći broj sunčanih sati godišnje (insolacija se pojačava prema jugu), a broj sunčanih sati se kreće oko **2500 sati godišnje**.

Iako Hrvatska ima dobre preduvjete za korištenje Sunčeve energije, trenutno se nalazimo na samom dnu Europe po instaliranim sustavima za korištenje Sunčeve energije. Stoga se može reći da u Hrvatskoj nije iskorištena komparativna prednost u pogledu uporabe Sunca. Za Republiku Hrvatsku od iznimne je važnosti korištenje Sunca i Hrvatska mora biti aktivno zainteresirana za ovaj obnovljiv izvor energije te ući u područje znanja korištenja ovog izvora, kao što to čine zemlje Europske unije.

7. ENERGETSKO – EKOLOŠKI DOPRINOS SOLARNIH SUSTAVA I NJIHOVA ISKORISTIVOST

Briga o okolišu mora postojati na svim razinama društva. Zbog toga je važno vrednovanje ekoloških parametara kao dijela vanjskih troškova, stoga će korištenje Sunčeve energije u 21. stoljeću imati važnu ulogu i kombinacija Sunčeve energije s energentima koji najmanje onečišćuju okoliš.

Postavljanjem solarnih kolektora (pločastih ili vakumskih) na krovove građevina diljem svijeta mogla bi se ostvariti ušteda za grijanje ili pripremu potrošne vode i do 50%. Na primjer, jedan solarni sustav sa 6 m^2 solarnih toplinskih kolektora, instaliran u središnjem dijelu Republike Hrvatske, tijekom svoga radnog vijeka, koji traje oko 25 godina, proizvede **75 000 kWh** toplinske energije i pri tome se smanji ispuštanje **ugljkova dioksida** u okoliš za oko **30 tona**.

Važnost prikazanih projekata je u potvrđivanju parametara, kao na primjer dobivene **toplinske energije i ispuštanja ugljikova dioksida** u okoliš korištenjem sunčeve energije. Time se jasno pokazuje da projekti koji se koriste Sunčevom energijom mogu dati dovoljno energije za gospodarski rast i istodobno osigurati sklad suvremenog načina života čovjeka i stupnja tehnološkog napretka s prirodom i održivim razvojem za dobrobit sadašnjih i budućih naraštaja.

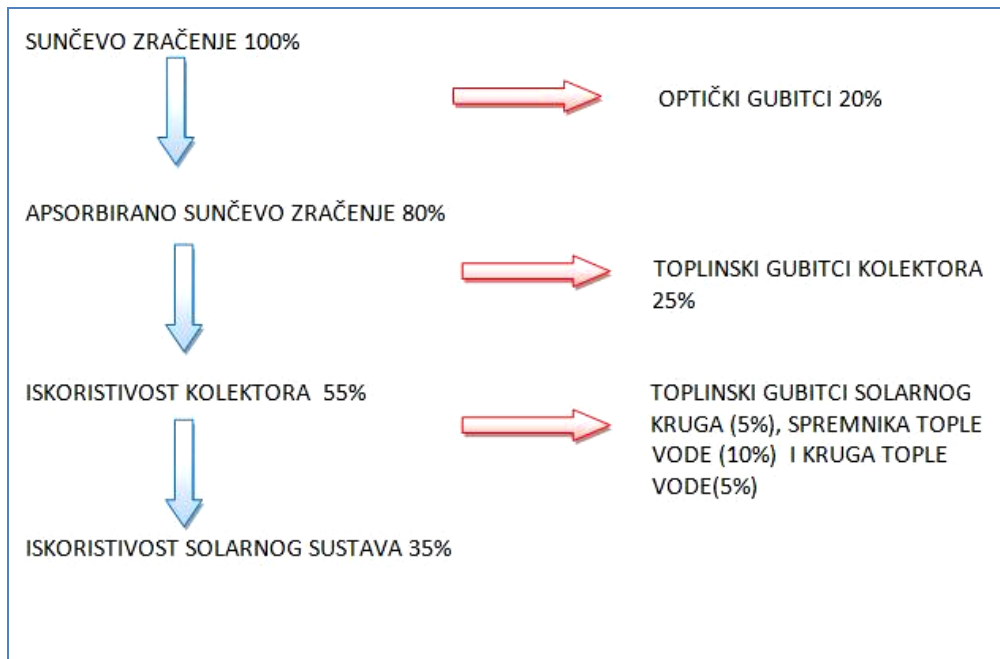
Solarni sustavi gotovo i nemaju štetan utjecaj na okoliš i svakako pridonose očuvanju prirode jer smanjuju ispuštanje CO₂ koji je jedan od glavnih uzročnika efekta staklenika. Također je važno dijelove solarnog sustava dobro zbrinuti na određenim odlagalištima nakon što ostare i zamijene se novima jer i oni nedovoljno dobro zbrinuti onečišćuju okoliš, posebice akumulatori koji u sebi sadrže olovo.

Iskoristivost solarnog sustava

Iako iskoristivost solarnog sustava ovisi o nizu faktora, tijekom iskorištenja Sunčeva zračenja može se prikazati kao na slici 7.1.

Kad se od ukupnog 100% Sunčeva zračenja odbiju optički gubitci od 20%, dobije se apsorbirano Sunčevo zračenje u solarnom kolektoru od 80%. Toplinski su gubitci kolektora oko 25%, pa je iskoristivost oko 55%. Međutim, zbog toplinskih gubitaka solarnog kruga od

5%, toplinskih gubitaka spremnika potrošene tople vode od 10% i toplinskih gubitaka kruga tople vode od 5 % konačna je iskoristivost solarnog sustava oko 35% što pokazuje da se sunčevo zračenje može dobro iskoristiti preko solarnih sustava.



Slika 7.1. Dijagram toka iskorištenja Sunčeva zračenja kod solarnog sustava

8. PRIMJENE SOLARNIH SUSTAVA U ŽIVOTU ČOVJEKA

Solarni sustavi se mogu primjenjivati u različitim aspektima čovjekova života. Već sam prije napomenuo da je njihova glavna uloga pretvaranje sunčeve energije u električnu i toplinsku. Fotonaponski sustavi imaju veće područje primjene. Oni se instaliraju na **energetski učinkovitim** arhitekturama s time da u ovom slučaju nemaju samo ulogu proizvođača struje već i estetsku ulogu u eksterijeru građevine u koju su uklopljeni.



Slika 8.1. Energetski učinkoviti objekti - fasada i krov sa FN sustavom

Fotonaponske solarne sustave možemo naći i na nadstrešnicama gdje štite od padalina i pružaju hladovinu. Također ih sve češće koriste i na spomenicima kulture.



Slika 8.2. FN sustavi kao nadstrešnice parkirališta

Solarni sustavi imaju primjenu i kod manjih uređaja gdje je potrebna iznimno mala električna energija kao što su radio, različite vrtno svjetiljke, kalkulatori itd. Isto tako korisni su i kod različitih prijevoznih sredstava kao što su kamperi, automobili i zrakoplovi koji posjeduju brojna trošila od žarulja, TV, radija, alarma što povećava potrebu za električnom energijom.

Fotonaponski sustavi se primjenjuju i u nautici gdje su glavni izvor energije za punjenje **akumulatora** brodica. Oni su na brodovima poželjni jer omogućavaju **lakše pokretanje motora, sprječavaju sulfatizaciju, produžuju rok trajanja akumulatora, uštedeju gorivo i smanjuju troškove održavanja.**



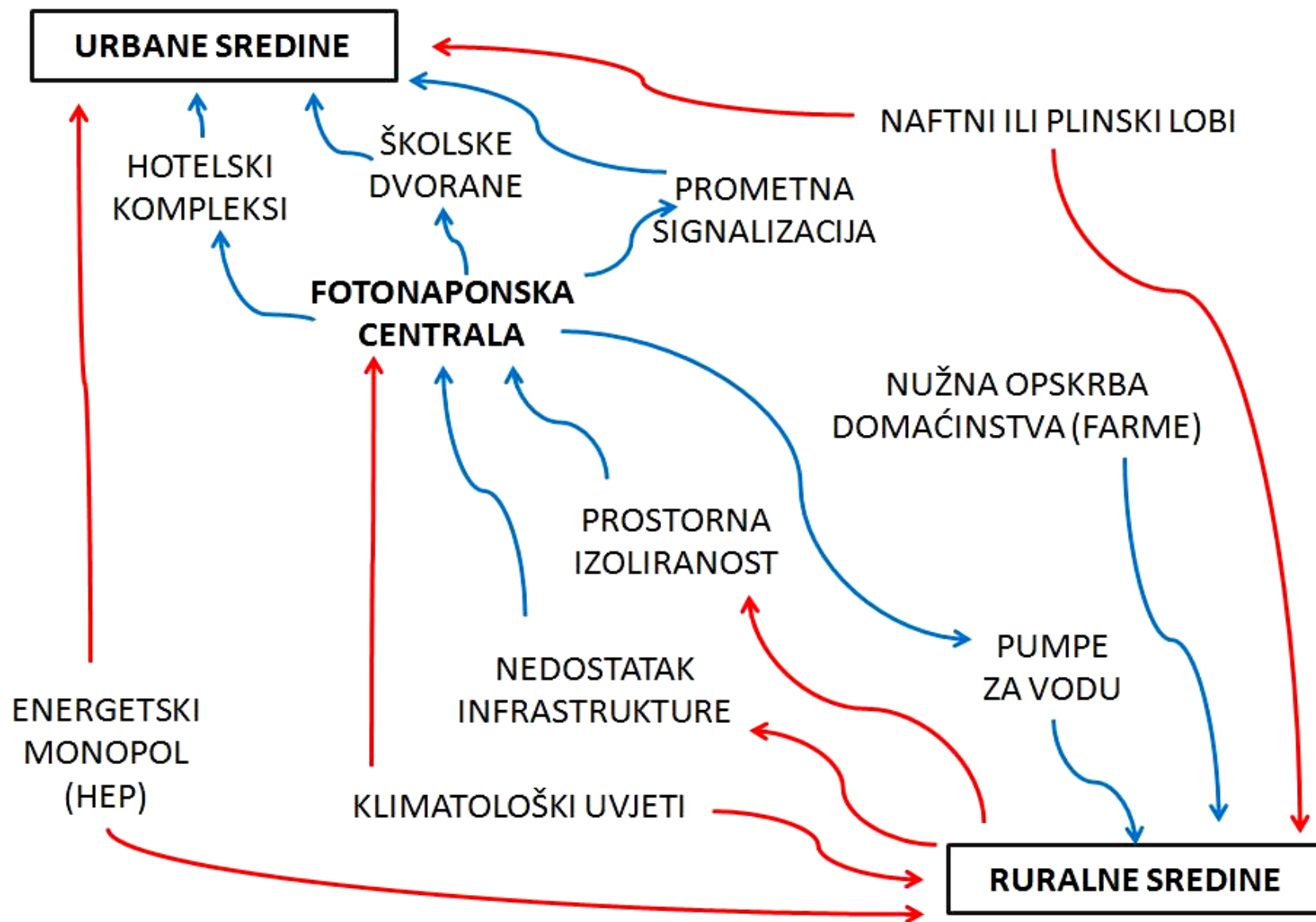
Slika 8.3. Brodica sa FN sustavom kao nadstrešnicom i bicikl na solarni pogon

Solarni sustavi se također mogu primjenjivati u prometnoj signalizaciji, za rasvjetu većih površina i kao izvor električne energije kod solarnih šatora za kampiranje ili parkirnih automata.



Slika 8.4. Parkirni automat sa FN sustavom na Obali kralja Tomislava u Zadru i poznata zadarska turistička atrakcija Pozdrav suncu

Na sljedećoj stranici dijagram (slika 8.5.) prikazuje odnos prednosti (plave strelice) i nedostataka (crvene strelice) upotrebe solarne energije u svakodnevnom životu. Varijable su međusobno povezane jer i nedostaci, poput prostorne izoliranosti ili nepostojanja infrastrukture u konačnici ipak mogu dovesti do pozitivnog rješenja.



Slika 8.5. Dijagram prednosti (plave strelice) i nedostataka (crvene strelice) upotrebe solarne energije u različitim sredinama

9. ANKETA

S obzirom da je opisani sustav relativno nepoznat, želio sam provjeriti razinu informiranosti kod mladih, pa sam proveo anonimnu anketu u svojoj školi. Pitanja su bila sljedeća:

1. Znaš li kako korisno možemo iskoristiti sunčevu energiju? (osim što je biljke koriste za fotosintezu)?
2. Znaš li što su solarne ćelije?
3. Znaš li koje oblike energije možemo dobiti iz sunčeve energije?
4. Koristi li tvoja obitelj ili netko u tvom okruženju solarnu energiju za kućanstvo?
5. Znaš li koje područje u Hrvatskoj ima najviše potencijala obnovljivih izvora u području iskorištavanja energije sunca?
6. Smatraš li da je solarna energija dovoljno iskorištena kao izvor energije za potrebe čovjeka?
7. Znaš li još koji obnovljivi izvor osim sunčeve?

U anketi je sudjelovalo 360 učenika Gimnazije Vladimira Nazora drugih, trećih i četvrtih razreda u dobi od 16 do 18 godina. Rezultati su sljedeći:

1. Znaš li kako korisno možemo iskoristiti sunčevu energiju (osim što je biljke koriste za fotosintezu)?

DA (84%)

NE (16%)

Ako si odgovorio potvrdno, napiši zašto. **(neki od odgovora)**

Pomoću kolektora kojima se sunčeva energija može iskoristiti i pretvoriti u električnu, za napajanje trošila i toplinsku za grijanje vode, za sintezu vitamina D u koži, za rad solarnih elektrana i pokretanje prijevoznih sredstava.

2. Znaš li što su solarne ćelije?

DA (63%)

NE (37%)

Ako si odgovorio potvrdno, ukratko objasni. (neki od odgovora)

Uređaji koji pretvaraju sunčevu energiju u druge oblike energije.

3. Znaš li koje oblike energije možemo dobiti iz sunčeve energije?

DA (70%)

NE (30%)

Ako si odgovorio potvrdno, navedi koje: (neki od odgovora)

Električnu i toplinsku energiju.

4. Koristi li tvoja obitelj ili netko u tvom okruženju solarnu energiju za kućanstvo?

DA (13%)

NE (87%)

Ako si odgovorio potvrdno, objasni u kojem obliku energije je koristi? (neki od odgovora)

Za grijanje, rasvjetu, toplu vodu, za različita trošila.

5. Znaš li koje područje u Hrvatskoj ima najviše potencijala obnovljivih izvora u području iskorištavanja energije sunca?

DA (32%)

NE (68%)

Ako si odgovorio potvrdno, navedi koje: (neki od odgovora)

Dalmacija, Primorje, otok Hvar, Brač, Jabuka, Palagruža, Istra, Splitsko-dalmatinska županija, Sredozemlje,.

6. Smatraš li da je solarna energija dovoljno iskorištena kao izvor energije za potrebe čovjeka?

DA (9%)

NE (91%)

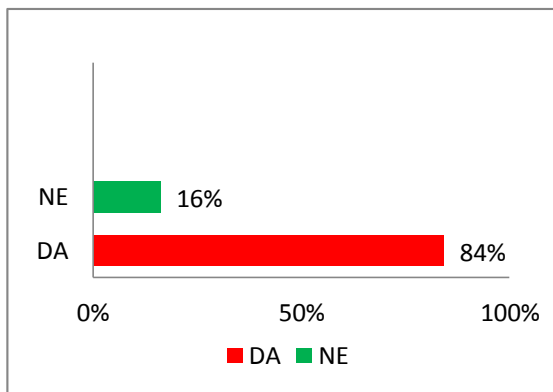
7. Znaš li još koji obnovljivi izvor osim sunčeve?

DA (85%)

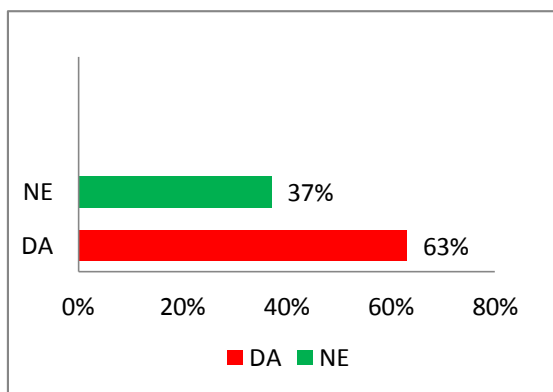
NE (15%)

Ako si odgovorio potvrdno, navedi koji. (neki od odgovora)

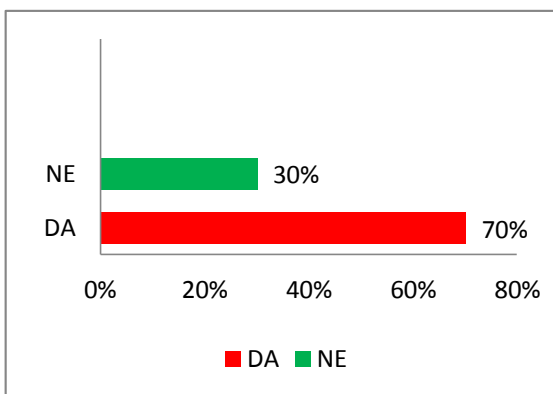
Voda, vjetar, geotermalna energija, plima i oseka.



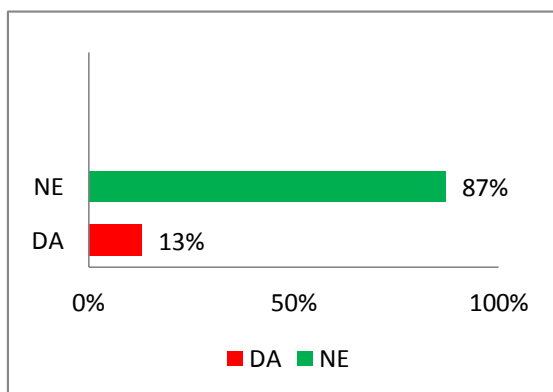
Graf 1. (prvo pitanje): Ovaj graf nam pokazuje da 84% učenika zna kako se sunčeva energija može iskoristiti što je zadovoljavajući postotak, dok njih 16% nije znalo.



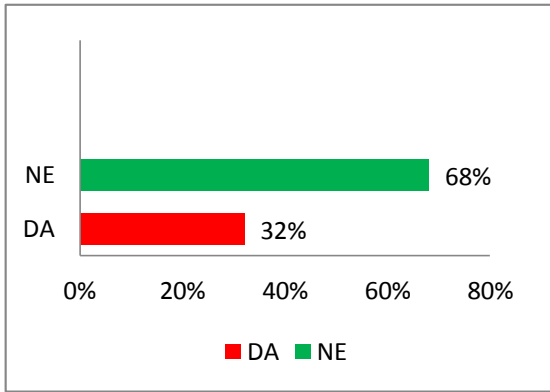
Graf 2. (drugo pitanje): Ovaj graf nam pokazuje da 63% učenika zna što su solarne ćelije. Učenici koji su odgovorili potvrdno na ovo pitanje većinom su rekli da se radi o uređajima koji pretvaraju sunčevu energiju u druge oblike energija.



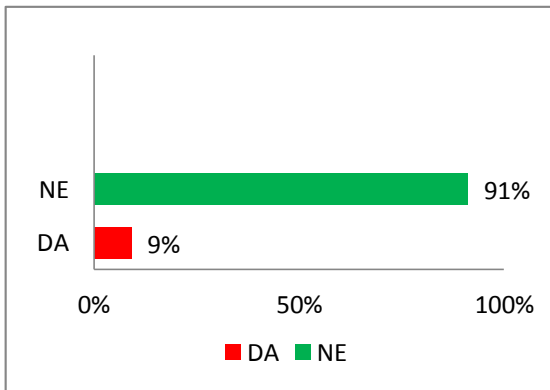
Graf 3. (treće pitanje): Ovdje možemo vidjeti da 70% učenika zna koji se oblici energija mogu dobiti iz sunčeve energije zračenja i najčešće su navodili električnu i toplinsku energiju, dok 30% učenika nije znalo odgovoriti na to pitanje što i nije zanemarivo.



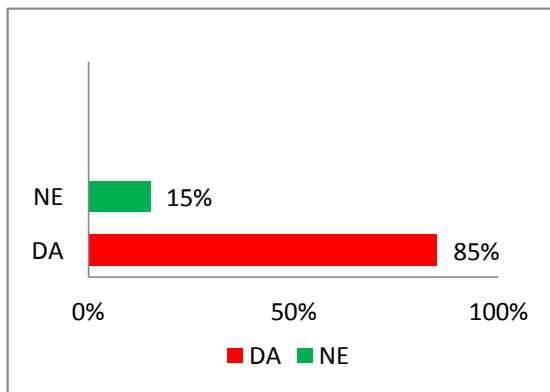
Graf 4. (četvrto pitanje): Ovaj graf nam pokazuje da 87% učenika ne posjeduje solarne sustave u vlastitim domovima i da žive u okruženju koje ne iskorištava energiju sunca, dok njih 13% navodi da takve sustave koriste za grijanje i toplu vodu.



Graf 5. (peto pitanje): Ovaj graf nam pokazuje da 68% učenika zna navesti područja u Hrvatskoj pogodna za iskorištavanje sunčeve energije i većinom su navodili mjesta u primorju, dok 32% učenika to nije znalo.



Graf 6. (šesto pitanje): Ovdje vidimo da veliki broj učenika, čak njih 91% smatra da solarna energija nije dobro iskorišten obnovljiv izvor, dok samo njih 9% smatra suprotno.



Graf 7. (sedmo pitanje): Ovaj graf nam pokazuje da da 85% učenika zna navesti obnovljive izvore energije i najčešće su navodili energiju vjetra, vode, geotermalnu energiju, dok smo 15% nije znalo navesti nijedan obnovljiv izvor.

10. ZAKLJUČAK

Ubrzano globalno zatopljenje i klimatske promjene više ne postavljaju pitanje treba li poticati i promicati korištenje Sunčeve energije kao obnovljivog izvora energije, već treba što žurnije djelovati kako bi se održala prirodna ravnoteža.

Budućnost je okrenuta prema obnovljivim izvorima, a sunce je upravo jedan od obnovljivih izvora koji može pružiti čovjeku veliku energetska iskoristivost, a njegovo iskorištavanje štiti okoliš i smanjuje količinu CO₂ u atmosferi. Važnost sunca kao obnovljivog izvora energije shvatio je mali broj zemalja i većinom se radi o europskim zemljama. Sunce se kao obnovljiv izvor energije može primjenjivati u dosta aspekata čovjekova života i upravo je to još jedan od razloga zašto koristiti sunčevo zračenje.

Nažalost, Republika Hrvatska koja ima puno potencijala za razvijanje ovog oblika obnovljivog izvora zaostaje za ostalim zemljama Europske unije. Mnogi se trude kako bi ovaj obnovljiv izvor energije postao iskorišteniji u našoj zemlji, a među njima je i **Srednja škola Vice Vlatkovića u Zadru** koja posjeduje sve oblike solarnih sustava, a njeni učenici su konstruirali različite proizvode koji koriste sunce i time žele pokazati kako bi ovaj sustav trebao više zaživjeti u našoj sredini.

Rezultati ankete provedeni među učenicima moje škole također pokazuju mišljenje da su solarni sustavi slabo zastupljeni u našoj sredini. S obzirom na to da su vrlo efikasni i pridonose čistoj budućnosti, mislim da bi trebalo više poticati njihovu instalaciju ne samo u kućanstvima nego i na većim površinama u kojima je ozračenost dovoljno velika. Iako je njihova instalacija skupa, fotonaponske centrale bi bile vrlo korisne u onim područjima gdje ne postoji elektroenergetska mreža (ruralne sredine). Zbog toga je opravdanost njihovog korištenja neupitna. **A ekološku osviještenost treba poticati ne samo korištenjem nego i proizvodnjom.**

11. ZAHVALE

Zahvaljujem gospodinu **Tihomiru Tomčiću**, ravnatelju Srednje škole Vice Vlatkovića u Zadru koji mi je omogućio posjete školi i svoj aparaturi fotonaponskog sustava.

Također zahvaljujem profesoru **Džemailu Spahiću**, mag. ing. elektrotehnike koji je profesor savjetnik u Srednjoj školi Vice Vlatkovića u Zadru, a ustupio mi je stručnu literaturu i objasnio brojne procese.

Zahvaljujem i profesoru **Marinku Staniću**, dipl. ing. strojarstva koji je profesor mentor u Srednjoj školi Vice Vlatkovića u Zadru, a objasnio mi je i opisao glavne elemente toplinskog sustava.

Zahvaljujem i svim učenicima koji su sudjelovali u anonimnoj anketi koja je korištena u izradi ovog rada.

Posebno zahvaljujem svojoj mentorici **Sanji Fabac** na ideji za rad, strpljivosti i nesebičnosti te stručnim savjetima i korisnim raspravama kojima je usmjeravala tijek pisanja mog rada.

12. LITERATURA

1. Iskorištavanje energije sunca u energetici (preuzeto s www.obnovljivi.com, 3.2.2014.)
2. Majdandžić Lj., Fotonaponski sustavi (priručnik), Srednja škola Oroslavje, (s.a.)
3. Majdandžić Lj., Obnovljivi izvori energije, Graphis, Zagreb, 2008.
4. Majdandžić Lj., Solarni sustavi, Graphis, Zagreb, 2010.
5. Paar V., Fizika 4, Školska knjiga, Zagreb, 2009.
6. Smjernice za izradu projektne dokumentacije fotonaponskog sustava spojenog na elektroenergetsku mrežu, D. rad, Fakultet elektrotehnike i računarstva, 2009.
7. Solarni toplinski sustavi, stanje na hrvatskom tržištu, Zadarska županija (preuzeto s www.solarani.eduicijiski.centar.hr, 2.2.2014.)
8. Specifikacija/ troškovnik za izradu i montažu čeličnih konstrukcija, građevinskih i elektro-montažnih radova te dobavu i instalaciju opreme solarne elektrane 10kW, Strukovna škola Vice Vlatkovića, Zadar, 19.1.2011.
9. Županije s najviše potencijala za obnovljive izvore energije, Anketa instituta Hrvoje Požar, (preuzeto s www.tportal.hr/vijesti/hrvatska, 30.1.2014.)