



KORIŠTENJE ENERGIJE SUNCA

SOLARNI KOLEKTORI, FOTONAPONSKI SISTEMI
Planiranje, konstruisanje, instaliranje i održavanje

Izdavač: Centar za ekologiju i energiju
Filipa Kljajića 22
75000 Tuzla, Bosna i Hercegovina
Tel./fax: +387 35 249 311
ceetz@bih.net.ba
www.ekologija.ba

Autori: mr.sc. Džemila Agić, dipl.ing.tehnologije
mr.sc. Sejfudin Agić, dipl.ing.elektrotehnike

Štampa: OFF-SET Tuzla
Tiraž: 500 primjeraka

Partner projekta: Grad Tuzla

Sponzori projekta:

REPIC
Renewable Energy &
Energy Efficiency
Promotion in
International
Cooperation

 Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Swiss State Secretariat for Economic Affairs SECO
Swiss Agency for Development and Cooperation SDC
Swiss Federal Office for the Environment FOEN
Swiss Federal Office of Energy SFOE

Die Interdepartementale Plattform zur Förderung
der erneuerbaren Energien in der internationalen
Zusammenarbeit (REPIC)



Kanton Basel-Landschaft

Tuzla, juni/lipanj 2015.

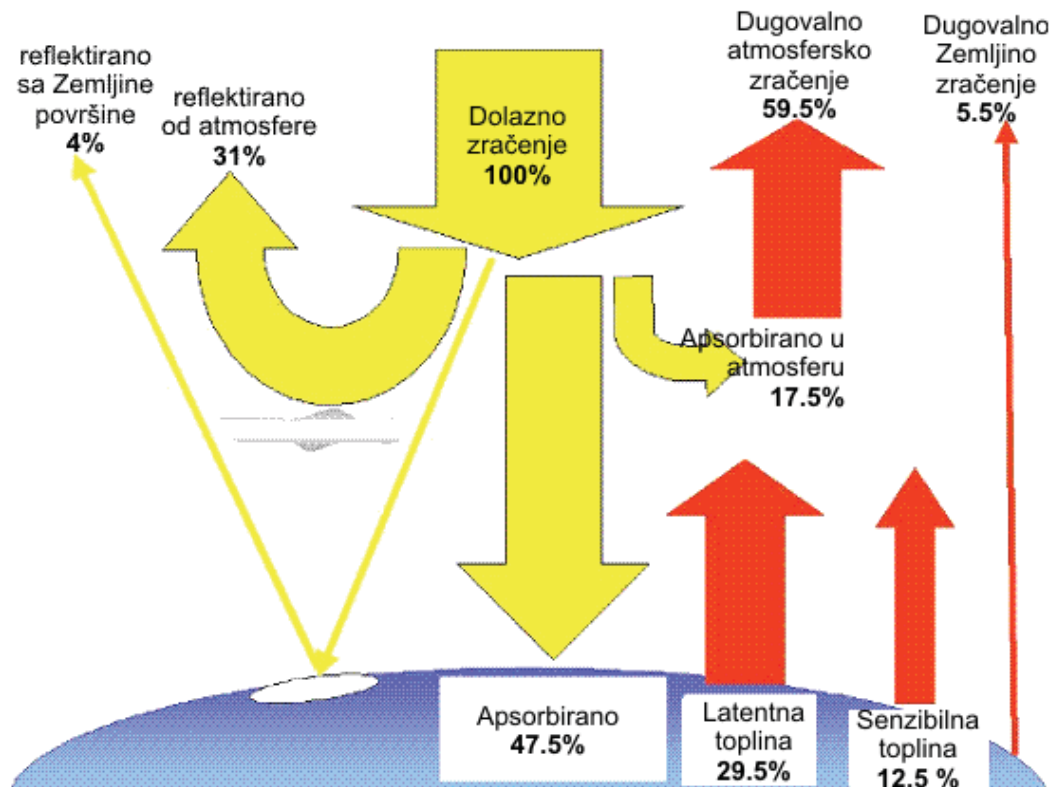
SADRŽAJ

1.	SUNCE	2
2.	SOLARNI KOLEKTORI I SISTEMI ZA TOPLU VODU	3
2.1.	PLOČASTI KOLEKTORSKI PANELI	3
2.1.1.	Termosifinski efekat	3
2.2.	KOLEKTORSKI SISTEMI SA REGULACIJOM	6
2.2.1.	Konstrukcija i izrada pločastih panela	9
2.2.2.	Postavljanje pločastih panela	10
2.3.	PROŠIRENJE SOLARNOG SISTEMA ZA TOPLU VODU	12
3.	FOTONAPONSKI SISTEMI	13
3.1.	SOLARNI FOTONAPONSKI MODULI	14
3.2.	ENERGETSKI BILANS FOTONAPONSKIH SISTEMA	17
3.3.	PODJELA FOTONAPONSKIH SISTEMA	18
3.3.1.	Off-grid sistemi	18
3.3.2.	On-grid sistemi	19
3.3.3.	Hibridni sistemi	19
3.4.	KONSTRUKCIJA FOTONAPONSKIH SISTEMA	20
3.4.1.	Solarne baterije – akumulatori	20
3.4.2.	Regulator punjenja	21
3.4.3.	Izmjenični pretvarač – inverter	22
3.5.	DIMENZIONIRANJE FOTONAPONSKIH SISTEMA	23
3.5.1.	Određivanje ukupne snage i ukupne potrošnje	23
3.5.2.	Dimenzioniranje fotonaponskog generatora	24
3.5.3.	Dimenzioniranje solarnih akumulatora	25
3.6.	VODOVI I KABLOVI FOTONAPONSKIH SISTEMA	26
3.7.	OSTALI ELEMENTI FOTONAPONSKIH SISTEMA	28
3.7.1.	Diode i osigurači za traku solarnih modula	29
3.8.	ON-GRID FOTONAPONSKI SISTEM	29
3.8.1.	Mrežni pretvarači – invertori za on-grid	29
3.8.2.	Zaštitni uređaji u on-grid radu	31
3.8.3.	Mjerni uređaji u on-grid radu	31
3.8.4.	Primjer jedne on-grid izvedbe	33
4.	PROVJERA, RAD I ODRŽAVANJE	35
4.2.	PRIKUPLJANJE PODATAKA U FOTONAPONSKOM SISTEMU	36

1. SUNCE

Sunce je nama najbliža zvijezda i centralna tačka našeg sunčevog sistema, koja svojom masom (333.660 puta većom od mase Zemlje), planete i brojna druga nebeska tijela drži u putanjama oko sebe. U unutrašnjosti sunca se stalno odigrava proces fuzije jezgre, pri kojem se u jezgru stvara temperatura od 15 miliona °C i pritisak od 200 milijardi bara. Masa sunca iznosi 99% mase našeg sunčevog sistema, a sastavljen je od 75% vodonika, 23% helijuma i 2% teških metala.

Intenzitet sunčevog zračenja u kosmosu (izvan zemljine atmosfere) je zbog promjene rastojanja između Zemlje i Sunca sa godišnjim dobima podložno oscilacijama od oko $\pm 1,7\%$. Srednja vrijednost tzv solarna konstanta iznosi $E_0 = 1.376 \text{ W/m}^2$. Na površini zemlje ta vrijednost umanjena je zbog utjecaja atmosfere i pojava koje se javljaju refleksija, apsorpcija i rasipanje.



Slika 1.1. Bilans sunčevog zračenja na Zemlju

Nezavisno od mjesta na Zemlji, oko podne, po sunčanom danu, intenzitet sunčevog zračenja iznosi oko 1000 W/m^2 . U toku godine Sunce nam preda energiju od 220.000 biliona kWh, što je preko 2.500 puta više od energetske potrošnje cjelokupnog čovječanstva. Ako se sabere vrijednost sunčevog zračenja tokom jedne godine na jednom mjestu dobije se srednje globalno zračenje u kWh/m². Prosječno zračenje za Bosnu i Hercegovinu je oko 1250 kWh/m^2 godišnje ($1.000 - 1.400 \text{ kWh/m}^2$). U poređenju sa dijelovima Sahare, Saudijske Arabije, Srednje Amerike ili Sjeverne Australije, mjesta koja su najbogatija suncem, u BiH dobijemo 65% sunčevog zračenja. Prema statističkim podacima, u BiH je godišnje oko 270 sunčanih dana. Ovi podaci su pokazatelj da je postavljanje i korištenje solarnih kolektora i fotonaponskih sistema moguće i isplativo.

Namjera ovog priručnika je da pokaže principe i mogućnosti te promovira jednostavne sisteme za zagrijavanje tople vode i pojedinačne fotonaponske sisteme sa aspekta planiranja, konstruisanja, montiranja/instaliranja i održavanja.

Priručnik je pripremljen na osnovu znanja, iskustva i materijala koji su nastali kao rezultat implementacije konkretnih projekata Centar za ekologiju i energiju iz Tuzle (www.ekologija.ba) i namjenjen svima koji žele ovladati osnovnim i specijalističkim znanjima iz ove oblasti.

2. SOLARNI KOLEKTORI I SISTEMI ZA TOPLU VODU

2.1. PLOČASTI KOLEKTORSKI PANELI

Ključni dio sistema solarnog kolektora jeste pločasti ili vakuumski panel. To je element kroz koji sunčeva svjetlost ulazi u sistem i pretvara se u toplotu. Radi na principu minijaturnog staklenika smještenog na krovu. Vakuumski panel ima bolji stepen iskorištenja, ali i nedostatak, jer se u praksi pokazalo da ih je teže održavati. Temi vakuumski kolektori posvetićemo više pažnje u nekom novom priručniku dok ćemo u ovom govoriti o pločastim kolektorima i odgovarajućim panelima.

Na pločasti panel postavljen je transparentni prekrivač koji sprječava izlazak sunčeve svjetlosti, dok apsorbirajuća ploča i izolacija služe kao primaoci solarne energije. Određena količina energije može se izgubiti u vidu toplote koja izlazi bočno ili sa donjih strana panela, ali izolacijom i upotrebom materijala sa izolacionim osobinama, takvi gubici se mogu takođe umanjiti. Rezultat je maksimalna količina energije dobivena i apsorbirana u sistemu, a koja nakon toga prelazi u tečnost unutar cjevovoda koji toplotu prenose do izmjenjivača za zagrijavanje vode.

Na lijepom, sunčanom, ljetnom danu tečnost koja se zagrijala u cijevima doseže temperature u iznosu od oko 60 – 80 °C, dok po takvom danu zimi temperatue dosegnu vrijednosti 50 – 65 °C. Ovi podaci ukazuju na to da, za razliku od preovlađujućih mišljenja, solarni kolektori rade jednako dobro i tokom zime.



Slika 2.1. Princip funkcioniranja pločastog solarnog kolektorskog panela

2.1.1. Termosifinski efekat

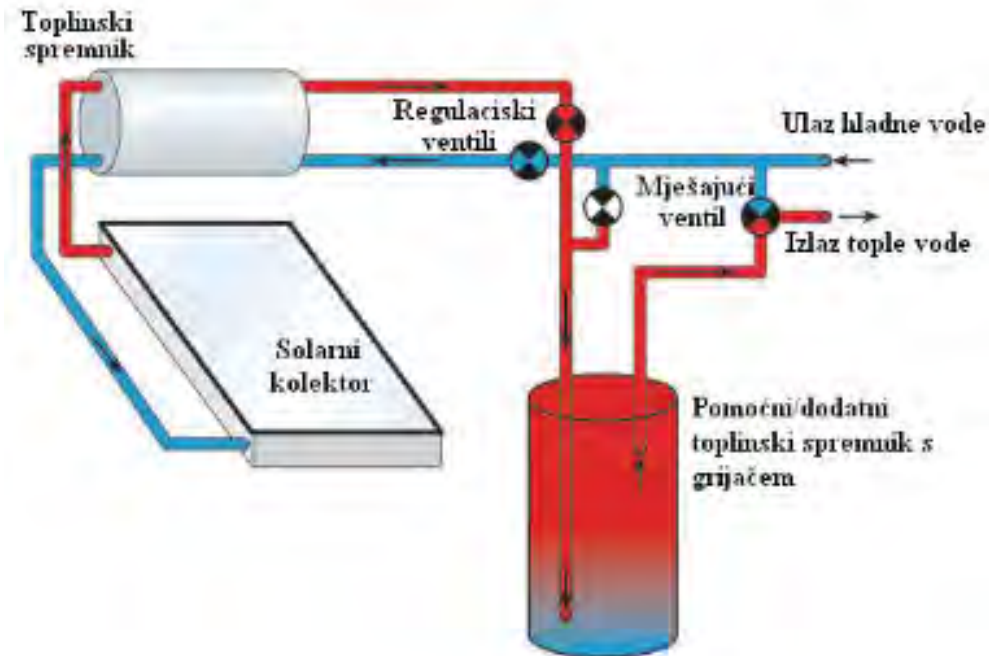
Najjeftiniji solarni kolektori rade na principu pasivnog sistema bez pumpi ili drugih pokretnih dijelova, koristeći fenomen zvan termosifonski efekat. Tok tečnosti za provođenje toplote se stvara uz pomoć prirodnih temperaturnih razlika.

U sistem uvodimo hladnu vodu koja puni cijevi i rezervoar do vrha. Sunce zagrijava vodu koja je unutar cijevi pločastog kolektora, a kako se toplota povećava, topla voda se prirodno penje do vrha, gdje izlazi iz panela i penje se do rezervoara sa vodom.

S obzirom na to da vakuum ne može nastati u cijevima, topla voda koja je napustila panel zamjenjuje se hladnom vodom iz rezervoara. Cjelokupni proces stvara prilično brz vodeni tok u i iznosu od oko 60 l/sat. Ovaj efekat se nastavlja sve dok je vanjska temperatura viša od one u rezervoaru i panelu.

Kada su vanjske temperature niže, npr. tokom noći ili kada je oblačno, dolazi do obrnutog efekta.

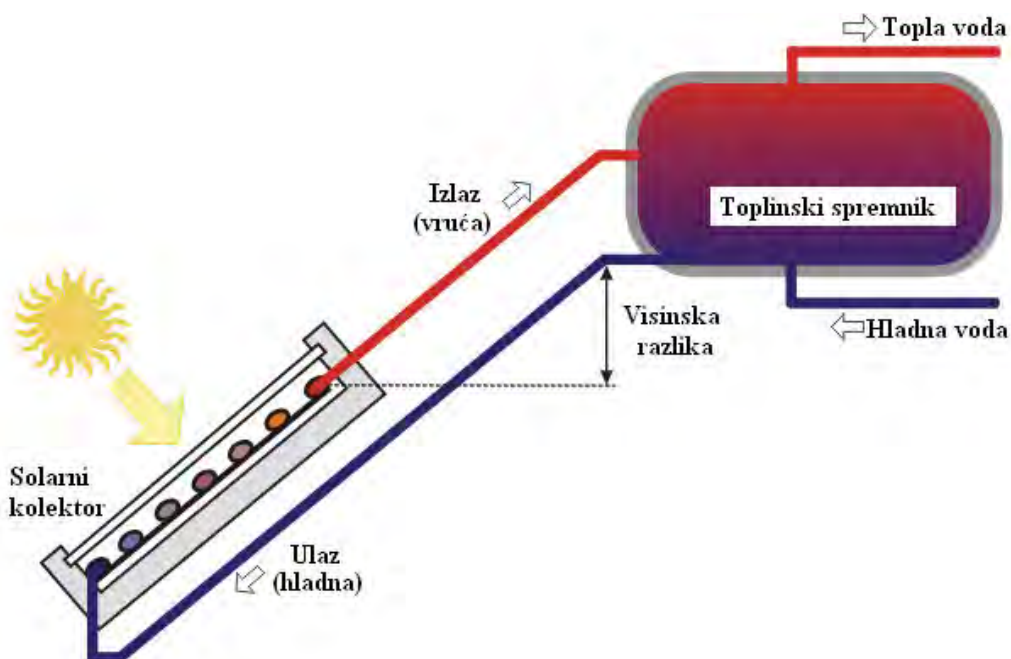
I pored gubitaka, termosifonski sistem može da nas opskrbi sa više nego dovoljno tople vode pri odgovarajućim uslovima, a kruženje radne tečnosti između solarnog kolektora i rezervoara (toplotnog spremnika, bojlera), obavlja se uz prirodnu cirkulaciju, tj. ne postoje pumpe niti bilo kakvi drugi pokretni mehanički dijelovi.



Slika 2.2. Princip termosifonskog efekta

Postoje dva tipa solarnog termosifonskog sistema:

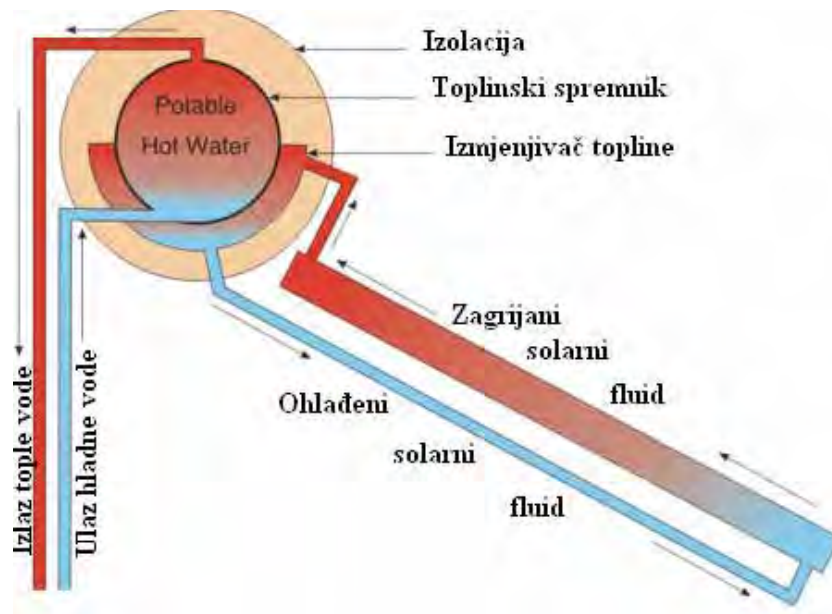
- Prvi, kod kojeg se u sistemu nalazi samo voda, naziva se **otvoreni ili direktni sistem**,
- dok se drugi, kod kojega se u sistemu nalazi i voda i radna medij, poznata kao i „solarni fluid“, naziva **zatvoreni ili indirektni sistem**.



Slika 2.3. Direktni – otvoreni termosifonski sistem

Princip rada za direktni sistem je sljedeći: teža hladna voda se uslijed gravitacije iz rezervoara spušta do solarnog kolektora, gdje se onda postepeno grije, uslijed čega joj se smanjuje gustoća te postaje lakša polako se podižući prema gore, dok istovremeno na njeno mjesto dolazi hladnija voda iz rezervoara. Zagrijana voda odlazi u rezervoar gdje sa djelom svoje topline grije i hladnu vodu u rezervoaru. Zbog razlike u gustoći, najtoplija voda nalazi se na vrhu, dok se najhladnija voda nalazi na dnu. Teorijski, voda će u sistemu kružiti onoliko dugo dok se temperatura vode u rezervoaru ne izjednači sa najvišom temperaturom u solarnom kolektoru. Ako se voda iz rezervoara troši onda u njega pristiže svježija količina vode iz vanjskog izvora (npr. vodovod, spremnik kišnice i sl.).

Kod direktnog sistema rezervoar mora se obavezno nalaziti iznad solarnog kolektora, na odgovarajućoj visini, kako bi se izbjeglo da sistem tokom noćnih sati radi u "drugom smjeru" i hladi vodu iz rezervoara. Sistemi mogu biti izvedeni sa izoliranim, ali i sa neizoliranim toplotnim rezervoarom. Direktni sistemi sa neizoliranim rezervoarom uobičajeno se nalaze na području gdje se ne očekuje smrzavanje.



Slika 2.4. Indirektni – zatvoreni termosifonski sistem

U slučaju indirektnog sistema, jedina razlika je u tome što se u solarnom krugu nalazi solarni medij, koji se zagrija u kolektoru diže do toplotnog rezervoara, gdje preko izmjenjivača predaje toplinu vodi, pri čemu se hladi i ponovno vraća u kolektor. Kao solarni medij koristi se glikol. jer je nerazgradiv i pri visokim temperaturama pa ne povećava pritisak u sistemu. Kod indirektnog sistema, u odnosu na direktni, osim što je otporan na smrzavanje, također nema rizika od nakupljanja kamenca ili korozije, što kod direktnog sistema može dovesti i do začepjenja kolektora. Ali, indirektni sistemi su skuplji, prvenstveno zbog kompliciranije izvedbe rezervoara sa izmjenjivačem.

Osnovna prednost solarnog termosifonskog sistema je što za rad istog nije potreban dodatni vanjski izvor energije, što ga čini vrlo dobrim rješenjem na mjestima gdje je dostupna opskrba vodom ali ne i pristup elektroenergetskoj/plinskoj mreži.

Ipak, šta ako potrošimo veće količine zagrijane vode iz rezervoara, pri čemu će na njeno mjesto doći hladna voda i ukupna temperatura vode u rezervoaru opasti, te je ponovno potrebno pričekati neko vrijeme da se voda zagrije. Kako bi se ovo izbjeglo, moguća je kombinacija sa električnim grijačem, s kojim se onda voda dogrijava na željenu temperaturu. Električna energija za električni grijač, u potpuno autonomnom sistemu, može se dobiti iz fotonaponskog ili vjetrogenaratorskim sistemom.

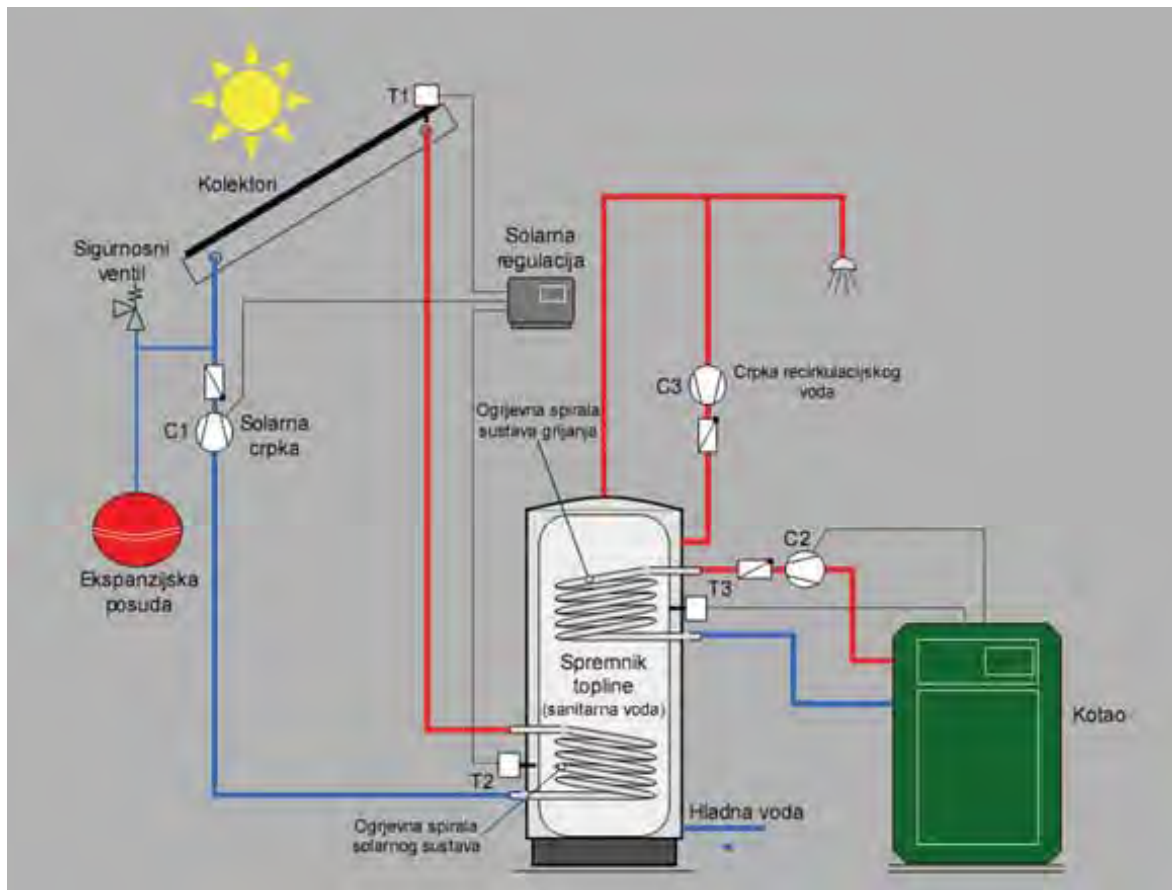
Pri korištenju bilo kakvog sistema sa prirodnom cirkulacijom postoji problem raspoloživog pada pritiska, odnosno, raspoloživi pad pritiska je malen. Stoga, baziramo li cijeli sistem samo na prirodnoj cirkulaciji, isti mora biti pažljivo projektiran i izveden, tj. bez puno ventila, regulacijskih elemenata i sa odgovarajućim presjekom cijevi, u suprotnom sistem neće ispravno raditi. Također, nedostaci koji mogu utjecati na odluku o ulaganju su i vizualan izgled objekta te ograničenja pri nižim temperaturama.

Za ispravno instaliranja termosifonskih solarnih sistema treba voditi računa i o sljedećem:

- Solarne sisteme je najbolje orijentirati prema jugu, neposredno ispod spremnika za vodu. Moguća je i zapadno ili istočna orijentacije ali ćemo smanjiti efikasnost sistema za oko 20%.
- Spremnik za toplu vodu mora uvijek biti instaliran iznad solarnih kolektora.
- Sredstvo protiv smrzavanja (propilen glikol) treba pripremiti tako da bude zaštićta na -25 °C.
- Ako spremnik za vodu ima električni grijač, koji po potrebi automatski dogrijava vodu, tada je teško uočiti eventualne kvarove u funkcioniranju solarnog sistema. Zato treba tokom ljeta periodično iskuljučivati električni grijač i provjeriti ispravnost sistema.
- Ako se rad električnog grijača na tajmeru ograniči na 17:00 – 23:00 sat, imamo dodatne uštede.
- Cijevi koje odvođe toplju vodu iz kolektora do spremnika moraju biti izolirane da bi umanjili gubitak topline do koje će doći tokom 24 sata.
- Preporučuje se korištenje plastičnih cijevi, koje su otporne na niske temperature. Sve cijevi moraju biti izolirane zbog smanjenja toplotnih gubitaka i dodatne zaštite od smrzavanja.
- Četiri sedmice nakon instaliranja mora biti urađena kontrola funkcioniranja solarnih sistema, a poslije toga je neophodno vršiti kontrolu jedanput godišnje.
- Prilikom instaliranja rezervoara za toplu vodu ispod krova, mora se osigurati da nema grešaka na spojevima i oštećenja cijevi da ne bi došlo do curenja vode. Preporučuje se da se osigura odvodnja vode izvan objekta, do koje može doći prilikom kvara na sistemu.
- Kod ovih sistema se ne ugrađuje automatski ventil za ozraku i izlazak pare.
- Svi cjevovodi između solarnih kolektora i spreminka za vodu moraju se uvijek uspinjati bez krivina na "dole" inače neće funkcionirati termosifonski sistem.

2.2. KOLEKTORSKI SISTEMI SA REGULACIJOM

Kolektorski sistemi sa regulacijom omogućavaju autonoman rad, bez učešća čovjeka, kontroliran elektronskim dodacima za automatsku regulaciju rada, opremljen pumpom, ekspanzionom posudom i spremnikom za toplu vodu odgovarajućeg kapaciteta. Da bi nam to bilo jasnije pogledajmo sljedeću sliku.



Slika 2.5. Solarni sistem za dobivanje tople vode sa automatskom regulacijom

Bojler je zapremine 300 l (i/ili više, do 2.000 l) i ima dvije ogrijevne spirale (izmjenjivača toplote). Donja spirala je u sistemu solarnog grijanja, a gornja u ogrijevnom sistemu konvencionalnog centralnog grijanja. Pored toga, bojler ima mogućnost dodavanja grijača na električnu energiju.

Mjerenje temperature u bojleru vrši se termoelementom T2 i T3. Kada razlika temperatura termoelementa T1 (na kolektoru) i T2 (na spirali – izmjenjivaču toplote sistema) poraste na 12 °C sistem za automatsku regulaciju i kontrolu (solarna regulacija) uključuje pumpu i pokrene se tečnost u cjevovodima solarnog grijanja. Ova pumpa je trobrzinska i regulacijom brzine rada pumpe podešava se protok prenosnog medija kroz sistem i usklađuje sa preporučenom brzinom protoka.

Kontroler solarne regulacije možete postaviti pored bojlera ili nekom drugom mjestu pogodnom za očitavanje i kontrolu, npr. u kupatila ili hodnicima kojima češće prolazimo.

Najbolje mjesto za postavljanje bojlera velike zapremine je u blizini vodovodnih instalacija i pored postojećeg sistema centralnog grijanja. Na taj način smanjujemo gubitke na cjevovodima i moguće je kombinovati solarno i konvencionalno grijanje bilo ono na čvrsto gorivo, električnu energiju, pelete ili ostalo.

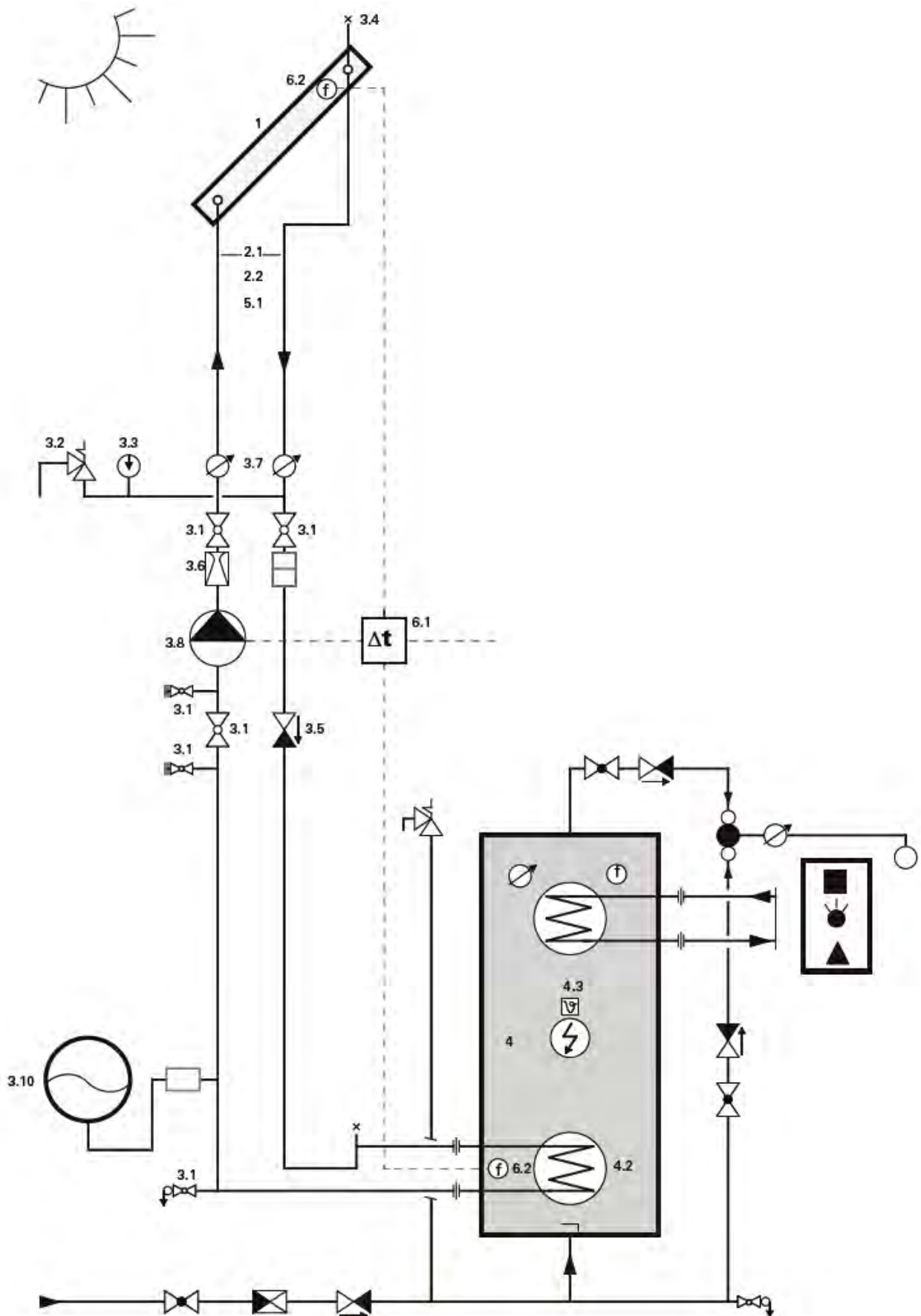
Npr. na slici 2.6 je varijanta solarno grijanje kao predgrijavanje vode za kotao na pelete.



Slika 2.6. Solarno grijanje tople vode kombinirano sa kotlom na pelete

Za one koji žele puno više činjenica i detalja o solarnim kolektorskim sistemima preporučujemo nekoliko priručnika, koje je napisao Centar za ekologiju i energiju Tuzla, od onih za samogradnju do profesionalnih sistema.

Kako to izgleda možemo vidjeti na primjeru slike 2.7 sa velikim brojem komponenti i dijelova. Detaljni podaci o svim instaliranim komponentama sa slike mogu se naći u priručniku Grijanje vode na solarnu energiju, koja je prevod priručnika od SSIV Schweiz - švicarskog saveza limara i instalatera, koju je priredio Centar za ekologiju i energiju Tuzla (www.ekologija.ba).



Slika 2.7. Kompletna izvedbena šema sistema sa regulacijom

2.2.1. Konstrukcija i izrada pločastih panela

Način kako ćemo napraviti kućište panela zavisi prije svega od iznosa finansijske investicije u kompletan sistem za dobivanje tople vode. Ako koristimo drvo kao gradivni materijal za kućište panela, minimiziramo gubitke toplote. Isto tako možemo se odlučiti za kućište od aluminija, koje je otporno na vremenske utjecaje i mnogostruko produžava radni vijek sistema. Za one koji su u mogućnosti dobro je da izradu kućišta panela koriste aluminijum jer ima dug radni vijek, a i lagan je.



Slika 2.8. Kućište panela, apsorbirajuće ploča i cijevi

Kod izrade apsorbirajuće ploče i mreže cijevi kroz koju će teći zagrijani tečni medij treba voditi računa:

- ✓ Da su sve cijevi izrezane na odgovarajuću dužinu kako bi se uklopile u kućište panela koje smo već izgradili. Plastični nosači i svaki fitting utiče na dužinu cijevnog sistema.
- ✓ Kada smo sigurni da će cijevni sistem odgovarati kućištu panela, spajamo cijevi i fittinga.
- ✓ Nanesemo pastu za lemljenje na cijevi i fittinge na svim kontaktnim mjestima. Previše je i u ovom slučaju bolje nego premalo! Ovaj prvi korak u procesu lemljenja je neophodan, jer pasta dozvoljava otopljenom lemu (kalaju) da utiče u fittinge gdje je potrebno da se stvori čvrsta veza između metala.
- ✓ Sada zagrijavamo cijev i fittinge koristeći se plamenikom, a plamen lagano pomjerajući sa jedne na drugu stranu, kako bi se izbjeglo paljenje metala. Temperatura je dovoljno visoka za nanošenje lema kada se lem u dodiru sa cijevi odmah počne topiti, te izazvati ulivanje lema u cijevi i fitting.
- ✓ Preporuka za profesionalnije sisteme je da se svi spojevi, a pogotovo spojevi cjevovoda u kolektoru, zbog mogućnosti ekstremno visokih temperatura i pritiska spajaju varenjem, tzv. tvrdo lemljenje.
- ✓ Ponovimo ovu radnju na svakom spojištu sa bilo kojom vrstom fittinga. Vjerovatno će biti male stvrdnutih kapi lema na donjem dijelu spojišta. Možemo ih otkloniti turpijom za metal.

Da bismo bili sigurni da konstrukcija cjevovoda može izdržati visoke temperature i pritiske koji će se neizostavno pojaviti u budućem radu treba provjeriti kvalitet lemljenja. U tu svrhu se jedan kraj konstrukcije cjevovoda zatvori nepropusnim čepom a na drugi se upumpava komprimovani zrak iz kompresora do pritiska 7-8 bara. Dostignutu pritisak mjerimo manometrom.

Nakon provjere kvaliteta lemljenja potrebno je kompletnu konstrukciju sa cijevima postaviti unutar kućišta pločastog panela. Pri ovoj operaciji još ne treba skidati zaštitnu foliju sa apsorbirajućih krilaca jer se umanjuje efikasnost pri radu, a nečistoće trajno ostaju. Međutim, prije toga treba pripremiti kućište panela postavljanjem izolacije.

Izolacija se ugrađuje kako bi se minimizirao gubitak toplote. Da bi izolacija bila otporna na direktni dodir sa vrelom konstrukcijom cjevovoda i apsorbirajućih ploča treba izabrati presovanu kamenu vunu, debljine 5 cm.

Potrebno je isjeći odgovarajuće komade izolacije za izoliranje bočnih strana kućišta panela i ugurati ih tako da ispune prostor do metalnih stjenki. Osjetljivije osobe obavezno trebaju koristiti zaštitne rukavice.

Umetanjem cjevovoda u kućište, kolektor je kompletiran i nedostaje još samo prozirni pokrivač sa gornje strane.



Slika 2.9. Izoliranje kućišta i stranica panela i detalj ispravno postavljene izolacije

Kao pokrivač koristimo kaljeno staklo za solarne kolektore. Ovo tzv. solarno staklo ima osobinu da propušta svjetlosno i toplotno sunčevo zračenje u unutrašnjost kolektora, a u suprotnom smjeru veoma malo. Na taj način dobivamo efekat staklenika u kućištu kolektoru.

Prije postavljanja kaljenog stakla treba skinuti zaštitnu foliju sa apsorbirajućih krila i pazimo da ih više ne dodirujemo ili bilo kako prljamo.

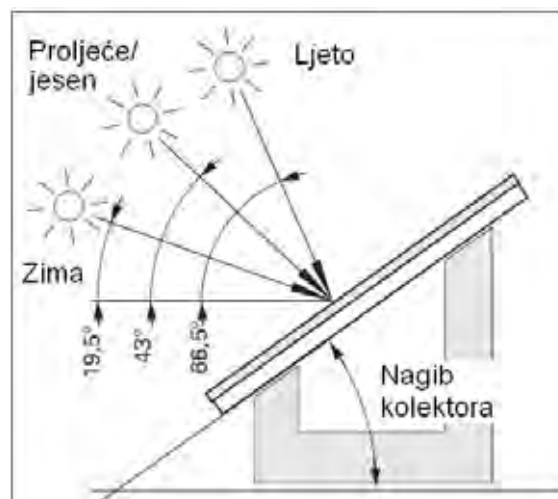
Nakon postavljanja stakla, tako da ima ravnomjerno rastojanje od ivica kućišta panela, u preostali prostor se stavi silikon. Silikoniranje se izvodi sa silikonom otpornim na visoke temeperature.



Slika 2.10. Staklo se pažljivo postavlja na kućište i završeni pločasti kolektor

Nedostaje samo montaža završnog poklopca koji učvršćuje staklo i štiti unutrašnjost od prodora vlage. Nakon bušenja rupa na rastojanju od 10-tak cm po obodu kućišta postave se zakovice.

2.2.2. Postavljanje pločastih panela



Slika 2.11. Nagib kolektora zavisi od doba godine

Za postavljanje panela neophodno je konstruisati nosač prema postojećim dimenzijama panela. Nosač se postavlja na dijelu objekta koji će poslužiti za postavljanje panela. Mjesto za postavljanje panela se određuje prema orijentaciji u odnosu na strane svijeta.

Nosač panela se može napraviti od čeličnih L-profila. Iz estetskih i razloga povećanja životnog vijeka treba nosač pažljivo premazati zaštitnom farbom. Nosač treba imati rupe koje služe za postavljanje na krov i za učvršćivanje panela. Najvažnija stvar je napraviti nosač tako da je nagib panela, koji će se postaviti na njega prema površini zemlje približno 40 – 45°.

Na slici 2.11 prikazana je zavisnost nagiba kolektora od položaja sunca kroz sva četiri godišnja doba. Bilo bi optimalno praviti kolektore sa promjenljivim nagibom.

Samo bismo u slučaju kolektora sa promjenljivim nagibom imali tokom čitave godine najefikasnije iskorištenje sunčeve toplote, jer će zraci na panel padati pod otprilike 90°. I takvi sistemi postoje, samo je uvijek u pitanju finansijska opravdanost. Krovovi na našim kućama su približno navedenih nagiba pa je ponekad dovoljno samo napraviti jednostavni držač, kao na slici 2.12, koji će zadovoljiti sve uslove.



Slika 2.12. Principijska šema postavljanja jednog panela na krovu

Svrha nosača je dvostruka: prvo, štiti panel da ga ne bi vjetar oborio ili da se ne bi uvrnuo, a drugo, diže panel od krova za barem 10 cm, stvarajući dovoljno prostora da kiša ili snijeg mogu proći ispod njega. Bez odvajanja od krova bi zimi, uz mali sniježni nanos, moglo doći do smanjene efikasnosti i povećanja vlage.

U slučaju kad treba postaviti više panela pravi se odgovarajući nosač i vodi računa da mu dimenzije budu takve da se paneli mogu međusobno nastavljati, slika 2.13.



Slika 2.13. Pripremljeni nosači za dva solarna panela

Kad je u pitanju geografska orijentacija jasno je da panel treba postavljati, ako je to moguće, na južnu stranu krova. Međutim, ako nemamo idealnu orijentaciju krova kolektore možemo postaviti i na jugozapad ili jugoistok. I ovdje vrijedi pravilo da je dozvoljeno odstupanje od orijentacije prema jugu.

Pošto je na panelu, smještenom na krovu, najviša tačka sistema tu se montira poseban ventil za ozračivanje za solarne sisteme. Ventil je instaliran na krovu i u slučaju pregrijavanja i prekomjernog porasta pritiska prenosnog medija u sistemu počinje „zviždati“ radi upozorenja.

Potrebno je svaki nosač konstrukcije zaštititi bojenjem. Na taj način produžava mu se životni vijek i osigurava stabilnost kolektora na krovu. Ako nosač treba dizati na veću visinu preporučujemo da ga napravite iz dva dijela koje kasnije možete međusobno spojiti na krovu.

Pojedinačni kolektor je težak oko 30 kg pa treba o tome voditi računa pri izboru mjesta postavljanja nosača.

2.3. PROŠIRENJE SOLARNOG SISTEMA ZA TOPLU VODU

1m² panel-kolektora dovoljan je za dnevne potrebe jedne osobe za toplom vodom. Međutim, ako je cilj korištenje solarne energije za zagrijanje objekata (npr. kuće), a ne samo vode za topla tuširanja, sudopere itd., onda je potrebna površina kolektora veće. Dakle, u slučaju korištenja solarnih sistema za kompletno zagrijavanje kuće za jednu četvoročlanu obitelj potrebno je 15-20 m² kolektora i rezervoar kapaciteta 1.000 – 2.500 litara. Izraženo u energiji za vodu i centralno grijanje potrebno je oko 0,6 – 1 m² na svakih 1.000 kWh potrošene (potrebne) energije.

Dva ili više kolektora se mogu spojiti na nekoliko načina s obzirom na to kako namjeravamo koristiti vodu. Najpoznatije veze su: serijska, paralelna i kombinovana veza.

Svaki od ova tri načina ima svoje prednosti i mane: kod *serijske veze* se može razviti visoka temperatura vode, ali istovremeno može doći do većeg gubitaka iste; kod *paralelne veze* temperatura je prilično konstantna u svim panelima, ali u danima kada su male količine sunčeve svjetlosti, temperatura vode je niska; kod *kombinovane veze* se stvara ravnoteža između dvaju prethodnih zahtjeva, što znači da ima i njihove prednosti, ali i mane.

U praksi ovo znači da bi *paralelna veza* više odgovarala normalnom korištenju tople vode u domaćinstvima (za tuširanja, sudopere, itd.), dok je *serijska veza* povoljnija za centralno grijanje, mada bi zadnji panel trebalo bolje izolirati od prethodnih da bi gubitak toplote bio minimalan.



Slika 2.14. Različiti načini spajanja solarnih kolektorskih panela

Nabrojimo još nekoliko praktičnih savjeta pri korištenju solarnih kolektora.

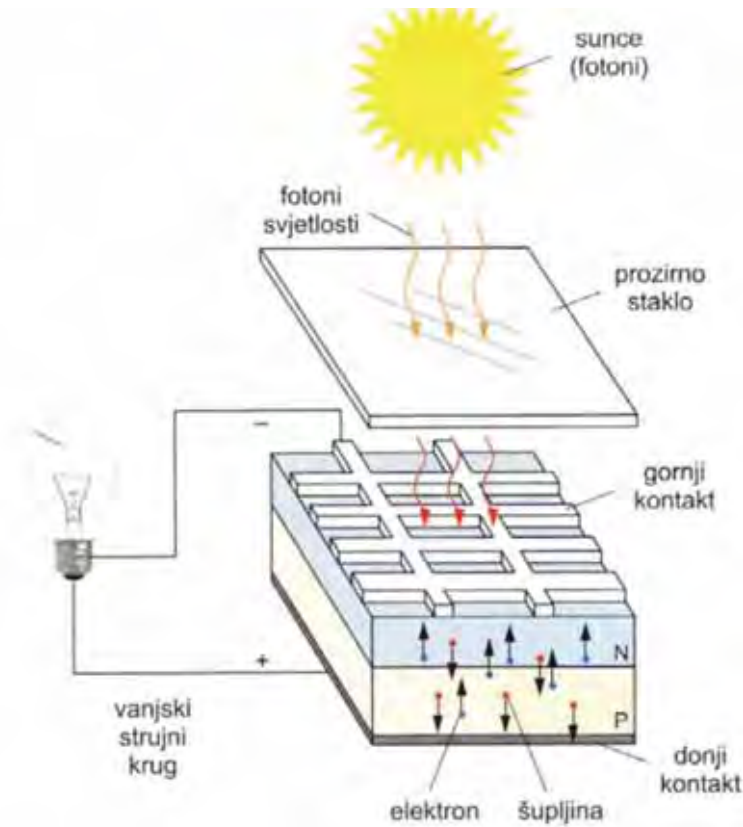
- ✓ Poželjno je izbušiti nekoliko rupa na donjoj ivici panela da bi voda mogla otjecati.
- ✓ Smanjimo li debljinu izolacije na 2,5cm, može doći do povećanog gubitka toplote za oko 8%.
- ✓ Solarni kolektorski panel treba biti dva puta duži od svoje širine, a najmanje dug 1m, mada će očigledno mjesto na koje planiramo postaviti kolektorski panel zahtijevati različite dimenzije.

3. FOTONAPONSKI SISTEMI

Riječ fotovoltaiik (eng. Photovoltaic) izvedena je iz grčke riječi "Photon", što znači svjetlost i imena italijanskog fizičara Alesandra Volte, po kome je mjerna jedinica za napon dobila ime. Za pretvaranje sunčeve energije u električnu energiju potrebna je solarna (fotonaponska) ćelija koja je osnovna komponenta svakog fotonaponskog panela. U solarnoj ćeliji se sunčeva energija pretvara direktno u istosmjerni napon što je čini ekološki veoma prihvatljivom.

Solarna ćelija funkcioniira prema procesu poznatom po nazivu fotoefekat. Fotoni sunčeve svjetlosti, koji padnu na prednju stranu solarne ćelije, predaju svoju energiju elektronima i u različitim slojevima ćelije izazivaju manjak, odnosno višak elektrona. Tako se stvaraju razliku potencijala, odnosno električni napon. P-N dodirna površina (tzv. zabranjena zona) održava nastalu raspodjelu naelektrisanja, a postignuta razlika potencijala se može mjeriti i koristiti na krajevima solarne ćelije, kao istosmjerni napon.

Da bi se propustilo što više svjetlosti, gornja strana solarne ćelije je opremljena antirefleksnim slojem i metalnim kontaktima sličnim češlju. Na ćeliji debljine 0,3 – 0,4 mm, veličine 10x10 cm po osvjetljavanju nastaje napon od oko 0,5 Volti (V) na vanjskim metalnim kontaktima. Različitim vezivanjem solarnih ćelija mogu se dobiti različiti naponi i snage.



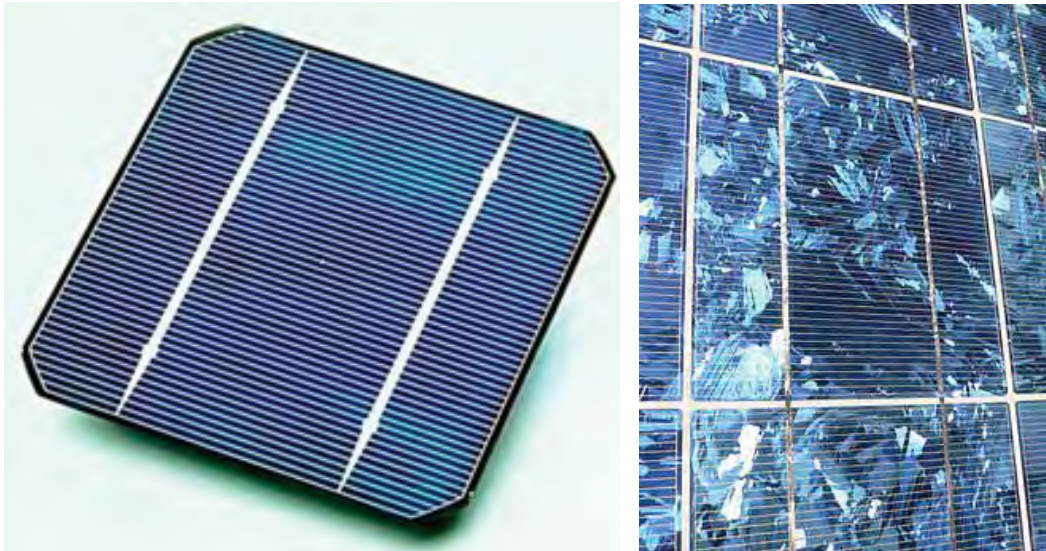
Slika 3.1. Struktura kristalne solarne ćelije

Odnos proizvedene električne snage i snage kojim sunce zrači na solarnu ćeliju naziva se stepen korisnog dejstva. Ova veličina za standardne ćelije na tržištu iznosi 12-18%, zavisno od tipa izrade.

Tri su preovlađujuća tipa solarnih ćelija i to: nešto skuplje monokristalne, jeftinije multikristalne (polikristalne) i ćelije za male snage od amornog (nekristalnog) siicijuma. Zato što su najbolje čistoće, stepen iskorištenja monokristalnih ćelija, za nekoliko procenata je bolji.

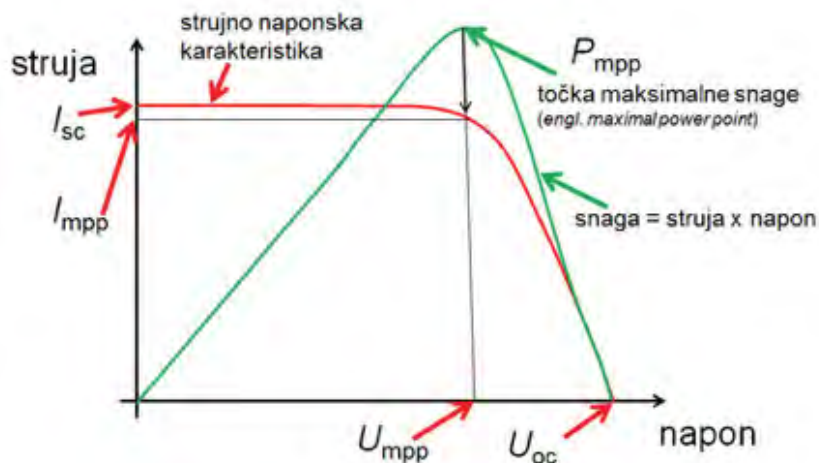
Pogledajmo jednostavan proračun:

Npr. ako je sunčano zračenje prosječno 1.000 W/m^2 koje pada na monokristalnu ćeliju veličine $10 \times 10 \text{ cm}$ onda se na taj dm^2 dozrači 10 W . Pri stepenu iskorištenja od 18% ćelija odaje snagu od $1,8 \text{ W}$ pa je za solarni generator snage $1,8 \text{ kW}$ potrebno 1.000 takvih ćelija.



Slika 3.2. Monokristalne (lijevo) i polikristalna (desno) solarna ćelija

Napon na krajevima ćelije nije konstantan i zavisi od količine svjetlosti koja pada na ćeliju. Na napon osim toga utiču i promjene temperature okoline i same ćelije. Pri povišenju temperature napon opada, a pri smanjenju napon poraste. U neopterećenom stanju solarne ćelije podešava se napon praznog hoda U_L , a u Maximum Power Point – MPP stanju dobije se napon ćelije U_{MPP} . Snaga solarne ćelije dobije se množenjem napona U_{MPP} i struje solarne ćelije I_{MPP} i označena je jedinicom Wp (Watt/peak = maksimalna, vršna snage).



Slika 3.3. Električni parametri solarna ćelija

Pošto zračenje sunca nije konstantna veličina, uslijed jakih dnevnih i godišnjih oscilacija, kreiran je STC postupak (STC – standardni uslovi testiranja) koji definira električne parametre za poređenje različitih tipova solarnih ćelija. Takvi SCT uslovi daju konstantne vrijednosti zračenja (E) u odnosu na 1 kW/m^2 , temperature ćelije $T=25 \text{ °C}$ i Air Mass – A_m od 1,5. Proizvođači solarnih modula daju podatke o struju, naponu i snazi u MPP-u, koji se u normalnom slučaju odnose na STC. Pri porastu temperature za 1 °C struja se povećava za oko 0,07%, napona smanjuje za oko 0,4% i smanjuje se snaga za oko 0,45%.

3.1. SOLARNI FOTONAPONSKI MODULI

Solarni fotonaponski modul se sastoji od više serijski povezanih solarnih ćelija i tzv. bajpas (by-pass) dioda, koje štite solarne ćelije od djelimičnog zasjenčenja modula. Ako se kod serijskog spoja jedna ćelija zamračí, ona se ponaša kao električni potrošač. Na taj način nastalo povećanje temperature može dovesti do uništenja solarne ćelije (hot-spot efekat). Ova je zaštita od maksimalne struje napravljena od strane proizvođača solarnih modula, tako da se ćelije dijele u solarne trake od 12 do 24 komada i štite se upotrebom bajpas dioda.



Slika 3.4. Izgled tipičnog monokristalnog modula snage 85 W sa vodovima za priljučivanje na zadnjoj strani

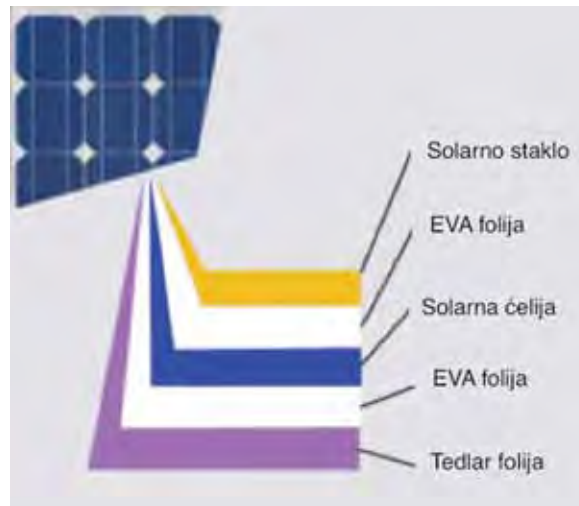
Karakteristična veličine za fotonaponski modul sa slike 3.4 su:

Nazivni napon:	12V
Nazivna snaga:	85W
Napon maksimalne snage U_{MPP} :	18.29V
Napon praznog hoda:	21.96V
Struja maksimalne snage I_{MPP} :	4.62A
Vrijednosti date prema:	STC: 1000W/m², 25°C, AM 1,5
Dimenzije ćelija:	125x125mm
Broj ćelija/broj bajpas dioda:	36/2
Dimenzije i masa:	1197x542x35mm, 8 kg

Za standardne module nazivna snaga se kreće u granicama 50 – 250 W. Površine modula su od 0,5 – 2 m². Željene ukupna snaga određuje broj modula i tip solarnih ćelija koje se koriste u modulima. Kristalne solarne ćelije od silicijuma se proizvode u veličinama 10x10 cm, 12,5x12,5 cm ili 15,6x15,6 cm. Najmanje rastojanje između ćelija povezanih u trake iznosi 2 mm u pravcu trake i 3 mm između traka. U zavisnosti od stepena efikasnosti modula potrebno je oko 80 m² da bi se dobila snaga od 10 kWp. Međutim, na ravnom krovu je za istu snagu potrebno oko 240 m², zbog rastojanja koje se mora održati između modula, da bi se spriječilo sjenčenje.

Težina solarnih modula iznosi oko 10 – 15 kg/m², zajedno sa postoljem 15 – 25 kg/m², a uključujući i osnovu za postavljanje modula na ravne krovove, mora se računati sa težinom od 100 – 150 kg/m².

Posmatrajući presjek modula vidimo da se on sastoji od kristalnih ćelija koje su poredane kao laminatne staklene folije. Da bi se moduli štitile od klimatskih i mehaničkih utjecaja prekrivaju se folijama ili tečnim smolama. Često korištena tehnika je oblaganje etilen-vinil-acetatom (EVA). Pri tome se same ćelije, između solarnog stakla sa prednje strane i plastične folije (tedlar folija) na zadnjoj strani, oblažu EVA folijom. Tako konstruiran solarni modul debljine je oko 4 – 5 mm.

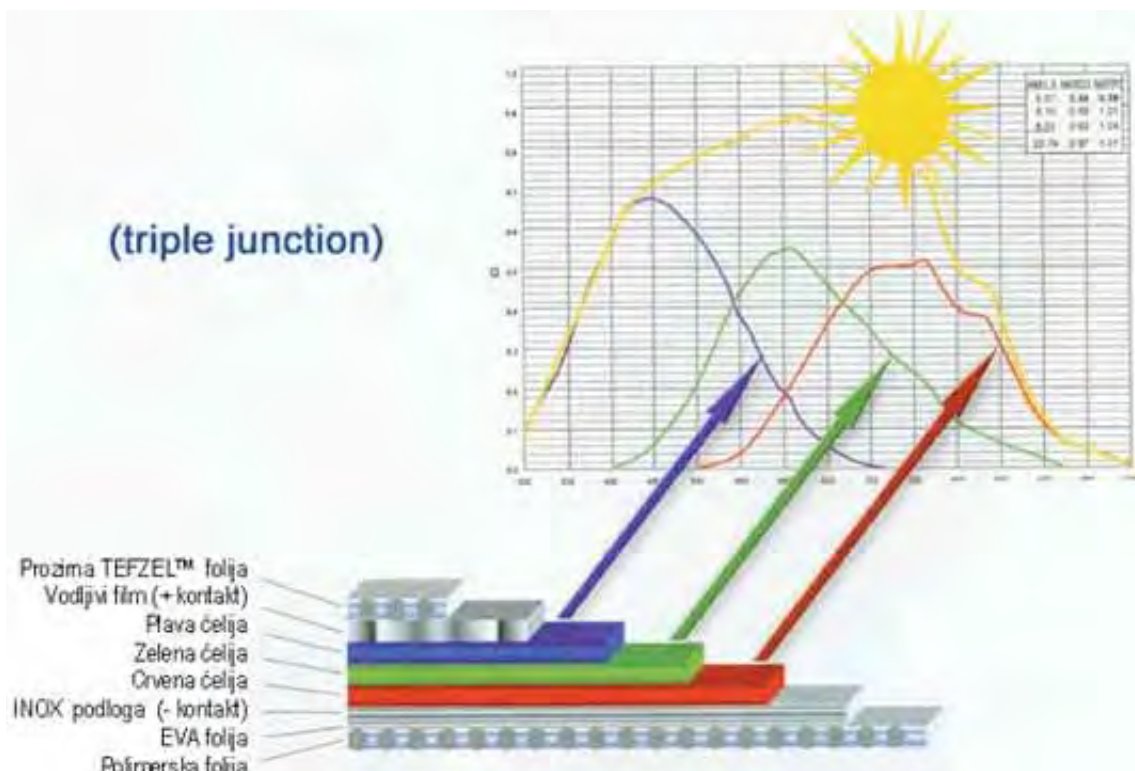


Slika 3.5. Poprečan konstrukcija solarnog modula

Debljina frontalne staklene ploče je različita pošto zbog mehaničkog opterećenja zavisi od veličine modula. Koristi se sigurnosno bijelo staklo, koje zbog malog udjela željznog osida dobro propušta svjetlost. Folija na zadnjoj strani je elastična kompozitna plastična folija – tedlar. Tedlar je višeslojan i sadrži aluminijski sloj koji zaustavlja prodiranje kiseonika i sprječava prepanu oksidaciju ćelija.

Priključni vodovi se izvode kroz otvor na zadnjoj strani na koji se nakon laminiranja postavlja razvodna kutija. Radi mehaničke stabilnosti okvir modula je od aluminijuma ili plemenitog metala.

Na tržištu su dostupni i moduli koji proizvode (zavisno od inteziteta sunčevog zračenja), do 30% više energije od drugih modula. Moduli proizvedeni ovim tehnologijama (crveni-zeleni-plavi sloj), omogućuje efikasno pretvaranje energije u cijelom sunčevom spektru. Veća temperaturna stabilnost koeficijenta efikasnosti osigurava veći prinos energije pri višim (ljetnim) temperaturama od mono i poli kristalinskih modula. Integrirane bajpas diode na svakoj ćeliji omogućuju superioran rad u uslovima zasjenčenja u odnosu na kristalne module. Konstrukcija ovih modula ne sadrži staklo pa su ovi moduli izvanredno otporni na lomljenje uslijed mehaničkih naprezanja (vandalizam i sl.).



Slika 3.6. Poprečan konstrukcija solarnog modula novijih tehnologija

3.2. ENERGETSKI BILANS FOTONAPONSKIH SISTEMA

Faktori koji utiču na energetski bilans fotonaponskog generatora su površine koje stoje na raspolaganju, odnosno korisne površine, efikasnost solarnih modula koji se koriste i finansijski resursi kojima se raspolaže. Teorijski se može instalirati sistem od nekoliko W do nekoliko MW.

Tržište obnovljivih izvora energije u Federaciji Bosne i Hercegovine (FBiH) definirao je Zakon o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasne kogeneracije („Službene novine Federacije BiH“ broj 70/13 i 5/14). Na osnovu zakona donesen je Pravilnik za mikro-postrojenja obnovljivih izvora energije.

Ovim Pravilnikom Regulatorna komisija za energiju u FBiH utvrđuje:

- a) postupke kod izgradnje mikro-postrojenja obnovljivih izvora energije (OIE),
- b) uslove priključenja mikro-postrojenja OIE na distributivnu mrežu i
- c) način mjerenja i obračuna proizvedene električne energije u mikro-postrojenjima OIE.

Mikro-postrojenje OIE znači postrojenje za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora energije, instalisane snage između 2 kW i 23 kW. Mikro-proizvođaču iz OIE (vlasniku postrojenja OIE) se u prvih 12 godina proizvedena električna energija otkupljuje po garantovanoj otkupnoj cijeni, a nakon isteka ovog perioda po referentnoj cijeni koju određuje FERK.

Regulatorna komisija za energiju u FBiH je Pravilnikom propisala metodologiju utvrđivanja garantovanih otkupnih cijena električne energije iz postrojenja kvalifikovanih proizvođača, kao i kriteriji za promjenu utvrđene garantovane otkupne cijene čime su date smjernice za jednostavan i razumljiv način izračuna garantovanih otkupnih cijena zasnovanih na osnovu poznatih parametara koji su sprovodivi u praksi.

Prema usvojenom tarifi, garantovana cijena električne energije varira s obzirom na veličinu i tip postrojenja, te na vrstu primarnog izvora energije, a kreće se za solarne elektrane od 0,01811 do 0,39320 KM/kWh.

Kod fiksnog fotonaponskog sistema priključenog na distributivnu mrežu tokom cijele godine, najveći energetski godišnji bilans se dobije nagibom modula od oko 30 stepeni usmjerenih prema jugu. Odstupanje u smjerovima jugistok ili jugozapad umanjuje efikasnost za nekoliko procenata.

Pravac i orijentacija u prostoru	Nagib solarnog modula			
	0 °	30 °	60 °	90 °
jug	93%	100%	91%	68%
jugozapad ili jugoistok	93%	96%	88%	66%
zapad ili istok	93%	90%	78%	55%

Tabela 3.1. Energetski bilans u odnosu na orijentaciju i nagib fotonaponskog sistema

Godišnji energetski bilans fotonaponskih sistema zavisi od klime, geografskog položaja, snage i orijentacije sistema. Precizan prosječni stvarni energetski bilans nije moguć uslijed klimatskih utjecaja, a čija se vrijednost uzima u odnosu na protekle godine.

Statistički podaci pokazuju da se u posljednjih 50 godina ljeto produžilo za 11 dana.

Kod planiranja fotonaponskih sistema treba još voditi računa da moduli dobiju dovoljno pozadinsko hlađenje. Efikasnost solarnih ćelija će biti veća ako su hladnije. Iz tog razloga solarni moduli na kosom krovu treba da budu montirani kao površine sa dobrim pozadinskim hlađenjem. Kod krovova i fasada poželjno je održati razmak za hlađenje od oko 10 cm.

Da bi se produžilo vrijeme u kojem sunčeva svjetlost skoro pod pravim uglom pada na sunčevu ćeliju instaliraju se pomična sistemi za praćenje i navođenje koji omogućavaju godišnji porast energetskog bilansa za 30 – 40%.



Slika 3.7. Fotonaponski sistem koji prati položaj sunca

3.3. PODJELA FOTONAPONSKIH SISTEMA

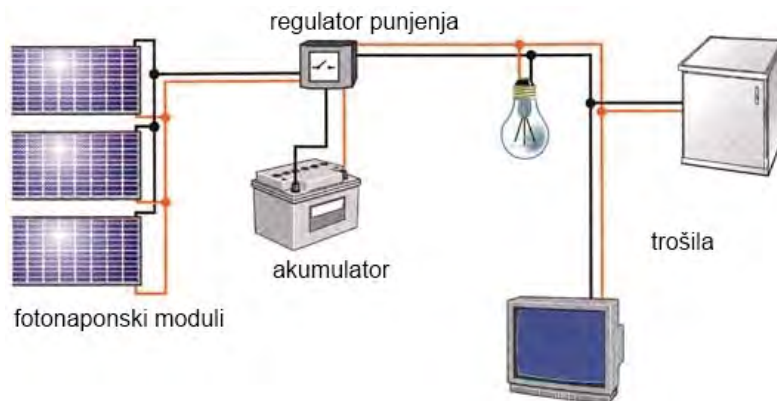
Snabdijevanje električnom energijom nezavisno od javne distributivne mreže postaje interesantno za objekte koji su udaljeni po strani kao što su vikendice, planinske kuće, kamp kuće, mjerne i radio-stanice, usamljeni objekti na autoputevima, tuneli itd.

Fotonaponski sistemi mogu biti instalirani u distributivnoj mreži ili raditi samostalno, pa u odnosu na to razlikujemo dva režima rada:

- a) rad nezavisan (autonoman) od javne distributivne mreže – off-grid sistemi,
- b) rad u javnoj distributivnoj mreži – on-grid sistemi.

3.3.1. Off-grid sistemi

Za samostalan fotonaponski sistem (off-grid system), pomoću kojeg treba realizirati snabdijevanje samo nekoliko potrošača, potrebno je samo nekoliko solarnih modula, koji se sastavljaju u fotonaponski generator, jedan akumulator većeg kapaciteta i jedan regulator punjenja.



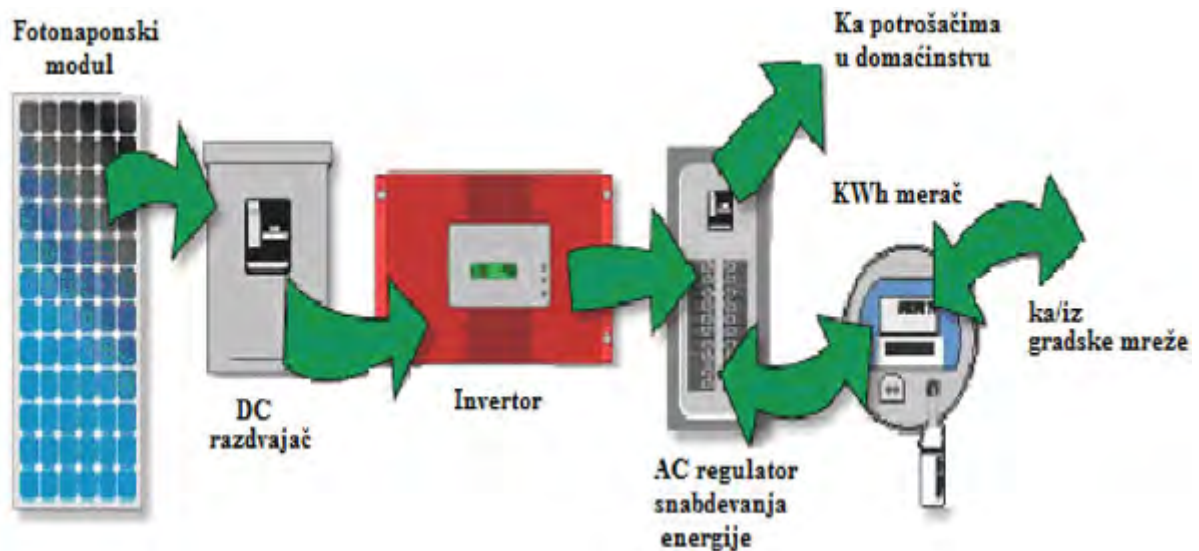
Slika 3.8. Off-grid fotonaponski sistem

Fotonaponski panel – generator puni akumulator dok sunce sija. Regulator punjenja vodi računa da se akumulator ne prepuni ili ne isprazni do kraja, jer u oba slučaja može doći do uništenja akumulatora.

Problem bi moglo predstavljati preopterećenje, rezultat kojeg je neželjeno isključenje struje. To se neće događati ako je dobiveni energetske prihod poklapa sa energetske potrebama ili je prihod malo veći, što poskupljuje sistem. Osim navedenog treba voditi računa da su priključeni električni uređaji i trošila podešena na istosmjerne naponske novoe iz solarnog panela i akumulatora (istosmjerni napon od 12, 24 ili 48 V). Ako želimo koristiti potrošače koji rade na 220 V, potreban je i izmjenični pretvarač (invertor) sa 12 V istosmjernog na 220 V, 50 Hz izmjeničnog napona. Naravno, moguć je i kombinirani rad kod kojeg se istosmjerni potrošači snabdijevaju direktno sa regulatora punjenja, a izmjenični potrošači sa pretvarača – invertora od 220 V.

3.3.2. On-grid sistemi

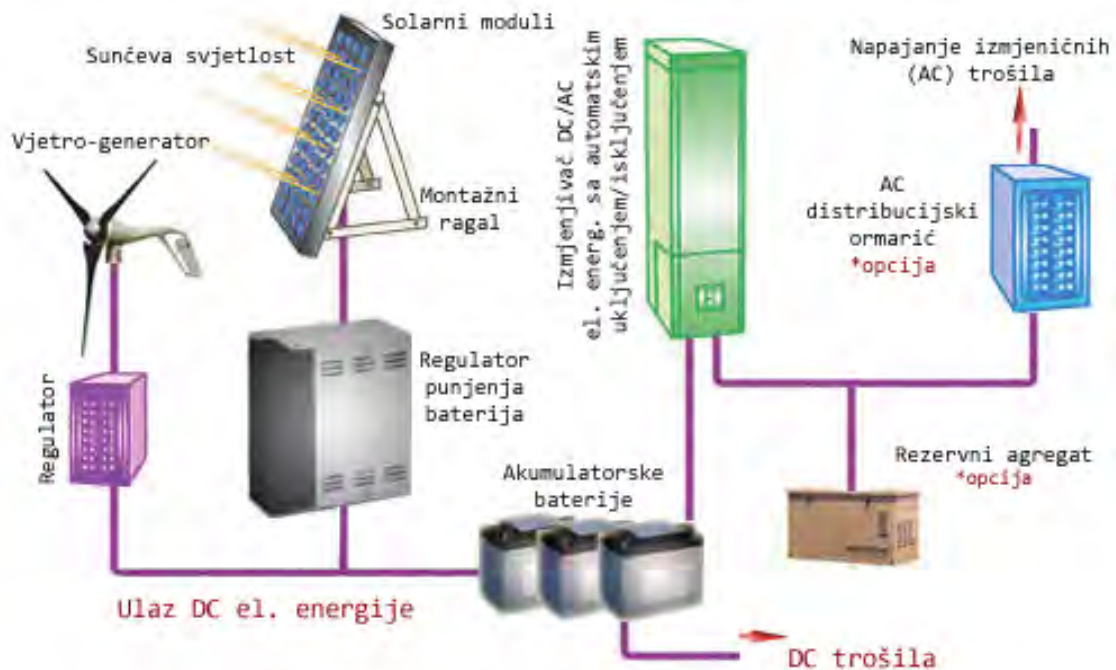
Fotonaponski sistemi za povezivanje sa mrežom su spojeni na javnu distributivnu mrežu preko izmjeničnog pretvarača (invertora). Podešavanje energetskog bilansa sa energetskim potrebama operatera elektroenergetskog sistema (pogledaj Zakon o električnoj energiji u FBiH, Službene novine FBiH" br.66/13) nije potrebno. Veličina postrojenja zavisi samo od korisne površine i finansijskih resursa kojima raspolažemo. Po pravilu se sva proizvedena električna energija šalje u javnu mrežu, a razlog tome je garantovana otkupnih cijena električne energije iz OIE. Naknada za fotonaponske elektrane, kako je već rečeno, kreće se u opesegu 0,01811 do 0,39320 KM/kWh, a to je razlog da se nakon nekoliko godina investicija u solarni sistem može refinansirati.



Slika 3.9. On-grid fotonaponski sistem

U principu od-grid fotonaponski sistemi ne trebaju ni akumulatore ni regulatore punjenja. Istosmjerni napon se putem izmjeničnih invertora direktno pretvara u izmjenični napon, vrši se mjerenje isporučene energije i ona direktno šalje u mrežu.

3.3.3. Hibridni sistemi



Slika 3.10. Hibridni fotonaponski sistem

Za korištenje samostalnih sistema tokom cijele godine potrebno je instalirati i dodatni izvor energije, npr. vjetroelektranu (vjetrogenerator) i/ili opciono rezervni agregat. Solarni paneli (fotonaponski paneli) u kombinaciji sa vjetro-generatorima mogu dati dovoljnu sigurnost napajanja električnom energijom na mjestima koja nemaju mogućnost napajanja iz javne mreže.

Potrebno je, prije svega, znatno umanjujemo instalisanu snagu u npr. domaćinstvu, da bismo se uspješno mogli snabdijevati električnom energijom iz ovih sistema. Na tzv. dobrim lokacijama investicija je isplativa relativno brzo, ali takve lokacije su rijetke. Na slici 3.10 je prikazana jedna od dobrih lokacija, koja koristi hibridni sistem napajanja.

Pored navedenog mogu se koristiti sistemi sa dodatnim generatorima, pogonjenim motorom sa unutrašnjim sagorijevanjem.

Za veće snage na tržištu se nalaze komponente za tzv. modularno povezivanje sistema izmjenične energije. Svi se izvori energije povezuju na AC strani pa se može izgraditi fleksibilna sistem koji omogućava korištenje svih obnovljivih izvora energije (sunce, vjetar, voda, biomasa).

3.4. KONSTRUKCIJA FOTONAPONSKIH SISTEMA

Dobivanje i potrošnja energije iz fotonaponskih sistema ne nastupaju istovremeno pa je važna tema skladištenju energije, pouzdanost snabdijevanja kao i pretvorbe talasnih oblika energije. Zato pogledajmo kratki pregled potrebnih uređaja, koji su sastavni dijelovi svakog fotonaponskog sistema.

3.4.1. Solarne baterije - akumulatori

Proizvedena energija tokom dana je često potrebna tek u večernjim satima, npr. za osvjetljenje, tako da je potrebno skladištenje (akumuliranje) energije. Isto tako solarna baterija može da premosti duži period lošeg vremena tj. vrijeme tokom kojeg akumulator preuzima kompletno snabdijevanje sistema, bez punjenja.

Koriste se u pravilu olovni akumulatori, koji se sastoje iz više ćelija napona po 2 V, smještenih u zajedničko kućište i vezanih u seriju, do napona 12 V ili 24 V. Serijskim spajanjem dva solarna akumulatora udvostručuje se napon (V), a paralelnim spajanjem udvostručuje se kapacitet (A/h – amper/sati). Primjer: za energetske potrebe od 1.200 W/h, uz napon akumulatora od 12 V potreban je kapacitet akumulatora od:

$$1.200 \text{ W/h} : 12 \text{ V} = 100 \text{ A/h}$$

Olovno-solarni akumulatori sa tečnim elektrolitom su modifikovani akumulatori za automobile, sa pojačanim mrežastim pločicama. Oni se odlikuju dva do tri puta stabilnijim ciklusima i s time povezanom dužinom vijeka trajanja. Ovi akumulatori daju više eneergije kod sporog pražnjenja malim strujama.



Slika 3.11. Solarni akumulator

Krajnji napon punjenja akumulatora definira proizvođač, a on se mora podesiti na regulatoru punjenja. Da bismo povećali životni vijek akumulatora trebalo bi ga dva do tri puta godišnje neznatno prepuniti, ali voditi računa o efektu stvaranja gasa (vodonika) uslijed prepunjavanja.

Olovno-žalatinasti akumulatori sadrži žele koji zamjenjuje kiselinu. Imaju povećan ciklus stabilnosti i nije potrebno nikakvo posebno održavanje. Kućište mu je hermetički zatvoreno pa se može ugraditi u svakom položaju, ali trebaju posebne regulatore punjenja.

Fiksni OpzS akumulatori sa tečnim elektrolitom ili **Fiksni OpzV akumulatori sa želeom** su namjenjeni za dugi neprekidni rad (10 – 15 godina). Pogodni su za sisteme sa većom potrošnjom struje i imaju do pet puta veći stabilnost ciklusa punjenja, što se odražava i na cijeni.

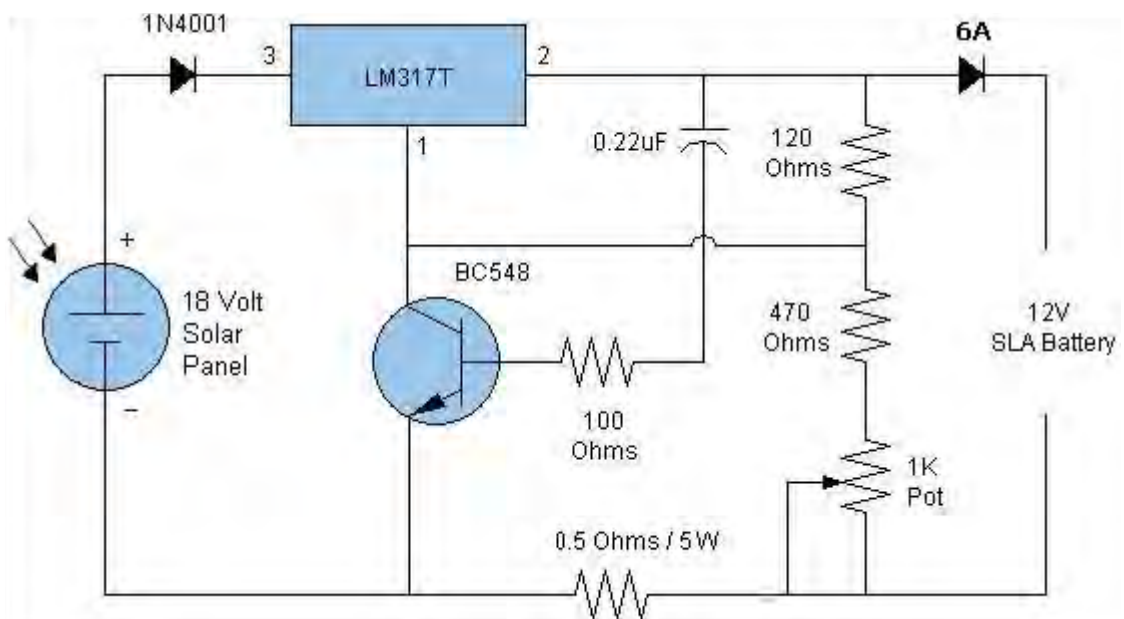
3.4.2. Regulator punjenja

Za pouzdano snabdijevanje potrošača i kućanskih aparate energijom iz fotonaponskog sistema potrebno je koristiti regulator punjenja i to na mjestu između fotonaponskog panela na jednoj strani i solarnog akumulatora i potrošača na drugoj. Sistemski napona u fotonaponskim sistemima je 12, 24, 48 ili čak 60 V. Napon sa fotonaponskih panela treba uskladiti sa naponom solarnog akumulatora. Napon punjenja u pravilu treba biti veći od MPP napona da bi se i kod viših temperatura akumulator punio.

Npr. solarni modul sa 36 – 40 ćelija daje nazivni napon od 15 – 18 V. Kod nižih temperatura napon modula raste na preko 20 V i daleko premašuje krajnji napon punjenja akumulatora. Iz tog razloga regulator punjenja mjeri napon akumulatora i štiti ga od preopterećenja ili putem prevremenog isključivanja (serijski regulator punjenja) ili putem kratkog spoja fotonaponskog generatora (paralelni regulator punjenja).



Slika 3.12. Regulatori punjenja 15A, 12V/24V i 30A, 12V/24V



Slika 3.13. Elektronska šema regulatora 18V/12V

Na elektronskoj šemi vidimo da se fotonaponski panel priključuje direktno na stabilizator napona LM317. Izlazni napon stabilizatora LM317T je u osegu od 0 – 30 V pa se pomoću potenciometra od 1 kΩ može veoma precizno obezbjediti izlazni napon od 12 V. Naravno, ovo je jeftin i prost regulator ali u potpunosti zadovoljava sve potrebe.

Prilikom dostizanja dozvoljenog pražnjenja akumulatora regulira se krajnji napon pražnjenja, tako da regulator odvaja potrošače od akumulatora, uglavnom preko relea, da bi se akumulator zaštitio od dubokog pražnjenja.

Moderni regulatori imaju mikroprocesor i logičke regulatore. Oni fleksibilno reaguju na stanja u fotonaponskom sistemu, mogu prepoznati napunjenost akumulatora i da se usklade sa raspoživim kapacitetom, starošću i temperaturom akumulatora. Osim toga opremljeni su i sa displejima za prikazivanje najvažnijih električnih veličina.

3.4.3. Izmjenični pretvarač - inverter

Da bi se u fotonaponskom sistemu mogli snabdijevati energijom standardni kućanski aparati i/ili ostali audio i video uređaji koriste se izmjenični pretvarači – invertori. Invertor je elektronski uređaj koji istosmjerni napon sa fotonaponskog generatora (ako je spojen direktno na panel) ili solarnog akumulatora od 12 V pretvara u stabilizirani izmjenični napon, sinusnog oblika, od 225 V \pm 5%, 50 Hz \pm 1%.



Slika 3.14. Spajanje invertora u fotonaponskom sistemu

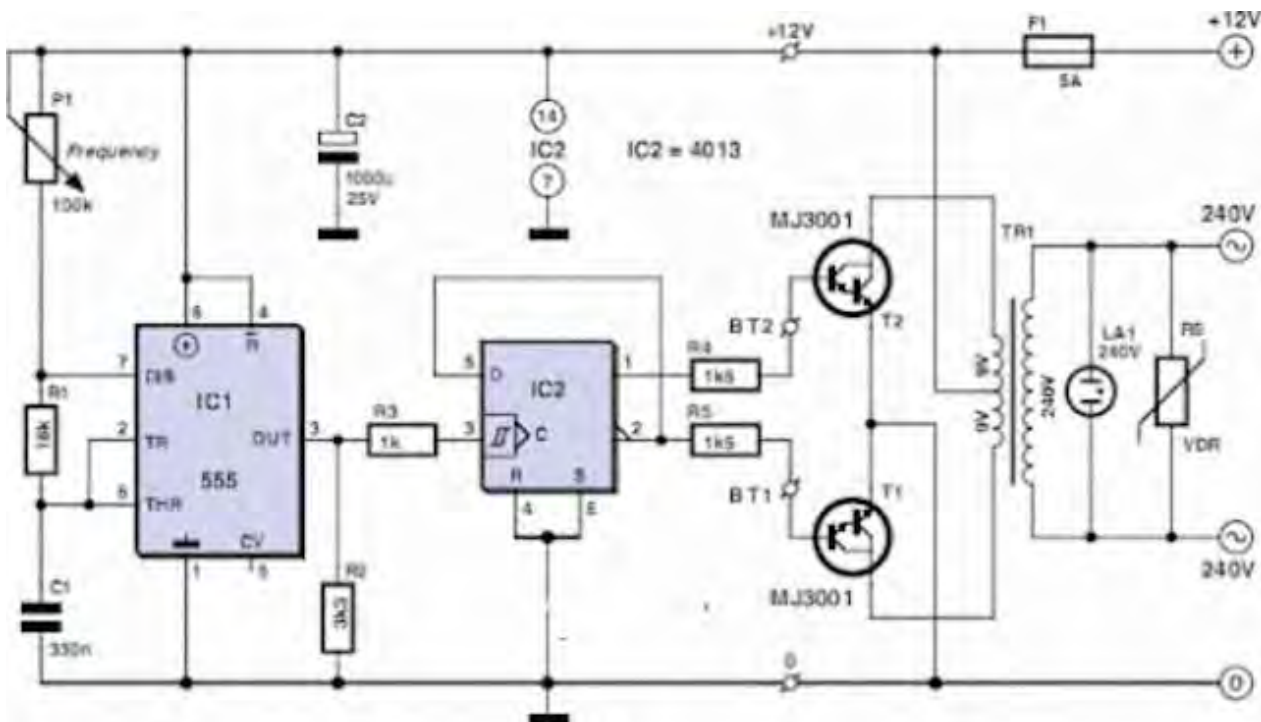
Izlazna snaga invertora treba da odgovara najmanjoj potrebnoj snazi svih uređaja koje snabdijeva, uz neku sigurnosnu rezervu. Maksimalna snaga treba da je dva do tri puta viša od potrebne radi kratkotrajnog preopterećenja i velikih struje pri uključenju uređaja sa elektromotorom (usisivač, frižider, bušilica).



Slika 3.15. Invertori od 150 W i 3.000 W

Na tržište se mogu naći i invertori koji u jednom uređaju sadrže sinusni izmjenični pretvarač i solarni regulator punjenja sa zaštitom od dubokog pražnjenja. Na taj način je znatno pojednostavljena instalacija i kabliranje solarnog sistema.

Pogledajmo jednu elektronsku šemu invertora za samogradnju.



Slika 3.16. Elektronske šeme invertora snage do 30 VA

Svaki invertor je u osnovi oscilator koji je ovdje podržan sa tajmerom 555 i D-tip flip-flop u CMOS tehnologiji 4013. Izlazna uobličavač su Darlingtonov snažni tranzistori koji napaja primar 2x9 V transformator. Izlazna snaga sklopa je oko 30 VA. Osim navedenog dobar invertor ima malu težinu, veliku efikasnost, LCD displej za sve važnije parametre na izlazu, priključak sa PC tako da računar može memorisati i obrađivati podatke iz sistema.

3.5. DIMENZIONIRANJE FOTONAPONSKIH SISTEMA¹

Prije dimenzioniranja ili bilo kakvih proračuna treba imati na umu da teba preduzeti sve mjere štednje energije i koristiti energetske efikasne uređaje, pa tek onda takve uređaje spajati na fotonaponski sistem.

Pokazaćemo metodu pogodnu za mala postrojenja, sa malim energetskim potrebama, a koja je primjenljiva i za velika postrojenja. Iako preporučujemo veliki niz besplatnih softvera za kompleksnije probleme. Tok planiranja je sljedeći:

1. Određivanje ukupne snage i ukupne potrošnje,
2. Dimenzioniranje fotonaponskog generatora (vrh snage generatora u Wp), i
3. Dimenzioniranje solarnih akumulatora (kapacitet u As).

3.5.1. Određivanje ukupne snage i ukupne potrošnje

Potrošači	Određivanje ukupne snage i potrošnje		
	Nazivna snaga (W)	Dnevno radno vrijeme (h)	Potrebna energija (Wh)
4 sijalice (25 W)	100	2	200
1 frižider	150	2	300
1 TV aparat	100	2	200
1 pumpa	100	3	300
Ukupno snage:	450	Ukupne energetske potrebe: 1.000	

Tabela 3.2. Proračun ukupnih energetskih potreba zamišljenog objekta (npr. vikendica)

¹ H. J. Geist, Fotonaponska postrojenja, Agencija Eho, Srbija 2015.

Da bismo pravilno dimenzionirali fotonaponski sistem moramo prvenstveno proračunati ukupnu snagu uređaja koji se koriste. Sastavi se lista sa potrebnim potrošačima i uređajima unošenjem njihove nazivne snage (obično naznačeno na uređajima u W ili kW).

Izvršimo procjenu dnevnog radnog vremena uređaja i unesemo u tabelu. Dnevne energetske potrebe dobiju se množenjem dnevnog vremena i nominalne snage.

Sljedeći korak je proračun maksimalne struje koja se uzima iz fotonaponskog sistema, a dobije se djeljenjem maksimalne snage sa naponom silarnog akumulatora koji se koristi (12 V).

$$450 \text{ W} : 12 \text{ V} = 37,5 \text{ A}$$

Za ovako veliku struju trebaju nam vodovi velikog poprečnog presjeka kao i regulator za struje preko 30 A, što poskupljuje investiciju. Rješenje i praktična realizacija je korištenjem akumulatora višeg napona (24 V ili 2x12 V u seriju).

$$450 \text{ W} : 24 \text{ V} = 18,75 \text{ A}$$

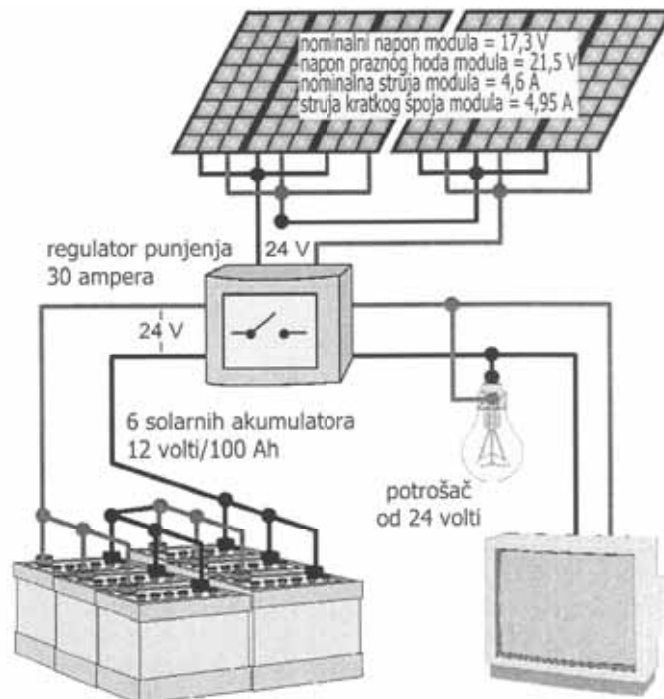
To znači, da kada se uzme u obzir sigurnosna rezerva od 25%, može se koristiti regulator punjenja do 30 A i vodovi manjeg poprečnog presjeka.

3.5.2. Dimenzioniranje fotonaponskog generatora

Za računanje ove vrijednosti treba poznavati količinu globalnog zračenja (direktno + difuzno) na zadanoj geografskoj širini, s jedne strane i učestanost i dužinu trajanja zračenja.

Dimenzioniranje fotonaponskih generatora vrši se uzimajući u obzir srednje dnevno zračenje. Zato je potrebno poznavati meteorološke podatke za željenu lokaciju. Takvi podaci o vrijednosti zračenja na horizontalnoj ravni, za gradove i/ili regije u BiH, dostupni su na stranicama Državnog hidrometeorološkog zavoda FBiH (www.fhmzbih.gov.ba).

Ako želimo više mjeseci koristiti fotonaponski sistem uzimamo podatke za proračun iz mjeseca u kome je zračenje najmanje jer će u ostalim mjesecima proizvodnja energije uvijek biti viša.



Slika 3.17. Fotonaponski sistem napajan sa 6 modula

Potreban broj fotonaponskih modula izračunamo iz odnosa pojedinačne snage modula i željene snage fotonaponskog generatora. Za standardni modul od 80 Wp (Wati/peak) i željeni fotonaponski generator od 500 Wp potrebno je:

$$500 \text{ Wp} : 80 \text{ Wp} = 6,25 \approx 6 \text{ modula}$$

Pošto želimo solarne akumulator na 24 V, ne vrijedi sve panele vezati paralelno, zbog malog nominalnog napona (oko 17 V), nego se po tri modula vezuju serijski i dobijemo dva kraka koji se onda vežu paralelno. Tako smo dobili napon pogodan za punjenja solarnog akumulatora od 24 V.

U ovom slučaju regulator punjenja treba podržavati maksimalnu struju plus sigurnosnu rezervu od bar 25%. Iz tehničkih podataka za modula od 80 Wp vidimo da mu je struja kratkog spoja oko 4,95 A. Pošto smo vezali tri modula paralelno struja kratkog spoja je:

$$3 \times 4,95 \text{ A} = 14,85 \text{ A} \pm 25\% = 18,56 \text{ A}.$$

To znači, da bismo mogli koristiti regulator punjenja do 20 A, ali treba uvijek imati u vidu dodatno proširenje sa brojem modula i od početka računati sa malo snažnijim komponentama, pa je to razlog da usvajamo regulator punjenja od 30 A, kako je prikazano na slici 3.17.

3.5.3. Dimenzioniranje solarnih akumulatora

Kapacitet pojedinačnog solarnog akumulatora izražen u As preračunavamo iz dnevnih energetske potrebe (npr. 1.000 Wh) i sistemskog napona od 24 V.

$$1.000 \text{ Wh} : 24 \text{ V} = 41,66 \text{ Ah}$$

Ali, stvarni potrebni kapacitet akumulator dobije se prema formuli:

$$C_{AKU} = \frac{2 \cdot E_{DNEV} \cdot F_{DAN}}{U_{SIS}} = \frac{2 \cdot 1.000 \cdot 3}{24} = 250 \text{ Ah}$$

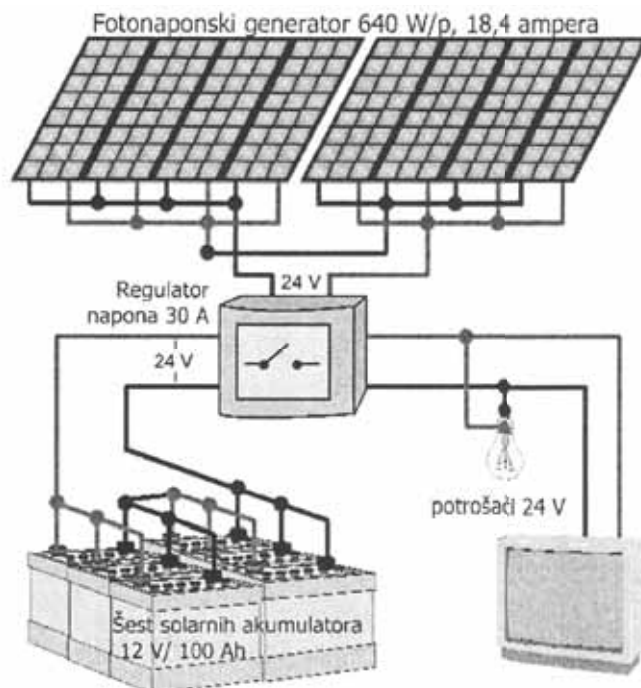
gdje je:

- C_{AKU} – Ukupan kapacitet solarnih akumulatora
- E_{DNEV} – dnevne energetske potrebe
- F_{DAN} – broj dana autonomije. Kada fotonaponski generator ne daje energiju (nema dnevnog sunca), uzima se brojčano i iznosi 3 – 6 dana

Faktor 2 u gornjoj formuli uzet je kao brojačana vrijednost koja uzima u obzir da proizvođački podaci za akumulator treba da budu preuzeti sa 30 – 70 % ukupnog kapaciteta. Broj 2 odgovara vrijednosti 50%.

Ukupan broj akumulatora je sada:

$$250 \text{ Ah} : 41,66 \text{ Ah} = 6 \text{ komada}$$



Slika 3.18. Proširenje broja modula istog tipa bez izmjena elemenata sistema

Izaberemo, dakle, akumulatore napona 12 V i kapaciteta 100 Ah, kako je prikazano na slici 3.18. Vežemo akumulatore po dva u seriju i dobijemo potrebni napon od 24 V, pri čemu kapacitet ovakve veze ostaje 100 Ah, a onda formiramo tri paralelne grupe pa nama napon ostaje 24 V, a kapacitet se povećava do 300 Ah. Premašili smo energetska rezervu za 50 Ah. To nam pruža mogućnost npr. proširenja fotonaponskog generatora sa još dva modula istog tipa.

Navedeno povećanje broja modula nam produžava maksimalno radno vrijeme potrošača i/ili povećava vremenski period dana autonomije.

3.6. VODOVI I KABLOVI FOTONAPONSKIH SISTEMA

Radi smanjenja energetske gubitaka i nepotrebnog pregrijavanja vodova potrebno je pravilno dimenzioniranje vodova i kablova u fotonaponskim sistemima.

Npr. istosmjerna struja iz sistema od 24 V za potrošač snage 240 W iznosi:

$$240 \text{ W} : 24 \text{ V} = 10 \text{ A.}$$

U sistemu od 12 V je to:

$$240 \text{ W} : 12 \text{ V} = 20 \text{ A.}$$

Što zahtijeva vodove značajnog presjeka. To je razlog što se treba voditi računa o tome da svi elementi sistema (akumulatori, regulatori, invertori) postave u centralnu tačku sistema da bi se optimirale dužine vodova potrebnih za ožičenje. Proračun poprečnog presjeka vodova u mm^2 (S) se vrši prema formuli:

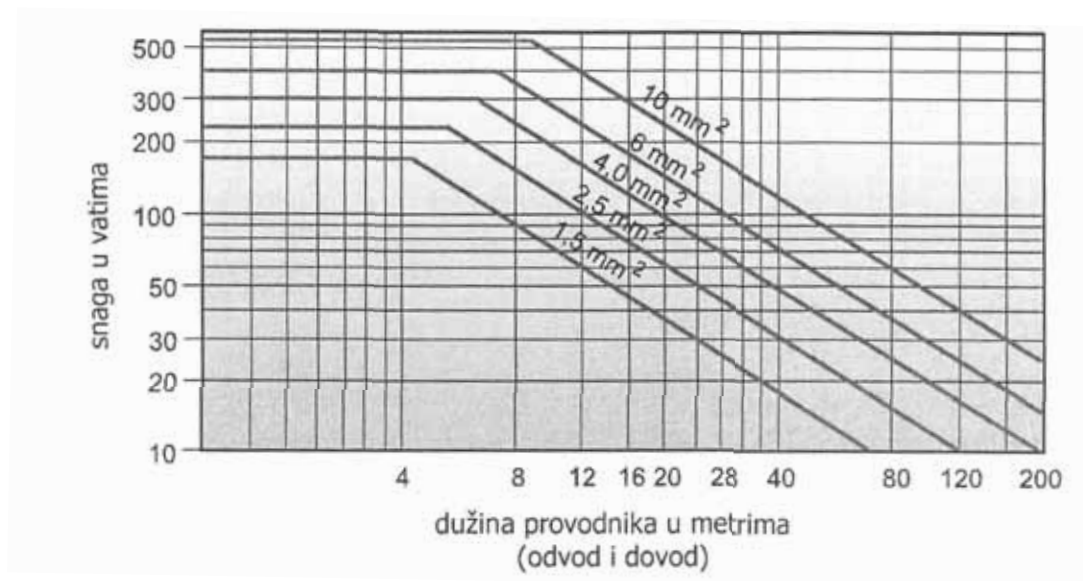
$$S[\text{mm}^2] = \frac{L_{\text{VODA}} \cdot 2 \cdot P}{(3\%)U^2 \cdot K_{\text{Cu}}} = \frac{L_{\text{VODA}} \cdot 2 \cdot P}{0,03U^2 \cdot 56}$$

gdje je:

- S – poprečni presjek voda
- L_{VODA} – maksimalna dužina voda
- P – nominalna snaga potrošača
- K_{Cu} – koeficijent provodnosti koji za Cu iznosi 56
- $(3\%)U$ – sistemski napon uz gubitak od 3%

Pošto je sistemski napon u nazivniku formule, očigledno će presjek vodova za napone od 24 V biti za četvrtinu manji od napona 12 V. Znači sistemi od 24 V mogu imati veće dužine i manje troškove.

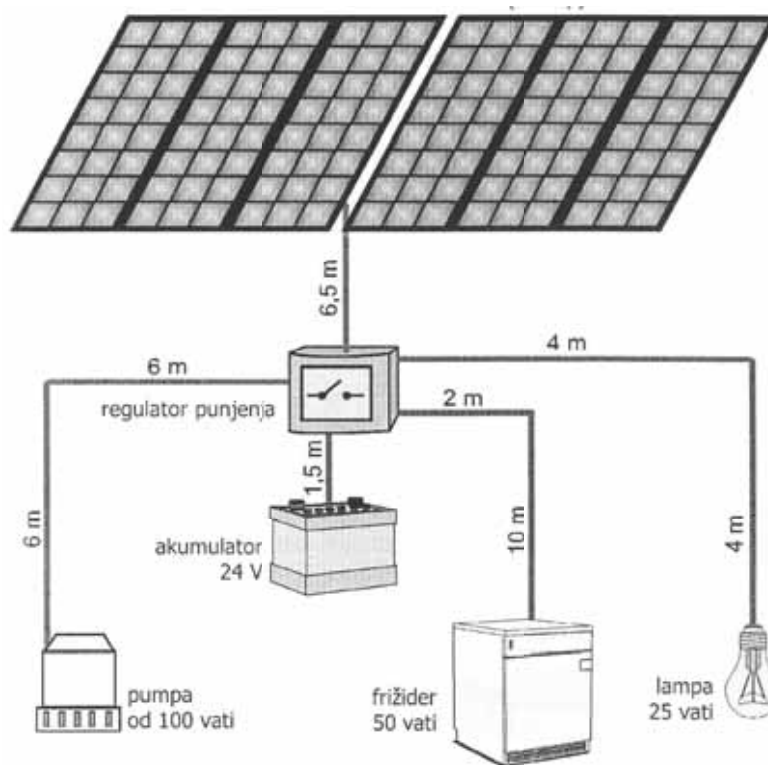
Ako više volimo grafičku predstavu i proračuna možemo to uraditi pomoću raspoloživih dijagrama za sistemske napone od 12 V ili 24 V uz gubitak od 3%.



Slika 3.19. Grafički proračun maksimalne dužine vodova i poprečnog presjeka, sistem 24 V, uz gubitak napona 3%

Proračun za jedan prosti off-line sistem od 500 Wp:

Potrebno je poznavati snagu svakog potrošača i maksimalne dužine vodova unaprijed (po mogućnosti optimizirati), kako je prikazano na slici.



Slika 3.20. Usvojene (izmjerene/potrebne) maksimalne dužine vodova u sistemu od 24 V uz gubitak napona od 3%. Uzimajući u obzir gubitak napona od 3% i uvrštavajući u formulu za $S(\text{mm}^2)$ dobijemo rješanja kao u sljedećoj tabeli.

Vrsta vodova	Izračunati/standardna vrijednost poprečnog presjeka voda u (mm^2)	
	Sistem 12 V	Sistem 24 V
Vod od akumulatora do generatora (500 W) – 8m	33/35	6,5/10
Vod od akumulatora do pumpe (100 W) – 12 m	9,9/10	2,5
Vod od akumulatora do frižidera (50 W) – 12 m	4,9/6	1,5
Vod od akumulatora do sijalice (25 W) – 8 m	1,66/2,5	1,5

Tabela 3.3. Proračuna poprečnog presjeka vodova za sistem od 12 V i 24 V

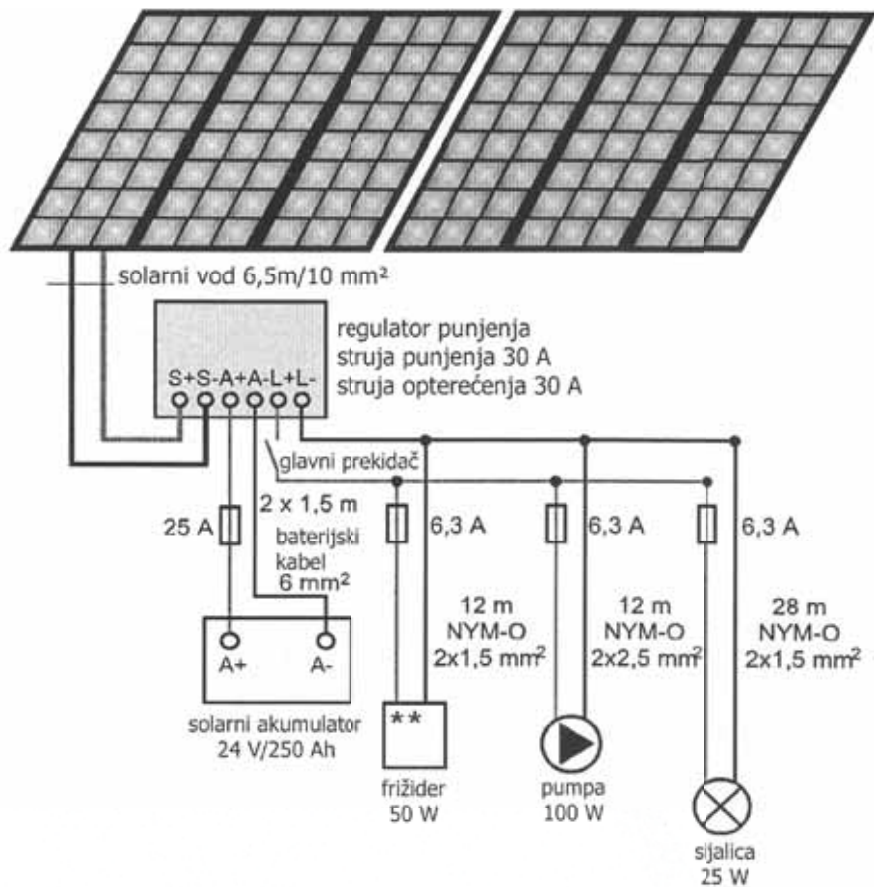
Očigledno ja da se povezivanje u sistemu sa 12 V može veoma teško realizirati iz prostog razloga, jer standardni utikači i potrošači u većini slučajeva ne mogu biti spojeni na vodove od 6 mm^2 ili 10 mm^2 .

Najvažniji je vod od akumulatora do generatora i gubici na njemu treba da su manji od 1%.

Kompletna šema spoja za fotonaponski sistem od 24 V sa regulatorom punjenja od 30 A, solarnim akumulatorom od 24 V i tri potrošača je prikazan na slici 3.21.

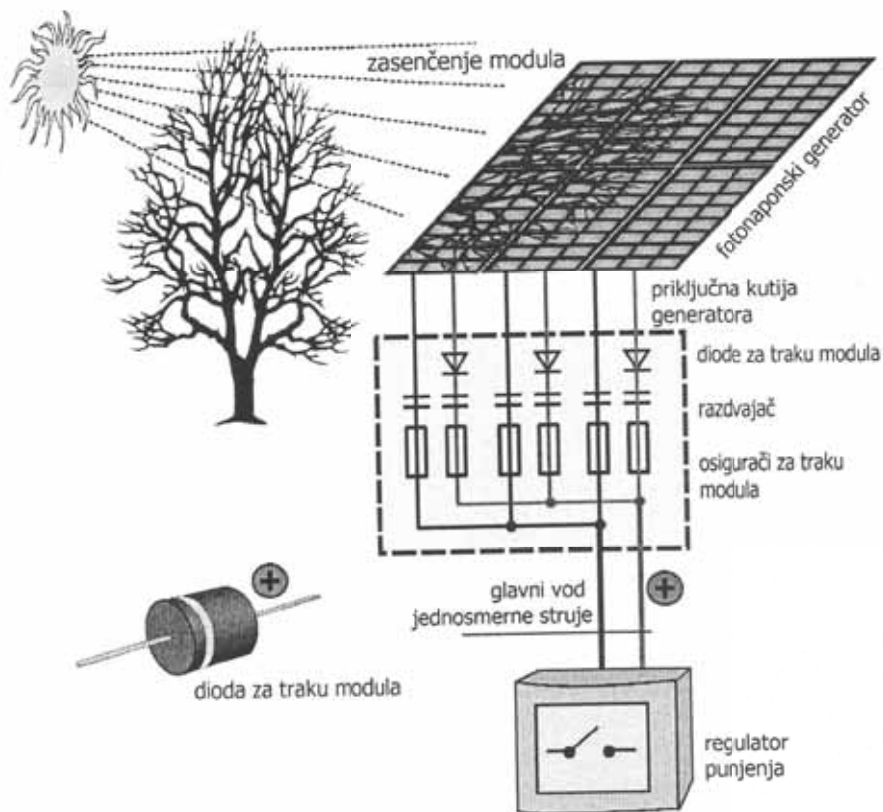
Za ožičenje modula pogodan je visokofleksibilni kabl tipa H07RN-RNF, tzv. solarni vod. Ovi su vodovi otporni i na UV utjecaje i postojani u opsegu $-50 - 120 \text{ }^\circ\text{C}$.

Vodovi se obilježavaju standardno u crvenoj boji (plus vod) te crnoj i plavoj boji (minus vod).



Slika 3.21. Kompletan off-line fotonaponski sistem od 500 Wp

3.7. OSTALI ELEMENTI FOTONAPONSKIH SISTEMA



Slika 3.22. Zaštitni osigurači i diode štite od efekta zasenčenja

Ako imamo veći broj traka solarnih modula one se moraju povezati preko dioda/e i osigurati osiguračima, obično u priključnoj kutiji generatora. Osim toga moramo imati glavni prekidač za istosmjernu struju i/ili mogućnost ugradnje elektronskog nadzora radi kontrole struja i smetnji u trakama.

3.7.1. Dioda i osigurači za traku solarnih modula

Ove diode se vežu u seriju na pozitivnom vodu svake trake solarnog modula i ako u jednoj ili više traka nastane zasjenčenje ili kratak spoj, trake modula koje nisu zahvaćene mogu dalje da rade, a da pri tome ne teče povratna struja kroz ometanu, odnosno, zasjenčenu traku.

Opširnim testovima je utvrđeno da standardni moduli na tržištu mogu bez oštećenja izdržati višestruke struje kratkog spoja modula bez oštećenja pa nema ni potrebe za ovim zaštitnim diodama.

Osigurači štite pojedinačne vodove od preopterećenja. Potrebno je osiguračem zaštititi i pozitivne i negativne vodove. Dimenzioniranje je u skladu sa dozvoljenom maksimalnom strujom kratkog spoja navadenoj u listi proizvođača. I ne zaboravite da se kod paralelnog vezivanja više modula sabiraju sve struje kratkog spoja. Međutim ni ukupna struja nije puno veća od nominalne struje generatora (tek oko 10%) pa se osigurači između panela i regulatora punjenja mogu izostaviti, ali samo pod navedenim uslovom.

3.8. ON-GRID FOTONAPONSKI SISTEM

Ako želimo fotonaponski sistem povezati na javnu distributivnu mrežu trebamo istosmjerne nivoe struja i napona pretvoriti u izmjenične koji su usaglašeni sa mrežom. To je tzv. on-grid režim rada fotonaponskog sistema i obično nije kombiniran sa bilo kakvim potrošačima povezanim na istosmjernim nivoima, jer to umanjuje efikasnost sistema.

3.8.1. Mrežni pretvarači – invertori za on-grid

Dobar on-grid inverter treba obezbjediti četiri osnovne funkcije:

1. Pretvaranje istosmjernog napona u mono/trofazni izmjenični napon 220 V, 50 Hz,
2. MPP regulacija, tj. usaglašavanje radne tačke inverter – fotonaponski generator,
3. Utvrđivanje radnih podataka, signalizacija i vizuelizacija istih, i
4. DC i AC mrežna zaštita i izolacioni nadzor.

Inverter i fotonaponski generator su usklađeni po snazi, naponskim i strujnim nivoima. Invertori mogu raditi nezavisno od javne mreže (samoupravljivi) i u sastavu javne mreže (mrežni invertori). Mrežni inverter mora prepoznati eventualno isključenje mreže, i greške u sistemu, te nakon nekoliko sekundi automatski se isključiti.

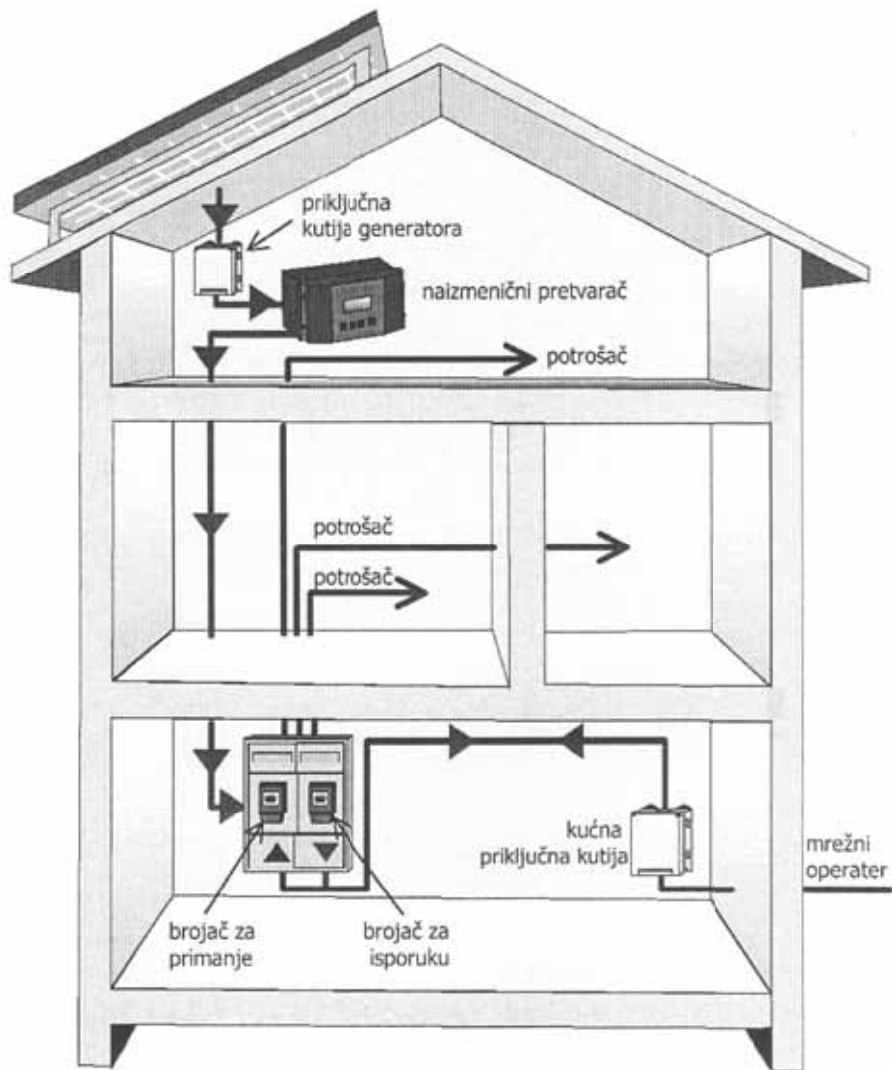
Mjesto postavljanja invertora treba biti što bliže fotonaponskom generatoru, suho, hladno, provjetreno ali bez direktnog sunčevog zračenja. Prave se za snage nekoliko 100 do više 1.000 W. U principu mjesto postavljanja bi trebalo biti u zgradama, manje podložno utjecajima i kraći su vodovi istosmjerne struje.

Spajanje invertora na fotonaponski generator može biti:

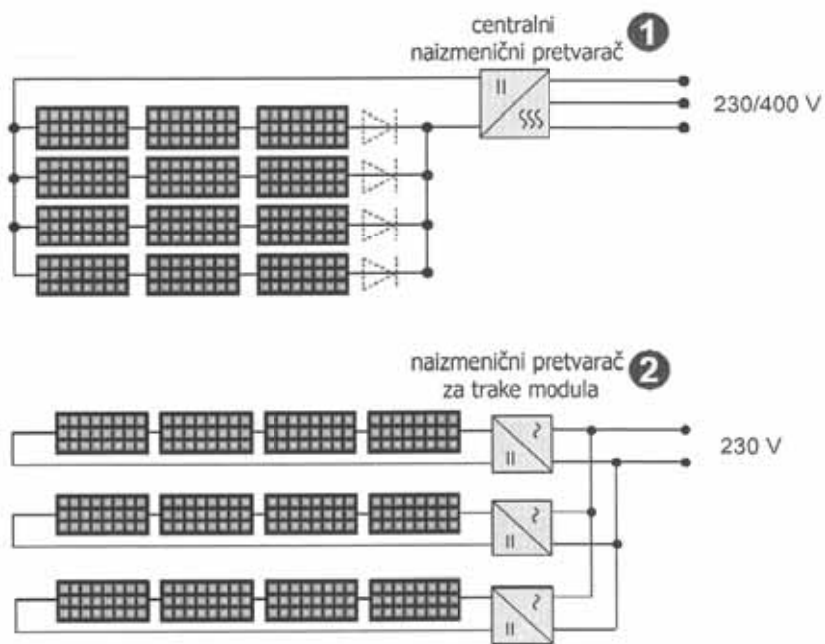
- centralizirano (jedan snažni inverter)
- sektorsko (za svaki sektor jedan inverter)

Ako se više modula standardno veže u seriju radi postizanja naponskih nivoa, a onda paralelno radi održanja konstantnih struja punjanja, inverter se može vezati na istosmjernim stezaljakama u tzv. centralno spoju, tj. jedan inverter za cjelokupan fotonaponski generator. Ovaj način spajanja podrazumijeva snažne inverore, koji su obično sa trofaznim izmjeničnim izlazima (do 400 V).

Ako se više fotonaponskih panela veže u sektore sa istim brojem panela u svakom sektoru (2, 3 ili više) onda se za svaki sektor može postaviti inverter. Obično se radi o inverterima manje snage za monofazni izmjenični izlaz, koji su vezani paralelno. Dobija se strujno stabilnije postrojenje, manji troškovi i veća energetska efikasnost.



Slika 3.23. Preporuka izbora mjesta za postavljanje invertora

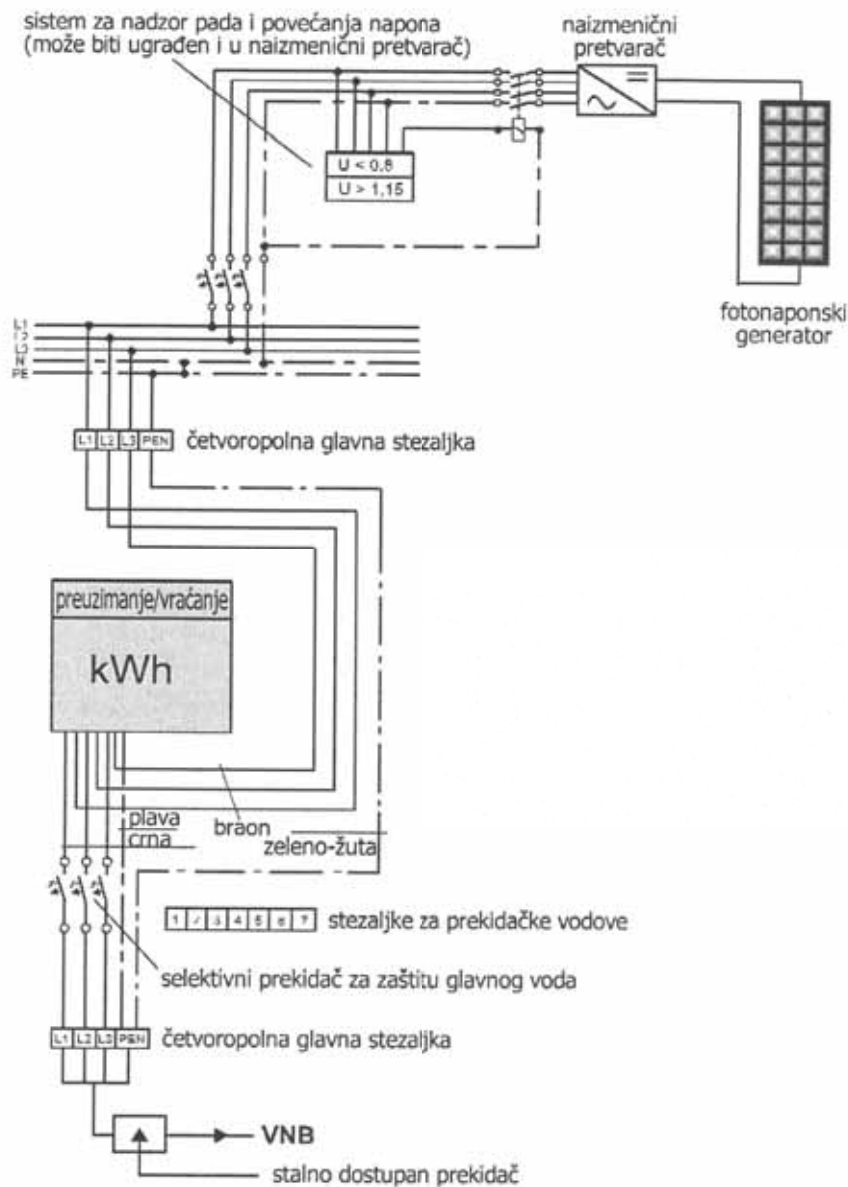


Slika 3.24. Spajanje trofaznih i monofaznih invertora

3.8.2. Zaštitni uređaji u on-grid radu

Operator mreže zahtijeva da fotonaponski sistem treba isključiti ako je npr. zbog remonta isključena mreža. Za to se ugrađuje Automatski Prekidački Sklop - APS ili manuelni prekidački sklop. Funkcija mu je da odvoji fotonaponski sistem od javne mreže.

U postrojenjima snage do 30 kVA mora se ugraditi prekidački sklop sa stalnim pristupom, sa mjerenjem impedanse. Isključenje APS mora biti u roku od 0,2 s ako napona padne ispod 80% i frekvencija ispod 47,5 Hz. APS može biti integriran u inverter i kao monofazni uređaj (do 4,6 kVA) ili trofazni uređaj (do 30 kVA). U oba slučaja prag prepoznavanja struja je do 30 mA (istosmjerne i izmjenične).



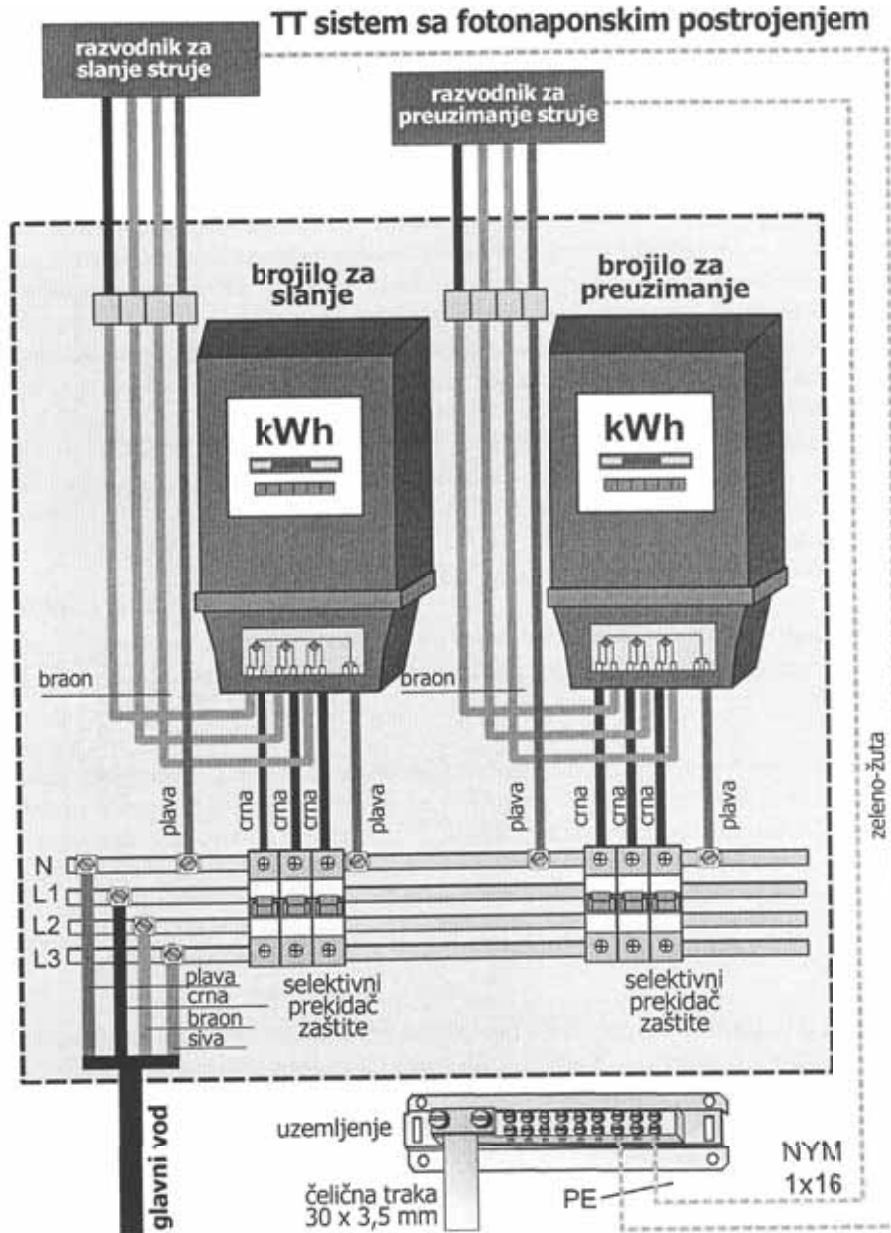
Slika 3.25. Zaštita i priključenje fotonaponskog sistema od preko 30 kVA

Naravno, moraju se poštovati legislativa propisana u Zakon o korištenju obnovljivih izvora energije i efikasne kogeneracije kao i Pravilnik za mikro-postrojenja obnovljivih izvora energije (npr. smjernice za priključenje i paralelan rad postrojenja za proizvodnju energije na niskonaponsku mrežu), kao i drugi tehnički uslovi priključenja.

3.8.3. Mjerni uređaji u on-grid radu

U on-grid sistemima se cjelokupna energija na priključnom mjestu isporučuje u niskonaponsku distributivnu mrežu.

Za mjerenje ove energije koristi se posebno brojilo tzv. brojilo za slanje i obračun solarne energije (monofazno ili trofazno). AC izlaz iz invertora mora biti doveden do ormara sa brojilima i iza ovog brojila spojen na mrežu. Tako su mrežni napon i napon fotonaponskog sistema nezavisini. Ako se radi o fotonaponskim sistemima do 30 kVA mjerenje se odvija preko trofaznog brojila.

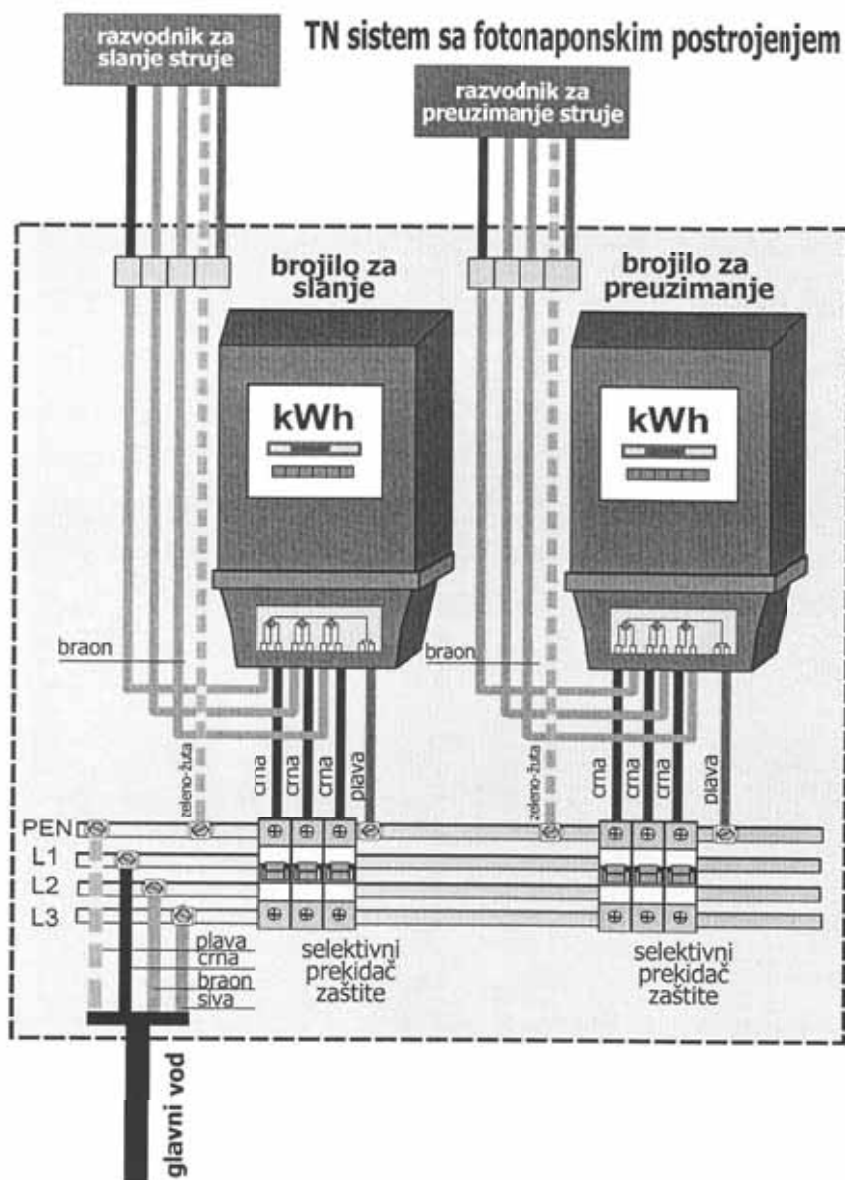


Slika 3.26. TT sistem sa fotonaponskim generatorom

Na slici 3.26 je prikazno povezivanje brojila za mjerenje slanja/preuzimanja energije u trofaznom TT sistemu. Priključenje brojila za slanje energije iz fotonaponskog generatora je obavljeno vodovima koji su vezani tako da se brojilo okreće i broji u suprotnom smjeru. To znači da se dolazni vod iz fotonaponskog sistema priključuje na brojilo za slanje energije kao i dovod iz mreže na brojilu za preuzimanje energije.

Na slici 3.27 je prikazno povezivanje brojila za mjerenje slanja/preuzimanja energije u TN-C-S sistemu. Postavljanje kablova ovdje je isto kao u prethodnom sistemu.

Postavljanje i priključenje brojila rade ovlaštena lica. Potrebna brojila treba da odgovaraju ugovornim obavezama za slanje i preuzimanje energije pa se preporučuje konsultiranje sa mrežnim operaterom u fazi planiranja. U ormaru treba ostaviti mjesto i za uklopni sat/upravljačku jedinicu koja prebacuje tarifu dvotarifnim brojilima (za preuzimanje) ili kad se upravljačkom jedinicom uključuje na mrežu električno grijanje na nižoj tarifi.



Slika 3.27. TN sistem sa fotonaponskim generatorom

Upravljačka jedinica ne smije bit povezana sa brojiлом za slanje iz fotonaponskog sistema.

Bilo koja druga izmjena opreme u ormaru zahtijeva usaglašavanje sa mrežnim operaterom. Uputstva o tome se uglavnom mogu naći u objašnjenjima tarifnog sistema mrežnog operatera.

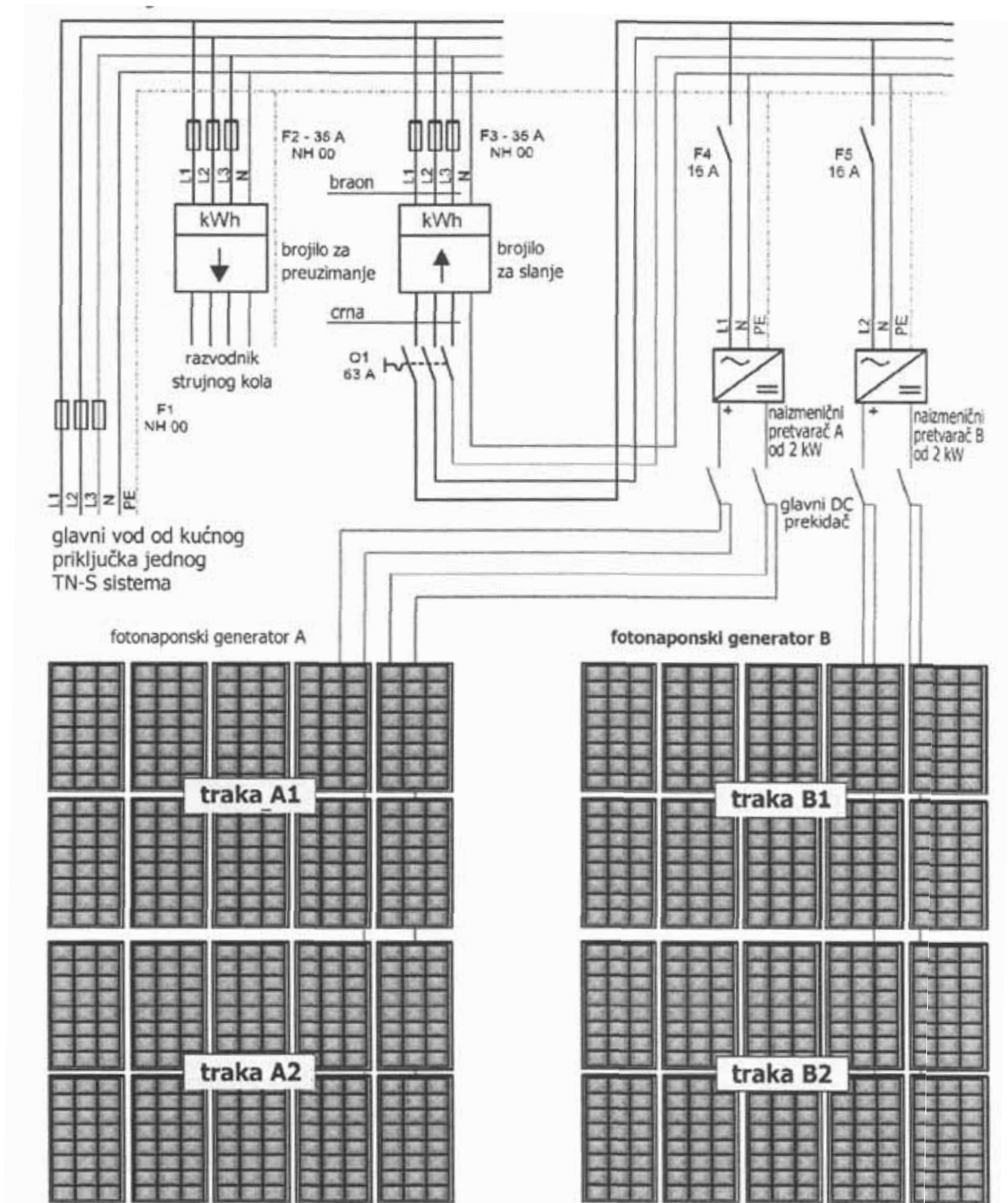
Ostali postupci za prijavljivanje i povezivanje na mrežu nisu predmetom ovog priručnika.

3.8.4. Primjer jedne on-grid izvedbe

Primjer prikazuje izvedbu i tokove struja za fotonaponski sistem od 4 kWp. Sastoji se od dva fotonaponska generatora i dva invertora. Svaki fotonaponski generator ima po 40 modula, pojedinačne snage od 100 W, grupisanih po 10 u seriju (traka od 10 modula). Na invertorima su po dvije trake, od 10 modula, vezane paralelno.

Orijentacija fotonaponskog sistema je prema jugu pod uglom od 30°, a godišnji energetske prihoda oko 4.200 kWh.

Na slici su prikazani energetske tokovi sa dva brojila, jednim brojiлом za slanje energije is solarnog sistema i drugim za preuzimanje energije iz mreže u TN-S sistemu.



Slika 3.28. Energetski tokovi fotonaponskog sistema od 4 kWp

Fotonaponski sistem od 4 kWp	Tehnički podaci
Maksimalna DC snaga po invertoru (izmjeničnom pretvaraču)	2,2 kW
Maksimalna AC snaga po invertoru	2,1 kW
Snaga fotonaponskog generatora	2x2 kWp
Površina fotonaponskog generatora	33,8 m ²
Ukupan broj modula	40 kom.

Tip modula	RWE Schott Solar 100 Wp
String MPP napona na -10 °C	402 V
String MPP napona na 50 °C	305 V
String MPP napona na 70 °C	272 V
Minimalni MPP napon	125 V
Napon praznog hoda trake na -10 °C	482 V
Maksimalni dozvoljeni napona invertora	600 V
Maksimalno dozvoljena struja fotonaponskog generatora	5,8 A
Maksimalno dozvoljena DC struja	7,2 A

Tabela 3.4. Tehnički podaci za fotonaponskog sistema od 4 kWp

4. PROVJERA, RAD I ODRŽAVANJE

Ovlaštena osoba ili instalater mora ispitati sve električne parametre prije puštanja u rad, otkloniti eventualne greške i rezultate ispitivanja dokumentovati u protokolu. Osim toga on priprema izvještaj o primopredaji i eventualno listu nedostataka, koju treba predati korisniku fotonaponskog sistema. Zbog kasnijih radova na održavanju važno je da postoji detaljna dokumentacija o sistemu.

Ispitivanje fotonaponskog sistema

Mjerenje se po pravilu vrše na strani istosmjernog i izmjeničnog napona.

Na strani istosmjernog napona se ispituju i mjere:

- izolacioni otpor fotonaponskog generatora,
- izolacioni otpor glavnog voda istosmjerne struje,
- napon praznog hoda generatora,
- napon praznog hoda za svaku traku modula,
- struja kratkog spoja za svaku traku modula,
- ispitivanje pada napona.

Na strani izmjeničnog napona se ispituju i mjere:

- provodnost uzemljenja, vodova za ujednačavanje potencijala i na njih priključenih metalnih konstrukcija,
- izolacioni otpor vodova na AC strani invertora,
- zaštita putem automatskog isključenja napajanja,
- utpor uzemljenja kod sistema za uzemljenje u TT sistemu.

Rad fotonaponskog sistema

Samo fotonaponko postrojenje koje radi bez smetnji omogućava maksimalnu energetska dobit. Potrebna je stalna kontrola svih uređaja u fotonaponskom sistemu. Bez redovne kontrole smetnje mogu dugo vremena biti neotkrivene i prouzrokovati gubitke. Dobra kontrola rada se može omogućiti postavljanjem ampermetra i voltmetra u istosmjernoj strani invertora i watmetra na izmjeničnoj strani invertora, pod uslovom da postrojenje ne prikuplja podatke elektronski.

Održavanje i smetnje u fotonaponskom sistemu

Kod ispravnog instaliranja smetnje u radu fotonaponskog sistema su rijetke i energija se godinama može slati u javnu distributivnu mrežu bez grešaka.

Najčešći uzrok ispadanja sistema su ispadi neke od traka solarnih modula i to zbog problema na stezaljkama, utikačima i drugim kontaktima i loše realiziranog priključka. Pravilno označeni istosmjerni vodovi u tom slučaju pružaju veliko olakšanje u traženju grešaka i brzom popravci sistema. Kod sistema

koji su u pogonu već više godina treba uzeti u razmatranje zamjenu invertora sa novijim modelima jer se tako može povećati ukupna efikasnost i dobit sistema.

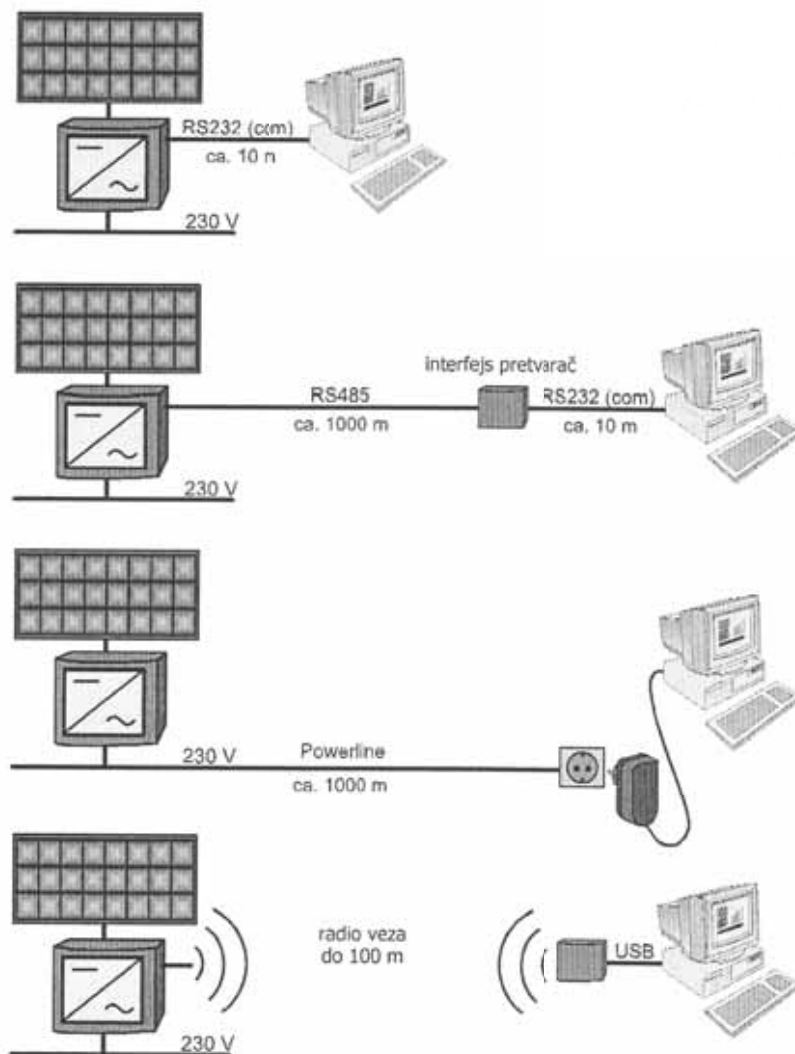
Same solarne module nije potebno mnogo održavati ili čistiti. Biljnu prašinu ili manje nečistoće spira kiša. Praksa je pokazala da je gubitak sistema uslijed nečistoća modula zanemariv.

4.1. PRIKUPLJANJE PODATAKA U FOTONAPONSKOM SISTEMU

Za prikupljanje podataka o radu fotonaponskog sistema nisu potrebni dodatni vodovi za prenos podataka. Prenos između računara i invertora može se ostvariti i preko postojeće 230 V mreže vodova pa "powerline" modemom integrisanim u invertoru.

Za veće razdaljine pogodna je bežična veza putem ISM opsega na 868 MHz, kako je prikazano na slici 4.1.

U svakom slučaju, prikupljanje i prenos podataka se uvijek može naknadno ugraditi, zavisno od potreba i mogućnosti korisnika.



Slika 4.1. Mogućnosti prenosa podataka od invertora do udaljenih računara

A close-up photograph of a hand with the index finger pointing upwards. The hand is positioned in the lower right quadrant of the frame. The background is a solid, bright yellow color. The lighting is soft, highlighting the contours of the hand.

ČUVAJMO OKOLIŠ!