

UNIVERZITET UNION NIKOLA TESLA  
FAKULTET ZA GRADITELJSKI MENADŽMENT

**DOKTORSKA DISERTACIJA**

**Metode arhitektonske integracije solarnih celija na modelskom primeru materijalizacije  
omotača energetski efikasnih objekata u Libiji**

Mentor

Prof.dr Dragana Vasilski

Student

Khaled Khalefa Dagali

Beograd, 2019

## **Apstrakt**

Tehnološki aspekti utiču na savremenu arhitekturu, a posebno na onu koja se odnosi na organizovanje kontrole životne sredine. Solarni sistemi predstavljaju jedan od sistema kontrole životne sredine jer su oni deo skupa koncepata koji se odnose na integraciju zgrada sa okolinom, zbog korišćenja obnovljivih izvora energije, prijatelja životne sredine.

Cilj istraživanja je da se identifikuju metode arhitektonske integracije sa solarnim čelijama i kako da se koriste, radi povećanja lepote oblika konačnog arhitektonskog proizvoda, i radi istraživanja lokacije za instalacije solarnih čelija, u skladu sa njihovim tipovima u arhitekturi zgrade. Pored toga, rad takođe istražuje upoređivanje nivoa postizanjem formalnog estetskog izgleda zgrade, sa obezbeđivanjem energije potrebne čelijama. Takođe, ispitano je u kojoj meri ljudi prihvataju ideju o solarnim čelijama, i koriste ih kao pomoćno rešenje problema energije u Libiji.

Da bi se postigli ciljevi istraživanja, istraživač je koristio metodu deskriptivne analize koja se zasniva na prikupljanju informacija o istraživačkom problemu kroz dostupne informacije u knjigama, časopisima i specijalizovanim internet stranicama. U tom pogledu napravljen je upitnik za ispitivanje arhitekata o korišćenju sistema solarnih čelija. Na kraju rada, istraživač je zaključio da solarni sistem predstavlja jedan od najboljih metoda i rešenja za rešavanje problema, nedostatka električne energije u Libiji. Razlog tome, što je taj sistem karakterističan sa funkcionalnog aspekta u smislu proizvodnje čiste električne energije, koja nije štetna za životnu sredinu a dugoročno gledano, ekonomski je isplativa.

Na kraju, sa estetske strane, proces instaliranja solarnih čelija u zgradama predstavlja jedan od savremenih metoda u arhitektonskoj formi, jer utiče na opšti oblik zgrade, kako na spoljašnjem tako i na unutrašnjem prostoru, solarni paneli takođe menjaju boju i teksturu zgrade, na način koji povećava osećaj modernosti i elegantnosti. Stoga, solarne čelije postaju osnovni arhitektonski elementi u zgradama koji ispunjava osnovne arhitektonske ciljeve u pogledu funkcionalnosti, estetike, dugotrajnosti i ekonomičnosti.

## **Abstract**

Current advances in technology, especially those related to environmental control systems, influence contemporary architecture. Solar systems are one of the environmental control systems. Such systems are used as sources of environmentally friendly energy, and therefore can be classified within the group of concepts related to the integration of buildings with the environment.

The research aims to identify methods used in integrating the solar panels with the architectural system and how to use these panels to enhance the beauty of the final architectural form. The possible locations of solar panels – by type of a panel – have been investigated in order to finally achieve a balance between the beauty aspect of buildings and the required energy saving of cells. The research also aims to investigate the acceptance of the people to the idea of using the solar panels in their buildings to partially solve the energy problem they suffer from.

In order to achieve the previous goals, the researcher did a comprehensive literature review by collecting and analyzing relevant data from sources such as books, journals, and specialized internet sites. A number of surveys were distributed to local architectural engineers to investigate their point of view about using solar panels; including several aspects such as the panels' influence on the architectural form and the methods that need to be considered to increase the willingness of installing such panels.

Finally, the researcher came to the conclusion that using solar systems in buildings is one of the best methods to solve the electricity problem in Libya due to functional and economical advantages. Functionally, a building solar system produces electricity without adversely affecting the environment. Economically, a building solar system – despite being costly at the beginning – saves money on the long terms. The researcher also concluded that when the beauty of a building is being considered, solar panels are one of the new methods that an architect can use to induce a positive effect on the general building shape and both the inner and outer spaces. The solar panels also change the color and texture of a building in a way that enhances the sense of modernity and stylishness. Therefore, the solar panels can be used as key architectural elements in a building to achieve the main architectural goals of functionality, beauty, sturdiness, and economy.

## SADRŽAJ

Glava I.Uvod.....	8
1.1 Problem istraživanja.....	8
1.2. Hipoteza istraživanja.....	8
1.3. Značaj istraživanja.....	9
1.4. Ciljevi istraživanja.....	9
1.5. Metodologija istraživanja.....	10
1.6. Izvori inoformacija.....	10
1.7. Granica istraživanja.....	11
1.8. Prepreka istraživanja.....	11
1.9. Prethodne studije.....	11
Glava II Uticaj korišćenja solarne fotonaponske tehnologije na okolinu.....	14
2.1. Princip rada solarnih fotonaponskih čelija.....	14
2.1.1 Stepen iskorišćenja solarnih čelija.....	17
2.2. Tipovi fotonaponskih čelija.....	18
2.3 Fotonaponske čelije izrađene od monokristalnog silicijuma.....	19
2.4 .Fotonaponske čelije izrađene od amorfnog silicijuma (a-Si).....	20
2.5.Polikristalne tankoslojne fotonaponske čelije.....	21
2.6. Solarna čelija, modul, panel, polje, sistem .....	24
2.6.1. Prednosti i nedostatci solarnih fotonaponskih sistema.....	27
2.6.2. Primena fotonaponskih solarnih čelija.....	28
2.6.3. Solarne elektrane povezane na elektroenergetsku mrežu.....	29
2.6. 4.Sistemi za snabdevanje električnom energijom izolovanih područja.....	29
2.6.5. Sistemi za snabdevanje u industriji bez priključka na mrežu.....	30
2.6.6. Efikasnost solarnih sistema / elektrana sa fotonaponskim čelijama.....	31

2.6.7. Faktor kapaciteta.....	32
2.7. Korišćenje tehnologije fotonaponskih celija u Evropi.....	34
2.7.1. Uticaj korišćenja solarne fotonaponske tehnologije na okolinu.....	36
2.7.2. Emisija gasova staklene baste.....	37
2.7.3. Uticaj na okolinu zauzimanjem zemljišta.....	39
2.7.4. Energetska sigurnost.....	42
2.7.5. Reciklaža korišćenih solarnih fotonaponskoih modula.....	42
2.8. Solarna energija u BiH i FBiH.....	45
2.8.1. Trenutna iskorišćenost solarne energije.....	47
2.8.2. Planovi, razvoj i podsticaji u oblasti iskorišćenja solarne energije.....	48
Glava III. Solarni izvori energije u funkciji održivog razvoja.....	51
3.1. Zagađenje životne sredine i concept održivosti.....	52
3.2. Obnovljivi izvori energije.....	54
3.3. Energija sunca.....	56
Glava IV. Energija u Libiji.....	70
4.1. Koncept energija.....	70
4.1.1. Izvori energije.....	71
4.2. Obnovljiva energija.....	72
4.2.1 Klasifikacija obnovljivih izvora energije prema Međunarodnoj agenciji za energiju.....	74
4.3. Solarna energija.....	75
4.3.1 Sunce i energija.....	76
4.3.2 Zračenje koje dopire do Zemlje.....	77
4.3.3 Solarna energija kao drugi izvor energije.....	78
4.3.4. Prednosti korišćenja solarne energije.....	79
4.3.5 Prepreka prilikom upotrebe solarne energije.....	80

4.3.6. Upotreba solarne energije.....	80
4.4. Električna snaga.....	82
4.4.1 Glavne karakteristike električne energije.....	84
4.4.2 Izvori električne energije .....	84
GLAVA V. Način rada solarnog sistema za proizvodnju električne energije.....	85
5.1.Komponente solarnog sistema za proizvodnju električne energije.....	85
5.1.1 Solarni panel.....	86
5.2. Solarna ćelija.....	87
5. 3.Tanke ćelije.....	90
5.4. Organske fotonaponske ćelije- Organic photovoltaic cells (OPV).....	92
5.5 . Koncentrisane fotonaponske ćelije.....	94
5.5.1 Kontrolori punjenja.....	99
5.5.2 Baterije.....	101
5.5.3. Inverteri.....	102
Glava VI. Integralni odnos između solarnih ćelija i arhitektonske formacije.....	105
6.1. Arhitektonska formacija.....	105
6.1.1 Koncept arhitektonske formacije.....	105
6 .1.2 Osnove arhitektonskog oblikovanja.....	106
6.1.3 Sredstva arhitektonskog oblikovanja.....	107
6.2. Projektovanje integrisanih fotonaponskih sistema sa zgradama (Building Integrated PhotovoltaicsBIPV).....	108
6.3. Razmatranja prilikom dizajniranja kućišta solarnih ćelija.....	110
6.3.1 Način ugradnje i integracije solarne ćelije sa ostalim elementima.....	111
6.3.2 Prednosti povezivanja solarnih ćelija sa arhitektonskom konfiguracijom zgrade.....	111

6.4. Položaj i metode integracije solarnih čelija sa zgradom.....	112
6.4.1 Horizontalni krovovi.....	112
6.4.2 Kosi krovovi.....	115
6.4.3 Zakrivljeni krovovi .....	120
6.5. Fasade objekta.....	122
6.5.1. Arhitektonski detalji.....	126
6.6. Formalni nivoi integracije između solarnih čelija i arhitektonskog proizvoda.....	131
6.7. Instaliranje solarne čelije na diskretan način.....	131
6.7.1 Ugrađivanje solarnih čelija u konstrukciju zgrade.....	133
6.7.2 Instaliranje solarne čelije radi uvođenja savremenog karaktera na zgrade.....	132
6.7.3 Solarne čelije određuju arhitektonsku sliku.....	132
6.7.4 Solarne čelije utiču na ideju dizajna.....	132
6.8. Funkcionalna raznolikost solarnih sistema kao spoljnih završnih materijala u arhitektonskom obliku.....	132
<b>GLAVA VII. Upitnik o uticaju sistema solarnih čelija na arhitektonskom obliku stambenih zgrada u Libiji.....</b>	<b>134</b>
7.1. Uzorak istraživanja.....	134
7.2. Strukturni integritet.....	144
7.3. Pouzdanost upitnika.....	145
7.4. Primenjene statističke metode.....	146
7.5. Analiza podataka.....	148
7.6. Statistička deskripcija uzorka istraživanja prema opštim informacijam.....	148
<b>GLAVA VIII. Zaključci i preporuke.....</b>	<b>163</b>
Literatura.....	169

## **GLAVA I. Uvod**

Energija je osnovna ljudska potreba, njen stepen dostupnosti i raznolikosti izvora određuje način života i stepen napredka društva, a istorija je pokazala da nema razvoja bez energije. Pored toga, povećana potražnja za energijom i ograničenja tradicionalnog izvora energije zbog trenutne političko-ekonomске situacije u Libiji, dovodi do prekida struje na nekoliko sati u toku jednog dana, što onemogućava građane Libije da u potpunosti iskoriste konvencionalne izvore energije.

Zbog toga, se pojavljuje potreba potražnje za obnovljive izvore energije kao što su solarne ćelije, kao rešenje problema električne energije u Libiji.

Odatle proizilazi da arhitekta ima ozbiljan zadatak a to je postavljanje strukture zgrade u centru istraživanja, kako bi odgovorio na sledeća pitanja: Kako možemo, promenom oblika i dizajna zgrade koristiti solarnu tehnologiju, posebno solarne ćelije za proizvodnju električne energije, koje bi ulepšavale formalan izgled zgrade, kao i smisliti savremene arhitektonske metode projektovanja, za integraciju solarnih ćelija sa zgradama u Libiji.

### **1.1. Problem istraživanja**

Solarni sistemi, posebno solarne ćelije, mogu se integrisati sa zgradom kao osnovni materijali u okviru spoljne konstrukcije zgrade, kao elementi koji imaju sposobnost da reaguju na spoljne uticaje okruženja, stoga se, problem istraživanja vodi u dva glavna pravca:

Prvo, nedostatak sveobuhvatnog znanja o usvojenim metodama, koje dizajner može da primeni kada koristi solarne ćelije kao spoljni materijal, koji je uključen u stambenim zgradama u Libiji.

Drugo, u kojoj meri ljudi prihvataju instalaciju solarnih ćelija kao dodatnog rešenja problema električne energije u Libiji, bilo zbog troškova ili mogućnosti korišćenja.

### **1.2. Hipoteza istraživanja**

Studija obuhvata dve glavne hipoteze koje će se zasnivati na dokazima o očekivanim rezultatima ovog istraživanja:

## **Prva glavna hipoteza**

Solarne ćelije se mogu koristiti kao osnovni elementi u dizajnu zgrade, kako kao završni materijali, tako i kao element u osnovnoj strukturi zgrade, uz zadržavanje primarnog cilja proizvodnje električne energije.

## **Druga glavna hipoteza**

Solarne ćelije su jedno od najvažnijih dodatnih rešenja za problem električne energije u Libiji, i neophodno je ubediti pojedince da ih koriste.

### **1.3. Značaj istraživanja**

Važnost istraživanja leži u tome što predstavlja prvi korak u rešavanju problema stvarne energije u Libiji, i početak samo-dovoljnosti u energiji, što se smatra kao jedna od metoda samopouzdanja, a koja smanjuje potrebu za tradicionalnim energetskom metodom, koja je razvijena početkom dvadeset prvog veka, i koja predstavlja početak za formiranje nezavisne libijske budućnosti. Takođe, istraživanje pokazuje kako savremeni arhitekti mogu imati koristi od savremene građevinske tehnike, koje imaju funkcionalnu i estetsku korist vođenu savremenim pristupom u pripremi jasnih kriterijuma dizajna, a time i skup modernog i savremenog standarda dizajna, koji se može nositi sa sadašnjosti i budućnosti.

### **1.4. Ciljevi istraživanja**

Ciljevi istraživanja mogu se definisati na sledeći način:

1. Identifikovati metode arhitektonske integracije sa solarnim ćelijama, i kako ih koristiti u poboljšanju estetikog oblika, konačnog arhitektonskog proizvoda.
2. Proučavanje lokacija solarnih ćelija prema njihovoј vrsti, u arhitektonskom obliku zgrade.

3. Napraviti ravnotežu između postizanja formalnog aspekta estetike zgrade, dok istovremeno obezbeđujete potrebnu energiju iz solarnih ćelija.
4. Utvrditi, u kojoj meri ljudi prihvataju ideju o solarnim ćelijama, i koriste ih kao rešenje problema energije u Libiji.

### **1.5. Metodologija istraživanja**

Radi postizanja ciljeva istraživanja, istraživač je koristio deskriptivnu metodu u kojoj pokušava da opiše fenomen istraživanja, odredi potrebne podatke, odnos između njenih komponenti, daje mišljenje o predmetu istraživanja, i efektu koje izaziva.

Deskriptivni pristup je naučni pristup koji zavisi u ovom istraživanju na prikupljanju podataka o istraživačkom problemu kroz ono što jeste dostupno iz informacija u knjigama, časopisima, i na nekim specijalizovanim veb stranicama. A upitnik je korišćen za dobijanje tačnih podataka mišljenja arhitekte o primeni sistema solarnih ćelija, njihov uticaj na arhitektonski dizajn, primenu strategije koja privlači pojedinca da koristi ove ćelije, a na kraju dolazi do rezultata i preporuke.

Al-Hamdani 2016. definiše analitički deskriptivni pristup kao metod koji nastoji opisati savremenu pojavu ili događaje, a to je jedan od oblika sistematske analize i interpretacije za opisivanje fenomena ili problema, koji zapravo daje podatke o određenim karakteristikama, zahteva znanje učesnika u istraživanju, fenomena koji proučavamo i vreme koje koristimo, za prikupljanje podataka.

### **1.6. Izvori informacija**

Priprema ovog istraživanja zasnovana je na raznim izvorima informacija i to:

- Knjige i reference, koje su se bavile pojedinim delovima predmeta.
- Istraživački i radni dokumenti, koji služe temi istraživanja, kao i časopisi i Internet.
- Informacije od proizvođača kroz kataloge i reklame.
- Terenska istraživanja za projekte, bazirane na solarnim ćelijama.
- Razgovori sa stručnjacima iz oblasti ovog istraživanja.

## **1.7. Granica istraživanja**

- Prostorne granice: Tripoli, Libija

Vremensko ograničenje: Relevantne informacije koje se odnose na solarne ćelije, posebno na novu tehnologiju, poslednjih godina, između 2017. i 2018. godine.

- Granice istraživanja: Istraživanje se bavi stambenim zgradama u Libiji.

## **1.8. Prepreka istraživanja**

- Istraživanje je ograničeno određenim vremenom.
- Postojanje straha kod arhitekta, ili kod ljudi da prihvate solarne ćelije, i da ih koriste u Libiji.

## **1.9. Prethodne studije**

1. Istraživanja koje je obavio **Abdulrahman, 2015**, pod nazivom "Integracija fotonaponskih ćelija u zgradama", Status zgrade tornja Nacionalne uprave za telekomunikacije u Kartumu, Sudanu. Cilj istraživanja je da se identifikuju metode "integracije između zgrada i fotonaponskih ćelija, i kako ih koristiti u poboljšanju formalnog konačnog arhitektonskog izgleda," pod pretpostavkom da solarni sistemi imaju ogroman potencijal da utiču na strukturu zgrade, kada se koriste kao spoljni završni materijal. Na osnovu toga, istraživanje je usmereno ka proučavanju osnovnih komponenti solarnog sistema, kao i metod njihove integracije sa zgradom, kao spoljna završna jedinica, kao i proučavanje mesta njihovog instaliranja, u arhitektonskoj formi.

Radi ostvarenja cilja istraživanja, istraživač je primenio analitičku deskriptivnu metodu za opisivanje fenomena integracije, fotonaponskih ćelija u zgradama.

Tokom istraživanja izvršeno je proučavanje sa svih aspekata, o načinu projektovanja solarne ćelije kao dela zgrade, kako bi se smanjila početna cena solarne energije, jer su početni troškovi instaliranja visoki, zato oni predstavljaju glavnu prepreku za korišćenje solarne energije. Zbog toga, je istraživač prikupio informacije o zgradama na kojima su sistemi solarne energije primjenjeni, a posebno kod aktivnih sistema. Istraživač je zaključio da je primena

fotonaponskih ćelija ograničena na primenu u rasveti (ulične rasvete), koja je primenjena u malim razmerima u stambenim zgradama, za one koji su zainteresovani za solarnu energiju.

Istraživač je zaključio da je zgrada Nacionalne uprave za telekomunikacije integrisala fotonaponske ćelije u potpunosti sa zgradom, što je predstavljao izazov za istraživanje, na osnovu toga, istraživač je prikupio podatke o zgradi i primenio kriterijume instaliranja i dizajna solarnog sistema, a zatim ga predstavio u obliku dijagrama, crteža i tabele. Zaključak je na kraju da je neophodno da se uspostavi ravnoteža između postizanja formalnog aspekta zgrade, i obezbeđivanja energije proizvedene u sistemima.

2. **Al-Sudani, 2009**, je izvršio istraživanje pod nazivom: Primena solarne energije u urbanom razvoju pustinje Egipta, sa silicijskom tehnologijom. Svrha istraživanja je analiza i usmeravanje trenutnih razvojnih predloga usmerenih na razvoj egipatske pustinje, podizanjem novih urbanih zajednica, što bi ostvarilo kriterijum održivosti i formiranje produktivnih i samoodrživih regiona. Takav projekat bi potvrdio ulogu obnovljivih izvora energije u celini a posebno ulogu solarne energije, kao jedan od načina za uspostavljanje zajednice i urbane izgradnje što proučava vladin projekat, i program koji usvaja razvoj upotrebe obnovljivih izvora energije kroz podršku znanja i nauke, i mogućnost integracije i aplikacije solarnog sistema, u predložene projekte za razvoj egipatske pustinje.

Istraživanje je sledilo deskriptivni analitički pristup sproveđenjem analitičke studije o primeni sunčeve energije, bilo toplotne ili električne, i upoređivanja njene prikladnosti s urbanističkim i arhitektonskim razvojnim projektima kroz globalne primere, podeljene na sledeće mere: regionalni razvoj pustinje, urbanog razvoja, lokalnog razvoja i arhitektonskih standarda zgrade, uz istraživanje principa i kriterijuma dizajna, u slučaju korišćenja sistema solarne energije tokom gore navedenih standarda.

Pored toga, istraživanje pruža kriterijume dizajna i naučene lekcije iz globalnih primera, koji će se koristiti u testiranju mogućnosti korišćenja solarnih aplikacija kroz egipatsko okruženje, analize egipatske realnosti i aktuelnih trendova u razvoju egipatske pustinje, kao i praćenje politike obnovljivih izvora energije u Egiptu, testiranje standarda za planiranje i projektovanje, i lokalnih ciljeva, u domenu razvoja u Egiptu.

Cilj istraživanja je proučavanje problema, vezanih za energetska pitanja i njihov odnos prema urbanom razvoju, kao jednom od najvažnijih pitanja sa kojima se suočava svet, a ta pitanja

su usko povezana sa većinom ekoloških promena. Bliska veza između energetskog sektora i urbanog i ekonomskog razvoja, kao i kvaliteta prirodnog okruženja, je glavno uporište globalne ekonomije, što joj daje mogućnost da zadovolji potrebe industrijske proizvodnje, poljoprivrede, transporta i konačno urbanog razvoja.

Najvažniji rezultati su da izuzetna integracija koncepta održivog razvoja u svim oblastima ima posledični uticaj na globalne naučne i praktične trendove, sa ove tačke gledišta, održivi razvoj je jedan od najvažnijih ključnih pitanja, koja se odnose na primenu misli održivosti.

3. Istraživanje koje je obavio **Al-Barkouni, 2010**, pod nazivom: Evaluacija i projektovanje inženjerske kontrole sistema za projekte osvetljenja, koji su nedavno primenjeni u Gazi-Palestini. Istraživač je izvršio analizu počevši od modeliranja sunčevog zračenja u Palestini, do značaja usmeravanja solarnih ćelija, i na kraju došao do dizajna baterije i solarnih ćelija uz focus, na negativne ishode iz prethodnih dizajna, i kako ih prevazići. U tu svrhu, istraživač je pripremio praktični eksperiment (kao inženjerski model kontrole), za osvetljenje stana pomoću solarne ćelije, uzimajući u obzir standard i preporuku, koju je predložila Međunarodna asocijacija inženjera elektrotehnike i elektronike (IEEE). Na kraju, istraživač je postavio zaključak i sistematske studije na naučnoj osnovi, koja može biti od koristi, prilikom projektovanja budućih projekata.
4. Istraživanje pod nazivom Integrated photovoltaics State-of-the-art building, analitičara **Jelle et.al.,2012**, ima za cilja da istražuje izgradnju ekološki prihvatljivih zgrada, kako bi zgrade imale korist, od okolne energije. A kako je sunce najbolji izbor, primenjene su solarne ćelije integrisane sa zgradom, kako bi pružile snažnu tehnologiju i sjajno rešenje, jer je korišćenje solarnih ćelija integrisano u zgradu, najbolji način za postizanja dva cilja, a to su lepota i ekonomija. Ovo možemo postići kroz korišćenje solarne energije u proizvodnji čiste električne energije, a sa arhitektonske strane mogu se estetski koristiti zamenom spoljašnjeg građevinskog materijala solarnim ćelijama, bilo da je to folija, pločice ili staklo. Rezultati istraživanja pokazuju da postoji široko područje u tehnici solarne ćelije, koje mogu da se koriste kao material u konstrukciji zgrade, a u isto vreme obezbeđuju energiju.

## **Glava II Uticaj korišćenja solarne fotonaponske tehnologije na okolinu**

Energija sunca (solarna energija), ima dva načina kako bi se može pretvorila u električnu. Prvim načinom je direktna konverzija (pretvara se) korišćenjem solarnih čelija u fotonaponskim (PV) elektranama. Drugi je putem koncentrisanih solarnih elektrana (KSE), odnosno solarnim termoelektranama (STE). Kod KSE, solarna energija se prvo pretvara u toplotnu, posle u mehaničku, da bi se na kraju pretvorila u električnu energiju.

Ovaj deo rada je mali prikaz primene fotonaponske tehnologije. U poglavljima biće opisan princip tehnologije, rada, primene fotonaponskih solarnih čelija i fotonaponskih sistema, radi proizvodnje električne energije. S obzirom da je reč tehnologija koja koristi obnovljivi izvor energije, biće reči o uticaju i značaju, koje korišćenje fotonaponskih čelija može uticati na proizvodnju električne energije, uticaj na okolinu, i korišćenim načinima recikliranja, koji su trenutni.

### **2.1. Princip rada solarnih fotonaponskih čelija**

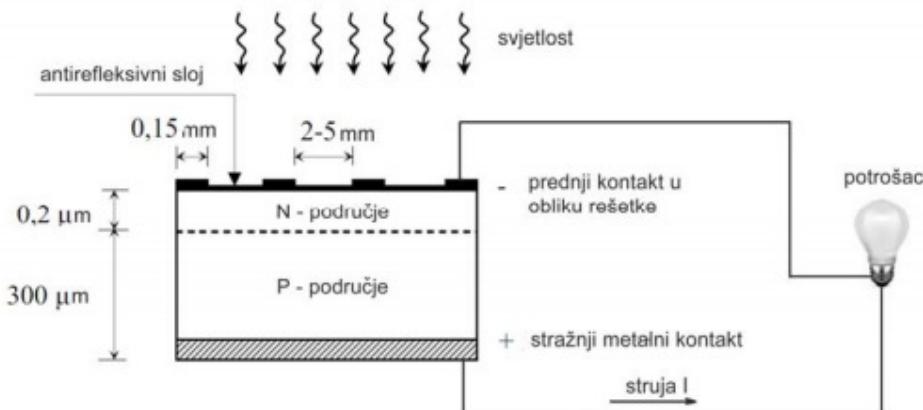
Primer je kada se silicijumu čistom poluprovodniku, dodaju odgovarajuće dodatke, onda će postati takozvani P-tip ili N-tip poluprovodnika. Kada se četverovalentni atom silicijuma u kristalnoj rešetki zameni petovalentnim atomom fosfora, njegova četiri valentna elektrona popuniće kovalentne veze, sa ostalim atomima silicijuma. Peti elektron, koji je višak, neće se zadržati u hemijskoj vezi, jer za njega nema praznih stanja na raspolaganju, pa ga jedino atom fosfora još privlači slabom coulomb konekcijom, koja se dovođenjem energije prekida lako. Taj elektron koji je udaljen od atoma fosfora ima na raspolaganju samo slobodno stanje u krugu vodljivosti, a ostavlja mešavinu fosfora jednostruko pozitivno nabijeno.

Energija za ionizaciju primese, je potrebna energija za odvajanje elektrona, a atom fosfora je donor, jer donira prenosiv elektron rešetki, a silicijum je tada N-tipa. Što se tiče kristalne rešetke

silicijuma sa trovalentnim primesama, kao što je atom bora, dolazi do manjka u valentnim elektronima.

Tri elektrona popunjavaju kovalentne veze sa tri od četiri susednih atoma silicijuma, ali četvrti atom ima samo jedno-elektronsku vezu, tj. nastala je šupljina, višak jednog pozitivnog nanelektrisanja. Na isti način kao kod primeće fosfora, šupljina je vezana slabom kulonskom silom na atom bora. Ako bi se od njega udaljio, četvrta kovalentna veza se popunjava oko bora, i on ostaje s jednostrukim negativnim nabojem. Tako je atom bora kao primeće u silicijumu primaoc, jer može primiti elektrone i tako uvesti šupljinu u valentni pojas, tj. silicijum je tada P-tipa. U osnovi fotonaponska ćelija je PN-spoj, relativno poluprovodnička dioda, koja nastaje kada se jednom delu čistog kristala, četvorovalentnog, silicijuma, dodaju trovalentne primeće, tako da nastane P-tip poluprovodnika, a drugom delu petovalentne (donorske) primeće, te u tom delu kristala nastaje N-tip poluprovodnika. Veoma je bitno svojstvo PN-spoja i njegovo ispravljačko delovanje, što znači da lakše provodi struju kad je P-područje pozitivno, a N-negativno. Prema tome, PN-spoj radi kao diode, i propušta struju samo u jednom smeru. Ako se na PN-spoj priključi izvor spoljnog napona u propusnom smeru, tako da je pozitivan pol na P-strani a negativan na N-strani, na granici između te dveoblasti, kao posledica gradijent koncentracije, nastaje rasprostranjenost elektrona iz N-područja prema P-području, i šupljinu iz P-područja prema N-području struja

U silicijumskoj solarnoj ćeliji, prikazanoj na slici 1., na površini pločice P-tipa silicijuma su difundirane primeće, npr. fosfor, tako da na tankom površinskom sloju nastane područje N-tipa poluprovodnika.

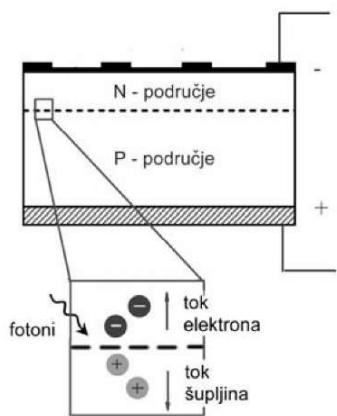


Slika 1. Solarna fotonaponska ćelija.

Da bi se skupili naboji nastali apsorpcijom fotona iz sunčevog zračenja, na prednjoj površini ćelije nalazi se metalna rešetka koja češće ne pokriva više od 5 % površine, i time utiče na apsorpciju, sunčevog zračenja. Zadnja strana ćelije pokrivena je metalnim kontaktom. Da bi se povećala efikasnost ćelije, prednja strana ćelije može biti pokrivena slojem, koji smanjuje odbijanje sunčeve svetlosti.

Kada se solarna ćelija osvetli, na krajevima se pojavljuje elektromotorna sila, tj. napon. Tako solarna ćelija postaje poluprovodnička dioda, odnosno PN-spoj, i ponaša se kao ispravljački uređaj, koji propušta struju u jednom smeru.

Apsorbirani fotoni pobuđuju slobodne elektrone iz N-spoja i proizvode parove elektron-šupljina. Ako apsorpcija nastane daleko od PN-spoja, nastali par ubrzo se rekombinira. Ali, ako nastane unutra apsorpcija, ili blizu PN-spoja, unutrašnje električno polje, koje postoji u osiromašenom području, odvaja nastali elektron i šupljinu.



Slika 2. Apsorpcija u blizini PN-spoja.

Elektron se kreće prema N-strani, a šupljina prema P-strani. Zbog skupljanja elektrona i šupljina na odgovarajućim suprotnim stranama PN-spoja, dolazi do pojave elektromotorne sile na krajevima solarne čelije. Kontakt na P-delu postaje pozitivna, a na N-delu negativna. Ako su kontakti čelije spojeni sa spoljnim potrošačem, kao što je prikazano na slici 1., proteći će električna struja, a solarna fotonaponska čelija, postaje izvor električne energije.

### 2.1.1 Stepen iskorišćenja solarnih čelija

Važna karakteristika solarnih čelija meri se sa stepenom korisnog delovanja, odnosno količinom sunčeve svetlosti (energija fotona), koja se direktnom konverzijom može pretvoriti u elektriju. Tipična solarna fotonaponska čelija ima efikasnost od 16,50%. Drugim rečima, solarna čelija će pretvoriti u električnu energiju jednu šestinu sunčeve svetlosti, koja pada na njenu površinu.<sup>1</sup>

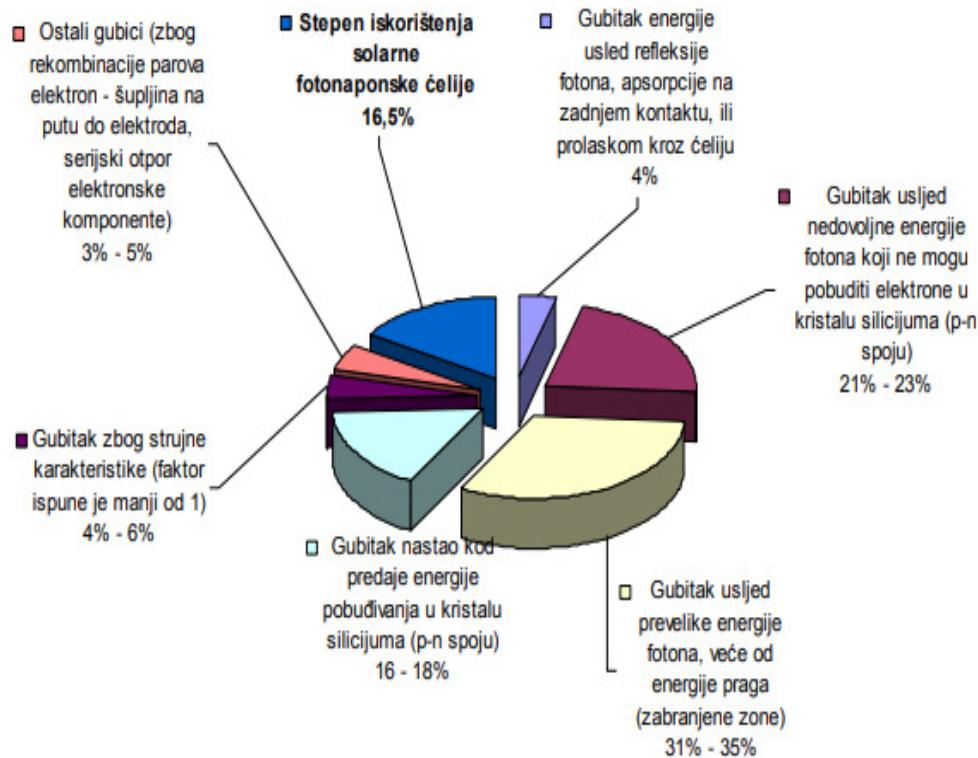
Efikasnost promene mnogo zavisi od tehnologije koja se koristi za izradu modula, zatim od spektra sunčevog zračenja kojeg solarna čelija može apsorbovati, temperaturne okoline - odnosno od temperature solarne čelije, dizajna modula, i materijala od koje je napravljena solarna čelija. Ostatak energije koji predstavlja gubitak pri transformaciji, raspodeljuje se na drugi način. (Slika 3)

Neki od ovih gubitaka su uslovjeni fundamentalnim fizičkim zakonitostima i ne mogu se smanjiti, a neki zavise od tehnologije izrade fotonaponskih čelija. Smanjenjem ovih drugih, maksimalni stepen iskorišćenja silicijumskih čelija mogao bi dostići 22%. Najveći uticaj na stepen iskorišćenja ima takozvana *energija praga*<sup>2</sup> (*širina zabranjene zone, energetska pukotina*), što je fizikalno svojstvo materijala. Kod silicijuma iznosi 1,1 eV. Kod drugih materijala, na primer galijum-arsenida širina energetskog praga iznosi 1,39 eV pa teorijski maksimalni stepen iskorišćenja, može dostići i do 30%.

---

<sup>1</sup> U laboratorijskim uslovima postizana je efikasnost od i do 43%.

<sup>2</sup> Najmanja energija (reda 1eV) koju je potrebno dovesti elektronu u valentnoj zoni da bi on bio pobuđen i prešao u provodnu zonu odnosno postao nosilac elektriciteta u poluprovodniku n-tipa. Povećanje temperature će izazivati smanjenje zabranjene zone, pa prema tome i sniženje stepena korisnog dejstva.



*Slika 3. Gubitci u solarnoj čeliji usled fizičkih karakteristika solarne fotonaponske čelije na bazi kristala silicijuma<sup>3</sup>*

Kod većine poluprovodnika elektroni imaju ili premalu ili preveliku energiju praga u poređenju sa različitim energijama fotona čiju energiju treba preuzeti, pa je to i najveći izvor gubitaka u solarnoj čeliji od oko 55%. Logičan korak u razvoju je izrada solarne čelije, koja bi se sastojala od nekoliko slojeva materijala raznih karakteristika, za iskorišćenje šireg spektra fotona. Najbolji rezultati su postignuti sa čelijom galijum-arsenida i galijum-antimonida. Takve solarne čelije mogu koristiti energiju fotona iz vidljivog i nevidljivog elektromagnetskog spectra, i imaju stepen korisnog dejstva od skoro 40%.

## 2.2. Tipovi fotonaponskih čelija

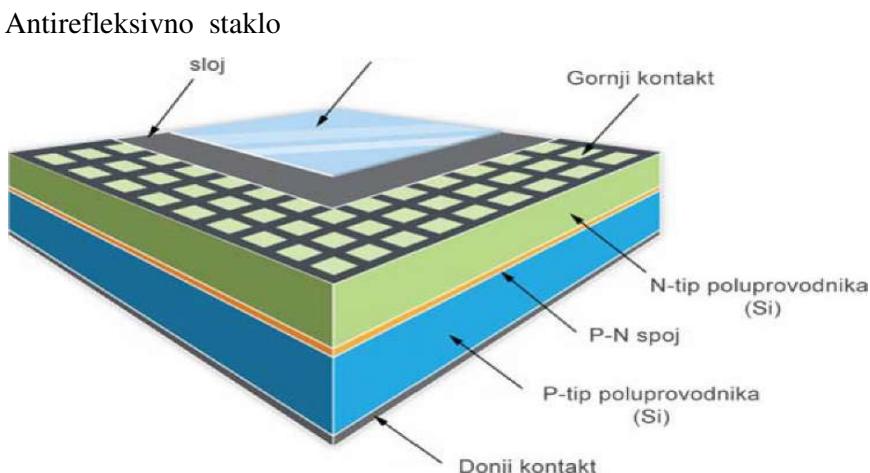
Solarne fotonaponske čelije mogu biti izrađene od raznih tipova poluprovodničkih materijala, koji mogu biti složeni u različite strukture s ciljem postizanja što veće efikasnosti. Za izradu fotonaponskih čelija koriste se sledeći poluprovodnički materijal i tehnologija:

<sup>3</sup> Pavlović, M. Tomislav; Čabrić, D. Branislav; Fizika i tehnika solarne energetike, 2. izdanje, Građevonska knjiga, Beograd, 2007, ISBN 86-395-0505-5

- Silicijum (Si) - uključujući monokristalni silicijum (c-Si), polikristalni silicijum (p-Si), i amorfni silicijum (a-Si).
- Polikristalni tankoslojni materijali (polikristalni tanki film)-kao što su, CdTe kadmij-telurid, bakar-indij-diselenid te tankoslojni silicijum (amorfni silicijum, spada u ovaj tip).
- Monokristalni tankoslojni materijali (monokristalni tanki film)-većinom izvedeni od galij-arsenida (Ga-As).
- Fotonaponske ćelije sa kaskadnom strukturom materijala-što su kombinacije raznih poluprovodničkih materijala u slojevima.

### **2.3 Fotonaponske ćelije izrađene od monokristalnog silicijuma**

Fotonaponske ćelije izrađene od monokristalnog silicijuma, i imaju takozvanu *homojunction* strukturu. Sastoje od istog materijala koji je modifikovan tako da su na jednoj strani ćelije P- sloj, a na drugoj N-sloj silicijumskog kristala. Unutar ćelije, P-N spoj lociran je tako da se maksimum sunčevog zračenja apsorbuje, u njegovoј blizini. Površina ovih ćelija zavisi od preseka monokristala od kog se proizvodi, a iznosi od 5 do 10 cm, debljina im je od 200 do 300  $\mu\text{m}$ , a napon od 0,55 do 0,70 V. Teorijska efikasnost im je oko 22 %, dok je stvarna oko 18%. Usled nedostatka ovog tipa ćelija je visoka proizvodna cena, zbog tehnološkog zahtevnog procesa proizvodnje.



Slika 4. Glavna šema monokristalne (c-Si) i polikristalne (p-Si) ćelije Fotonaponske ćelije izrađene od polikristalnog silicija (p-Si)

Polikristalne (p-Si), kao i monokristalne imaju *homojunction* strukturu sa razlikom što strukturu polikristalnog silicijuma, čini više manjih kristala. Zbog toga se javlja granica u strukturi koja koči tok elektrona, i ohrabruju ih na spajanje sa šupljinama u većem broju, što daje rezultat smanjenjem izlazne snage ovih celija. Rasprostranjena metoda izrade je livenje tečnog silicijuma u kalupe, izrezivanje u oblik četverostranih prizmi iz kojih se izrežu pločice za fotonaponske celije. Proces proizvodnje celija od polikristalnog silicijuma je znatno jeftiniji od procesa proizvodnje monokristalnih celija, ali imaju nižu efikasnost. Teorijska efikasnost im je oko 14-18 %, a stvarna između 12 i 16 %.



Slika 5. Polikristalne celije pokrivenе antirefleksivnim slojem silicijum-nitrida ( $Si_3N_4$ ) različite debljine. Boja zavisi od debljine antirefleksivnog premaza.

## 2.4 .Fotonaponske celije izrađene od amorfognog silicijuma (a-Si)

Kristalnu strukturu atomi ne formiraju unutar amorfnih celija, a sadrže velik broj strukturnog defekta, pa čime i slabu povezanost atoma. Radi toga elektroni sa šupljinama u većoj meri će se rekombinirati, umesto da se kreću prema rubovima solarne celije. Znamo da defekti u strukturi ograničavaju tok električne struje, uobičajeno je da se u amorfni silicijum ugrađuje mala količina vodonika koji se kombinuje sa atomima amorfognog silicijuma koji nisu vezani, tako da se elektroni mogu bez problema kretati, kroz materijal. Amorfni silicijum upija sunčevu zračenje

40 puta efikasnije u odnosu na monokristalni slicijum, pa sloj debljine 1  $\mu\text{m}$  može primiti do 90 % energije sunčevog zračenja. Upotreboom tanjeg sloja troškovi proizvodnje se smanjuju. Pored toga amorfni silicijum moguće je proizvoditi na niskim temperaturama, i može biti mašinski položen na jeftinije podloge kao što su (staklo, plastika, metal), time ga čini idealnim za integrisanje PV tehnologije u razmaku od objekata velikih dimenzija kao što su zidovi, krovovi, i slično, do proizvoda široke potrošnje. Amorfne silicijumske ćelije prema podeli spadaju u takozvane tanko-slojne. Teorijska efikasnost a-Si ćelija je oko 11,5 %, stvarna efikasnost je oko 4 do 6%.



Slika 6. Praktična primena a-Si ćelija na stambenim objektima.

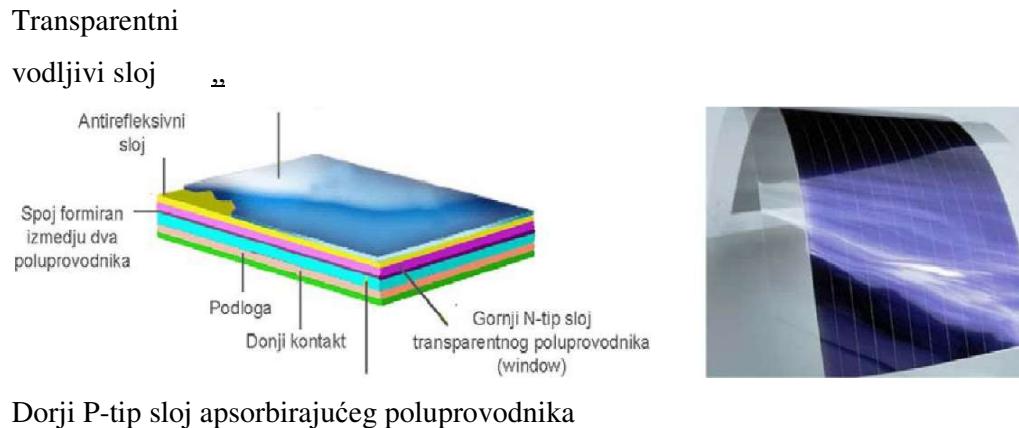
## 2.5.Polikristalne tankoslojne fotonaponske ćelije

Termin *tankoslojan*, (engl. *Thin Film*) odnosi se na tehnologiju polaganja, a ne na debljinu sloja (debljina sloja, je uz to zaista i do dva reda veličine manja nego kod monokristalnih silicijumskih ćelija). Prednosti fotonaponskih ćelija izrađenih tehnologijom tankog filma u odnosu na monokristalne su:

- koristi se puno manje materijala i energije, pošto je debljina ćelija od 1 do 10  $\mu\text{m}$ , naspram klasične Si ćelije debljine od 100 do 300  $\mu\text{m}$ ,
- tankoslojne ćelije proizvode se automatizovanim, besprekidnim procesima te se mogu polagati na jeftine podloge ( plastika, staklo, nerđajući čelik),

- zbog fleksibilnosti proizvodne tehnologije polaganja slojeva tankog filma, mogu se izrađivati ćelije raznih dimenzija-od standardnih 125mm x 125mm do ćelija dimenzija i preko jednog metra,
- ćelijama izrađenim tehnologijom tankog filma nije potrebna metalna mreža za gornji kontakt (kao kod c-Si ćelija), već koriste tanki sloj transparentnog vodljivog oksida,
- slojevi tankog filma polažu se na odabranu podlogu uključujući antirefleksni sloj, te transparentni provodni sloj oksida, čime se skraćuje proces proizvodnje.

Materijali (zrna kristala poluprovodničkih materijala) od kojih se izradjuju polikristalne tankoslojne ćelije, sadrže druga svojstva nego silicijski poluprovodnički materijali. Zbog toga se za stvaranje električnog polja unutar ćelije koriste dva poluprovodnička materijala koji su različiti, a takva struktura ćelija naziva se *heterojunction* struktura. Tipična polikristalna ćelija izrađena putem tehnologije tankog filma ima jako tanak gornji sloj N-tipa (manje od 0,1 p,m) koji se naziva *window* sloj (sloj koji deluje kao prozor tanak). Njegova uloga je fokusiranje sunčevog zračenja, iz visokoenergetskog dela spektra. Stoga mora biti jako tanak i imati dovoljno širok energetski prag (2,8 eV ili više), kako bi propustio što veću količinu energije sunčevog zračenja donjem (apsorbirajućem) sloju koji je P-tip poluprovodnika debljine od 1 do 2 p.m. Struktura opisane polikristalne tankoslojne sunčeve ćelije te izgled krajnjeg proizvoda prikazani su na slici 5.



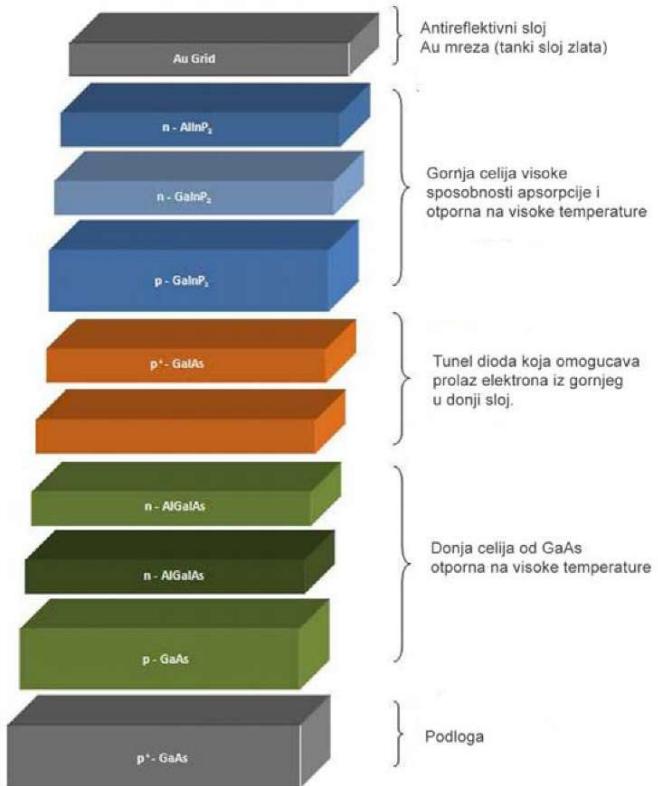
*Slika 5.. Principijelna šema polikristalne fotonaponske ćelije i njen stvarni izgled*

Materijali koji se koriste su bakar-indij-diselenid ( $\text{CuInSe}_2$  ili CIS), ili kadmij-telurid ( $\text{CdTe}$ ), polikristalni tankoslojni materijal. Svojstva ( $\text{CdTe}$ ) se mogu poboljšati dodavanjem cinka

ili žive. Kao i CIS tanki filmovi, CdTe filmovi mogu se polagati na jeftine podloge. Efikasnost ovog tipa fotonaponskih čelija je od 10 do 15%.

Drugi tipovi fotonaponskih čelija - Monokristalne tankoslojne i čelije sa kaskadnom struktururom

Monokristalne tankoslojne sunčeve čelije većinom su izrađene od galij-arsenida i uglavnom imaju slojevitu struktru (engl. *multijunction*). Ovakva vrsta fotonaponskih čelija postiže veoma visoku efikasnost konverziju svetlosti, i ako mogu da prihvate veći deo spektra sunčevog zračenja. U tipičnoj konfiguraciji čelije sa različitim vrednostima energetskog praga poslagane su jedna iznad druge,i to na takav način da sunčeva svetlost prvo pada materijal sa najvećim energetskim prerezom Fotoni koji nisu apsorbovani u prvoj čeliji prolaze na drugu čeliju koja upija visokoenergetski deo preostalog sunčevog zračenja, i transparentana je za niskoenergetske fotone. Ovakav selektivni proces apsorbovanja nastavlja se do najdonje čelije, koja ima najmanji energetski prorez. Pri slaganju kaskadne strukture čelije se mogu spajati mehaničkim putem, ili se tokom proizvodnje polažu u slojevima. Struktura multijunction čelija te selektivni proces apsorbovanja svetlosti prikazani su na slici 6.



Slika 6. Principijelna šema kaskadne čelije

Većina istraživanja kaskadnih struktura fokusira se na čelije od Galij-Arsenida kao jednom ili sve komponente. Efikasnost ovakvih čelija, teorijski može biti i iznad 35%, ali samo pod delovanjem, fokusiranog sunčevog zračenja.

Najveća mana Galijum-Arsenida je visoka cena monokristalnih Ga-As slojeva, koji mogu biti i do stotinu puta viši od cene silicijumskih. Zbog toga, se uglavnom koriste u sistemima sa koncentrisanim sunčevim zračenjem. U praksi efikasnost ovih čelija je oko 28 %.

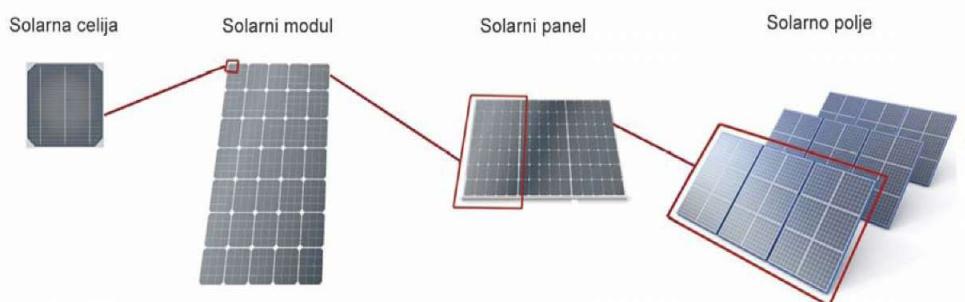
## 2.6. Solarna čelija, modul, panel, polje, sistem ...

Solarna čelija se može posmatrati kao izvor istosmerne električne struje, napona od oko 0.6[V] ako je izložena svetlosti, i dimenzija od 1 do 15 cm. Kombinovanim Serijskim i paralelnim vezivanjem pojedinačnih solarnih čelija nastaju *solarni moduli* sa većim vrednostima napona prosečno 12[V] do 24 [V], snage 100[W] do 240 [W], i površine reda veličine 1m<sup>2</sup>.



*Slika 7. Sastavni delovi solarnog fotonaponskog modula*

Tipični *fotonaponski modul* načinjen od kristalnog silicijuma (c-Si ili p-Si) sastoji se od transparentnog gornjeg sloja, enkapsulanta, donjeg sloja i okvira. (Slika 7) Gornji sloj, fotonaponskog modula treba da ima visoki stepen providnosti, bude otporan na atmosferske prilike, i zadrži stabilne karakteristike, kod višegodišnje izloženosti ultra- ljubičastim zracima. Kaljeno staklo je materijal koji se najčešće koristi. Enkapsulant se koristi kao zaštita solarnih celija, isto tako i kao učvršćivač gornjeg i donjeg sloja. On mora isto biti stabilan pri visokim temperaturama, ultraljubičastom zračenju i visoko transparentan. Najčešće se koristi etilen-vinil-acetat (EVA film), hemijski spoj koji se prilikom zagrejavanja polimerizuje i tako učvršćuje, konstrukciju modula. Donji sloj PV modula je tanki polimerni film, koji ima dobru otpornost na vlagu i koroziju, najčešće tedlar-polivinil-fluorid (PVF). Fotonaponski modul se uramljuje u aluminijumski okvir koji služi kao stabilizacija, i omogućava pričvršćenje na podlogu.

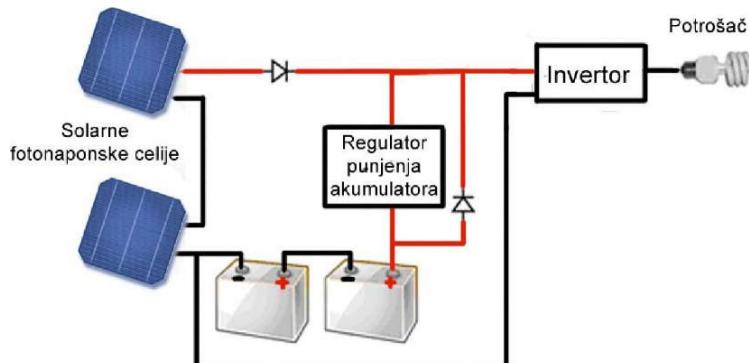


*Slika 8. Prikaz slaganja fotonaponskih celija u veću celinu*

Više solarnih modula instaliranih zajedno čine *solarni panel*, koji može imati instalisanu snagu od nekoliko [kW].

Više solarnih panela može formirati veću celinu, koja se često naziva *solarno polje*. Instalirana snaga solarnog polja može biti od nekoliko [kW] do nekoliko [MW]. (Slika 8.)

Solarne fotonaponske elektrane (SE) su veći sistemi za proizvodnju električne energije pomoću solarnih fotonaponskih ćelija namenjeni sopstvenoj potrošnji ili drugim potrošačima. Za proizvodnju električne energije pomoću solarnih fotonaponskih ćelija potrebni su dodatni uređaji, u zavisnosti od planiranog načina korišćenja, koji zajedno kao celina čine *solarni fotonaponski sistem*. Obzirom da je proizvedena električna struja istosmerna, fotonaponski sistem može sadržavati i uređaj za pretvaranje istosmerne struje u naizmeničnu, koju koristi najveći broj potrošača-*invertor*. Osim toga, sistem može uključivati i alkumulator/bateriju za skladištenje električne energije. U tom slučaju veoma je preporučljivo da sistem sadrži i kontroler/regulator punjenja akumulatora. (Slika 9).



Slika 9. Solarni fotonaponski sistem

Ako je fotonaponski sistem namenjen za isporuku električne energije u elektrodistributivnu ili prenosnu mrežu, mora se dodati i sigurnosni, merni i regulacijski uređaj.

Solarni PV sistemi mogu biti: (a) *samostalni* namenjeni proizvodnji na mestu potrošnje električne energije, (b) *povezani na mrežu* namenjeni proizvodnji za potrebe udaljenih potrošača, ili (c) *hibridni* namenjeni za podmirenje potreba na mestu proizvodnje sa dodatnim izvorom električne energije, što je najčešće generator tečnim ili gasovitim gorivom, vetro-generator, gorive ćelije.

## **2.6.1. Prednosti i nedostatci solarnih fotonaponskih sistema**

Glavne prednosti solarnih fotonaponskih sistema i njegovih elemenata su: *Čista energija* - Tokom rada fotonaponski uređaji ne proizvode emisiju štetnih materija i ne proizvode buku. Radi toga su veoma pogodni kao izvor električne energije, u naseljenim sredinama.

*Pouzdanost* - Fotonaponski uređaji nemaju pokretnih delova. Izgrađeni su za radni vek od 30 i više godina, uz malu verovatnoću otkazivanja, u toku rada. Prateća oprema (invertor, akumulator, kontroler nanelektrisanja, i druge opreme, ako se koristi predviđeno vreme eksploatacije je od 10 do 15 godina).

*Mala potreba za održavanjem* - Fotonaponski sistemi rade uz minimalno održavanje servisiranja, i bez snabdevanja gorivom.

*Besplatno gorivo* - Sunčeva svetlost je besplatna, lako dostupna i praktično neiscrpna energija.

*Fleksibilna veličina sistema* - U zavisnosti od finansijskih mogućnosti i energetskih potreba modularna konstrukcija i dizajn, omogućavaju lako proširenje sistema u vidu instalisane snagom, koja može biti u obimu od nekoliko od delova wata do nekoliko desetina MW. *Dostupnost* - Modularna konstrukcija omogućava prenos fotonaponskih sistema u delovima, što može biti veoma korisno, u slučaju kada se solarne elektrane grade u nepristupačnim krajevima.

*Brzina izgradnje* - Za male instalacije od nekoliko sati, do nekoliko meseci za velike PV elektrane snage i preko 50MW.

Mane i ograničenja fotonaponskih sistema:

*Zavisnost od Sunca* - Električnu energiju nije moguće proizvoditi noću, a oblačnost ili zasjenjenje smanjuju izlaznu snagu sistema.

*Nestabilna izlazna snaga* - Snaga fotonaponskog sistema nije stalna i zavisi od trenutnog intenziteta svetlosti, i godišnjeg doba.

*Mala gustina proizvedene energije* - Za proizvodnju električne energije potrebna je velika površina instaliranih modula.

*Energetska elektronika* - Napon struje na krajevima PV modula je jednosmerni. U koliko postoji potreba za povezivanjem na elektroenergetsku mrežu, ili uređaje koji koriste naizmeničnu struju, neophodna je upotreba *invertora*. To stvara gubitke od oko 5% do 8%.

*Visoka cena* - Iako je silicijum jedan od najrasprostranjenijih hemijskih elemenata, prerada u njegov oblik veoma visoke čistoće potrebne, za izradu PV ćelija povezan je sa visokotehnološkim postupcima koji zahtevaju, veliku količinu energije.

### **2.6.2. Primena fotonaponskih solarnih ćelija**

Solarni fotonaponski sistemi mogu se instalirati na krovove građevinskih objekata, integrisati na spoljne zidove i svetle otvore, ili instalirati na tlu. Primena PV sistema uključuje sisteme kućne instalacije, solarne elektrane (solarne parkove), veće industrijske sisteme, ali i proizvode široke potrošnje. Pored toga, solarni fotonaponski sistemi mogu biti priključeni na elektrodistributivnu (veći sistemi na prenosnu) mrežu, ili samostalni.

#### **Kućni sistemi povezani na elektroenergetsku mrežu**

Češće je u izvršenju kao krovna instalacija solarnih PV modula, ali može biti izvršena i kao zidna, ili na tlu, fasadna, u nekim slučajevima i kao zamena za staklenu zid svetlog otvora zida. Povezivajući se na lokalnu elektroenergetsку mrežu stvorena je moguća prodaja viška proizvedene elektrišne energije, i obratno, preuzimanje električne energije iz mreže prema potrebi. (Slika 10.)



*Slika 10. Stambeni objekat sa krovnom instalacijom PV modula*

### **2. 6.3. Solarne elektrane povezane na elektroenergetsku mrežu**

Instalacija solarnih fotonaponskih panela može da se izvede i na zemlji, na krovovima velikih industrijskih ili drugih komercijalnih objekata, gde su: škole, tržni centri, administrativne zgrade, železničke stanice. Ovakva postrojenja proizvode veće količine električne energije uglavnom namenjene prodaji elektroenergetskom sistemu. ([Slika 11.](#))



*Slika 13. Solarna elektrana Hodovo 1 u okolini Stoca firme Toming instalirane snage 148 KW i ostvarene proizvodnje 257 MWh u 2014. godine*

### **2.6. 4.Sistemi za snabdevanje električnom energijom izolovanih područja**

Ovde mogu biti mali solarni PV sistemi za pokrivanje, potreba domaćinstva, ili manje solarne elektrane za lokalne korisnike. Ovakvi sistemi omogućavaju snabdevanje električnom energijom u izolovanim područjima, za koja je priključenje na elektroenergetsku mrežu neisplativo ili nije moguće, kao što su: ostrva, planinska područja, pojedini delovi zemalja u razvoju. ([Slika 12.](#))



Željko Mihaljević (RF)

Slika 12. Fotonaponski sistem u selu Prkosu kod Drvara instalirane snage 3 kW

## 2.6.5. Sistemi za snabdevanje u industriji bez priključka na mrežu

Rešenja kao ova su vrlo česta u oblasti saobraćaja i telekomunikacije kao što su potrebe baznih stanica mobilne telefonije, javna rasveta, saobraćajna signalizacija, pumpne stanice, pomorska navigacija.



Slika 13. Primena solarnih fotonaponskih čelija za potrebe javne rasvete.



Slika 14. Primena PV sistema u robi šroke potrošnje.

#### 2.6.6. Efikasnost solarnih sistema / elektrana sa fotonaponskim čelijama

Vrlo važna je karakteristika fotonaponskog sistema je efikasnost a definiše se kao procenat proizvedene električne energije, u odnosu na ukupnu dovedenu energiju. Efikasnost fotonaponskog sistema prvensteno zavisi od efikasnosti fotonaponskog modula, koja je u granicama od 15-20%. Drugi uređaji, nemaju tako veliki utjecaj na ukupnu konverziju. Gubitak koji može doneti invertor je u zapremini od 5-8%, a ostali električni elementi imaju još niže gubitke.

Jako je zavisna efikasnost solarne čelije, odnosno PV modula od temperature. Deklarisana efikasnost modula je uobičajeno data za temperaturu modula od 25 °C (ovo je temperatura PV modula, a ne ambijentalna temperatura), ambijentalnu temperaturu od 20°C, solarnu iradijaciju od 800 [W/m<sup>2</sup>], i brzinu veta na gornjoj površini modula od 1 [m/s]. Poznato je da je pri nižim temperaturama efikasnost PV modula približna deklarisanoj, međutim pri visokim temperaturama.

Mnogobrojni predmeti za svakodnevnu upotrebu koriste PV čelije za pogon kao što su: kalkulatori, igračke, punjači za baterije, satovi, svetiljke (posebno u letnjim periodima), efikasnost PV modula se može znatno smanjiti. Smanjenje u efikasnosti je oko 0.5% za svako povećanje temperature modula za 1 °C veći od nominalnih 20 °C.

Temperatura fotonaponskog modula može se tačno izračunati uz pomoć NOCT (engl.

*Nominal Operating Cell Temperature*) faktora korišćenjem sledeće jednačine:

$$T_{\text{modula}} = T_{\text{okoline}} + \frac{NOCT - 20}{800} \times S \quad [\text{°C}]$$

gde su:

$T_{\text{okoline}}$  [°C] - temperatura vazduha

$NOCT$  [°C] - Faktor koji dostavlja proizvođač modula (najčešće 47-50 °C)  $S$  [W/m<sup>2</sup>] -

#### Trenutna solarna iradijacija

Može se veoma lako izračunati, da u zavisnosti od trenutne iradijacije (za opseg 500-1000 W/m<sup>2</sup>), temperatura PV modula tokom dana može biti i 20-40 °C veća od temperature vazduha na suncu. To znači da u toku letnjeg dana u BiH, kada je temperatura u hladu 30- 40°C, a temperatura vazduha oko modula 50 °C, temperatura PV modula, može da dostigne vrednost i do 95 °C. Zbog toga, će se efikasnost PV modula značajno smanjiti. Na primer:

$$\Delta\eta_{modula} = 90^\circ\text{C} - 25^\circ\text{C} * 0.5\% = 32.5\%$$

Očigledno je da će fotonaponski modul u periodu u ovim uslovima proizvoditi i do 32% manje snage od nominalne. Sve ovo doprinosi da ukupna efikasnost PV elektrana / sistema iznosi oko 10-15%.

#### 2.6.7. Faktor kapaciteta

Veliki PV sistemi, odnosno solarne elektrane nemaju sisteme za skladištenje energije (baterije), isporučuju električnu energiju jedino u trenucima direktnim sunčevim zračenjem. Radi toga, njihova proizvodnja nije u potpunosti predvidljiva. Iako se predviđanje proizvodnje za PV elektrane može sa sigurnošću odrediti nekoliko dana unapred, može se desiti da se u toku vedrih dana, na kratko (period od nekoliko desetina minuta) pojavi oblak, koji će zaseniti celu elektranu i spustiti njenu snagu, koja je možda bila bliska nominalnoj, na desetinu te vrednosti. U slučaju velikih PV elektrana (50-100MW) ovo može biti veliki udar na elektrodistributivnu, ili prenosnu mrežu.

Iz tog razloga, rezerva primarne i sekundarne regulacije u elektroenergetskom sistemu se mora povećati kako bi se nepredvidljivost proizvodnje pokrila iz drugih izvora, a to proizvodi troškove koji mogu da utiču na ukupnu cenu električne energije.

Od solarnog potencijala energija koju solarne elektrane proizvedu više zavisi, od nivoa iradijacije. Lokacija sa većim nivoom zračenja će imati veći faktor kapaciteta i obrnuto.

Faktor kapaciteta (eng. *Capacity Factor* - CF) se najčešće koristi da opiše koliko električne energije određena fotonaponska elektrana proizvodi u odnosu na njenu nominalnu snagu. Definisan je kao odnos ukupne proizvedene električne energije tokom određenog vremenskog perioda (najčešće godinu dana), i električne energije, koja je mogla biti proizvedena kada bi elektrana radila punom snagom za vreme tog vremenskog perioda:

$$CF(\%) = \frac{W_e}{P_n \cdot 8760} \cdot 100$$

gde je:

$W_e$  [MWh] - energija proizvedena u toku jedne godine

$P_n$  [MW] - instalirana (nominalna) snage elektrane

8760 - broj sati u jednoj godini

Faktor kapaciteta je izračunat za veći broj PV elektrana u Evropi. Za nekoliko PV elektrana u Nemačkoj (snage 52-128 MW) CF je u opsegu 10.66 - 12.05%. S druge strane, CF za PV elektrane u južnoj Evropi (Francuska, Italija, Španija) je očekivano veći i najveću vrednost imaju elektrane na jugu Španije - od 19 do 24%<sup>4</sup>

Uzimajući u obzir da je u BiH godišnja suma globalne iradijacije za optimalno orientisani solarni panel od 1500kWh/m<sup>2</sup> u severnim delovima zemlje do 1850kWh/m<sup>2</sup> u južnim, faktor kapaciteta - CF bi trebao biti u opsegu od 14-18%.

Prema raspoloživim podacima o instaliranim kapacitetima za 18 PV postrojenja (solarnih elektrana) povlaštenih proizvođača električne energije<sup>5</sup> u FBIH ukupne instalirane snage postrojenja od 1,23 MW izračunati faktor kapaciteta je 15,34%.<sup>6</sup> što je i u skladu sa procenom.

---

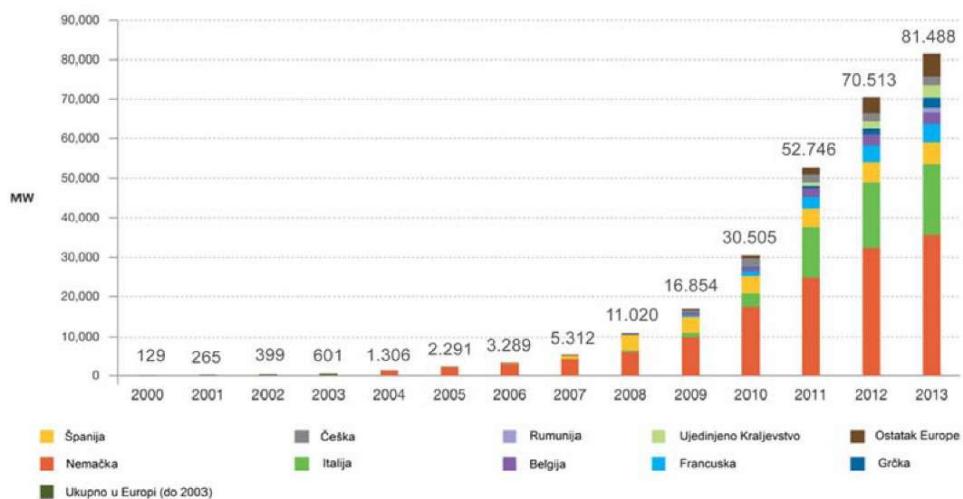
<sup>4</sup> Martinović, T. ; Mitrović, M. ; Elaborat: *Uticaj solarnih elektrana na elektro energetski sistem BiH*, Finalni izvestaj za NOSBiH 287546A Rev 1 Parsons Brinckerhoff, Decembar 2014, str.9

<sup>5</sup> Privilegovani (povlašteni) proizvođač - Kvalifikovani proizvođač koji je zadovoljio tehničke uslove za pravo na novčani poticaj u proizvodnji električne energije tokom unaprijed utvrđenog perioda u skladu sa Zakonom o korištenju OIEiEK i Uredbom o podsticanju proizvodnje električne energije iz OIEiEK.

<sup>6</sup> Ljubomir Majdandžić, *Fotonaponski sustavi*, HSUSE - Hrvatska stručna udruga za sunčevu energiju, 2014, str.17.

## 2.4. Korišćenje tehnologije fotonaponskih ćelija u Evropi

Ukupna instalisana snaga fotonaponskih sistema u Evropi na kraju 2013. godine je bila 81.5 GW. (Slika 15.) Njemačka je vodeća država po instaliranoj snazi sa oko 36 GW, nakon nje su Italija (17 GW), Španija (5.5 GW) i Francuska (4.5 GW). Važno je napomenuti da je solarni potencijal Nemačke dosta manji nego BiH, ali je uspjela postati država sa najvećim brojem instalisanih PV kapaciteta u Evropi, najviše zahvaljujući velikim podsticajnim mjerama (*feed-in tarifama*).<sup>7</sup>



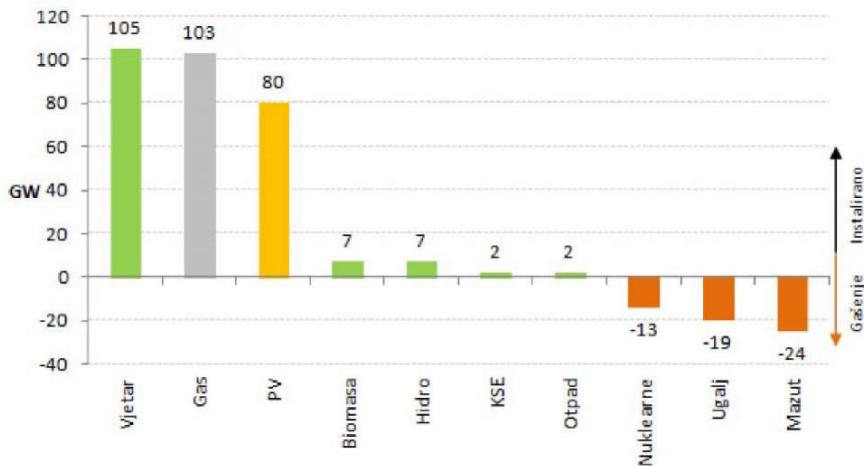
Slika 15. Ukupna instalirana snaga fotonaponskih sistema u Evropi od 2000. do 2013. godine.<sup>8</sup>

Podaci sa slike 17 predstavljaju ukupnu instalisanu snagu svih PV panela. Velike PV elektrane čine oko 30% ukupne, ostalih 70% su sistemi postavljeni na krovove rezidencijalnih, komercijalnih i industrijskih objekata.

Solarne elektrane, zajedno sa vetroelektranama, su u poslednjih deset godina bili dominantni izvori obnovljive energije u Evropi. Dodavanje velikih kapaciteta gasnih, vetroelektrana i solarnih elektrana sa jedne strane, i gašenje nuklearnih, kao i elektrana na ugalj i naftu sa druge, je promenilo stanje u energetskom sektoru. (Slika 16.)

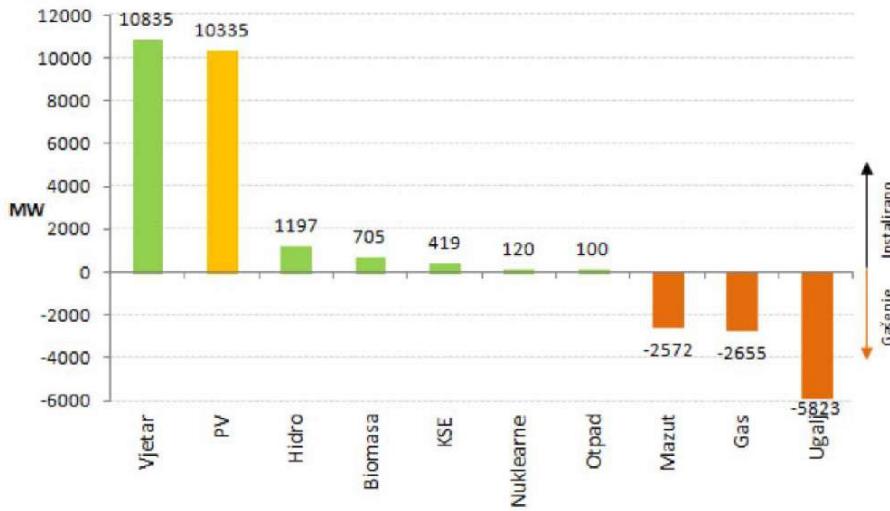
<sup>7</sup> Martinović, T. ; Mitrović, M. ; Elaborat: Uticaj solarnih elektrana na elektro energetski sistem BiH, Finalni izvestaj za NOSBiH 287546A Rev 1 Parsons Brinckerhoff, Decembar 2014, str.9

<sup>8</sup> Čučić, G; Stanje iskorištenosti obnovljivih izvora energije u FBiH, Travnik, 2015, str.24.



Slika 16. Prirast instalirane snage novih elektroenergetskih objekata u EU u periodu 2000 do 2013. godine.<sup>9</sup>

U 2013. godini, prvih pet izvora električne energije u Evropi po novoizgrađenim kapacitetima su bili zasnovani na obnovljivim izvorima, sa vjetroelektranama (VE) i fotonaponskim (PV) elektranama na čelu a prate ih hidroelektrane, elektrane na biomasu i koncentrisane solarne elektrane - KSE).



Slika 17. Neto instalirana snaga novih termoenergetskih kapaciteta u EU tokom 2013. godine.<sup>10</sup>

Oko 11 GW novih PV sistema je instalirano tokom 2013, prethodne 2012. godine 17,7 GW, a 2012. godina bila je rekordna sa 22,5 GW instaliranih novih kapaciteta. Pad je posledica

<sup>9</sup> Martinović, T. ; Mitrović, M. ; Elaborat: *Uticaj solarnih elektrana na elektro energetski sistem BiH*, Finalni izvestaj za NOSBiH 287546A Rev 1 Parsons Brinckerhoff, Decembar 2014, str.11.

<sup>10</sup> Isto, str.12

ukidanja ili smanjenja državnih novčanih poticaja za proizvodnju električne energije u PV sistemima u Nemačkoj, Italiji i u manjem obimu u nekim drugim državama. Ipak, na svetskom nivou održan je trend visokog rasta.<sup>11</sup>

### **2.7.1. Uticaj korišćenja solarne fotonaponske tehnologije na okolinu**

Tokom rada fotonaponske solarne ćelije ne opterećuju okolinu u prevelikoj meri niti predstavljaju izvor zagadenja u smislu emisije štetnih materija, buke i slično. U određenom smislu imaju posredan povoljan uticaj ako je proizvedena električna energija zamena za električnu energiju, koja bi se morala proizvesti na konvencionalni način uz upotrebu nekog fosilnog goriva.

Upotreba fotonaponske tehnologije opterećuje okolinu na posredan način. Proizvodnja fotonaponskih ćelija, uglavnom zasnovanih na siliciju, je veoma energetski zahtevna, pa se u obzir mora uzeti takozvano *vreme povrata uložene energije u proizvodnju*. Upotreba drugačijih, manje energetski zahtevnih tehnologija kao što je tehnologija tankog filma svakako će umanjiti ovu vrstu uticaja.

Pored toga u proizvodnom procesu se koriste toksični materijali poput kadmija, olova i žive, a instaliranje fotonaponskih solarnih ćelija zahteva relativno veliku površinu po jedinici proizvedene električne energije. Ukoliko je reč o instalacijama na tlu, treba imati na umu da se zauzeta površina ne može koristiti za poljoprivredu.

### **Vreme povrata uložene energije u proizvodnju PV**

Vreme povrata uložene energije (engl. *Energy Pay-Back Time* - EPBT) u proizvodnji fotonaponskih sistema je veoma važan faktor za održivost, a predstavlja vreme u kojem fotonaponski sistem mora proizvoditi energiju da bi se nadoknadila energija uložena u njegovu prouzvodnju. Kvantitativna metodologija često nazvana *analiza životnog ciklusa* (engl. *Life Cycle Analysis* - LCA) se koristi kod procjene i izračunavanja vremena povrata uložene energije u proizvodnju. Kalkulacija uzima u obzir sve uticaje kroz čitav ciklus rada PV sistema: dobavu i preradu potrebnih sirovina, proizvodnju, konstrukciju, rad, demontažu, prikupljanje i recikliranje. Vreme povrata uložene energije u proizvodnju se može iskazati kao:

---

<sup>11</sup> Prema izveštaju EPIA Global Market Outlook For Photovoltaics 2014-2018.

$$\text{Povrat uložene energije u proizvodnju} = \frac{\text{Uložena energija u proizvodnju}}{\text{Proizvedena energija u jednoj godini}}$$

Najveći uticaj na povrat uložene energije imaju zahtevi za energijom u toku izrade PV sistema, a što zavisi od korišćene PV tehnologije i lokacije sistema u eksploataciji. Na mestima veće sunčeve iradijacije (na primer oblast južne Evrope i Mediterana) vreme povrata će biti značajno kraće nego u severnim delovima Evrope. Kod PV sistema instaliranih poslednjih godina vreme povrata je od 0,5 do 1,4 godine na mestima sa prosečnom solarnom radijacijom od 1700 kW/m<sup>2</sup> godišnje (prema)<sup>12</sup> što preračunato za Za Bosnu Hercegovinu sa prosječnom godišnjom radijacijom od 1250 kW/m<sup>2</sup> do 1600 kW/m<sup>2</sup> iznosi od 6 do 24 meseca.

Obzirom na vreme trajanja eksploatacije od 30 godina za solarni panel, a ostale komponente sistema 10 do 15 godina, električna energija bez štetnih emisija se proizvodi oko uglavnom u periodu od 90 do 95% vijeka trajanja.

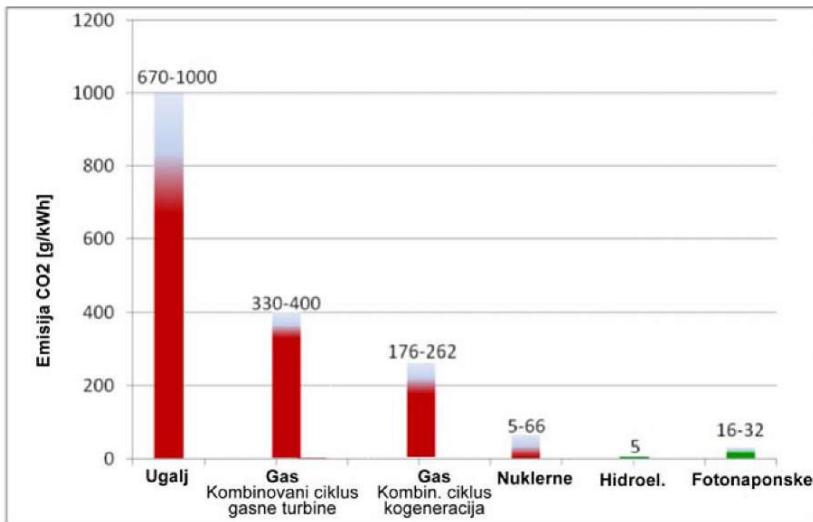
Zbog intenzivnog ulaganja u istraživanje i razvoj, smanjenja količine korišćenih materijala, veće efikasnosti i recikliranja sirovina za proizvodnju realno je očekivati smanjenje vremena za povrat energije.

### **2.7.2. Emisija gasova staklene baštne**

Fotonaponski sistemi imaju veoma nizak takozvani ukupni *karbonski otisak*, što je posljedica odsustva neposredne emisije CO<sub>2</sub> ili drugih polutanata za vreme eksploatacije, i veoma dugog vremena eksploatacije od trideset ili više godina.

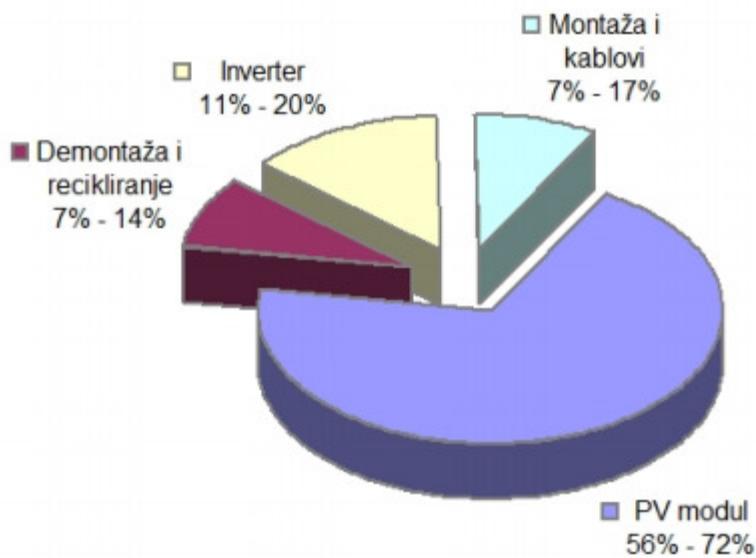
---

<sup>12</sup> Energetski potencijal u BiH, Centar za istraživačko novinarstvo, 2015



Slika 18. Usporedba ukupnog karbonskog otiska kod raznih tehnologija za proizvodnju električne energije (izvor: M. Held, R.Ilg, Update of environmental indicators and energy payback time of CdTe PV systems in Europe, Progr. Photovolt: Res. Appl., 2011)

Kod merenja uticaja fotonaponskih uređaja na okolinu ne bi trebalo zanemariti *indirektni karbonski otisak*, odnosno emisiju CO<sub>2</sub> ili drugih gasova staklene bašte povezane sa ciklusom proizvodnje, transporta, održavanja i recikliranja. Indirektne emisije uglavnom potiču od korišćenja energije u proizvodnom procesu PV modula, i drugih uređaja i opreme potrebnih za PV pogon sistema, što je često energija dobijena konvencionim načinom - sagorevanjem fosilnih goriva.



*Slika 19. Učešće pojedinih komponeneti solarnog fotonaponskog sistema u sekundarnom karbonskom otisku (Izvor: M. de Wild-Scholten, Life Cycle Assessment of Photovoltaics: from cradle to cradle, International Conference on PV Module Recycling, Berlin, 26 January 2010).*

Karbonski otisak PV sistema je u okolini 16 do 32% gCO<sub>2</sub> po kWh proizvedene električne energije u odnosu na 300 do 1000 gCO<sub>2</sub> po kWh u drugim elektroenergetskim postrojenjima sa fosilnim gorivima (ugalj, prirodni gas).

Prikazani podaci za prosečan PV sistem dati sa optimističnom pretpostavkom lokacije PV sistema sa insolacijom 1700 kW/m<sup>2</sup> godišnje što nije prosek za evropske zemlje, i bez uzimanja u obzir da veliki udio solarnih sistema sadrži i akumulator čiji je vijek trajanja oko tri puta kraći od fotonaponskog modula. Ipak, karbonski otisak je i u nejnepovoljnijem slučaju niži za više od dvadeset puta. (Slika 19.) Čak i u slučaju poređenja sa klasičnim postrojenjima u kojim bi se primjenjivao postupak hvatanja i skladištenja CO<sub>2</sub> (tehnologija još nije u komercijalnoj upotrebi), karbonski otisak PV postrojenja je za jedan red veličine niži.

Zahvaljujući napretku tehnologije izrade, korištenju manje količine sirovina i povećanju stepena korisnog delovanja fotonaponskih postrojenja u proteklih dvanaest godina sekundarni karbonski otisak je prema nekim procjenama manji za oko dva do tri puta.<sup>13</sup> Za očekivati je da bi se taj trend za postojeće tehnologije mogao nastaviti još neko vrijeme (tanji silicijumski vaferi, thin-film moduli, recikliranje materijala PV modula).

### **2.7.3. Uticaj na okolinu zauzimanjem zemljišta**

Fotonaponski sistemi se u većini slučajeva instaliraju na slobodne krovne prostore manjih stambenih jedinica, prostrane krovne površine industrijskih ili drugih privrednih objekata i kao instalacije na tlu. Udeo svakog od nabrojanih segmenta se razlikuje od države do države ali prema gruboj proceni veće instalacije na slobodnom zemljištu, takozvani *solarni parkovi*, čine uglavnom oko 20% od svih instaliranih površina fotonaponskih modula. U principu takve instalacije su jeftinije u smislu kapitalnih troškova i danas su skoro izjednačene sa cennom drugih izvora obnovljive energije kao što su postrojenja za biogas (uključujući zauzete površine potrebne za uzgoj korištenih biokultura), i vetro-elektrane, odnosno *vjetroparkovi*. Obzirom na potrebe i

<sup>13</sup> Niels Jungbluth, Matthias Tuchschnitt, Mariska de Wild-Scholten, *Life Cycle Assessment of Photovoltaics: Update of ecoinvent data v2.0*, ESU-service, 2008, p.49.

planove mnogih država u smislu povećanja udela električne energije proizvedene iz fotonaponskih postrojenja može se očekivati povećanje udela proizvodnje iz solarnih parkova. S tim je povezana i zabrinutost u vezi posledica zauzimanja slobodnih površina zemljišta.

*Tabela 1. Poređenje potrebne površina za izgradnju nekoliko tipova elektrana*

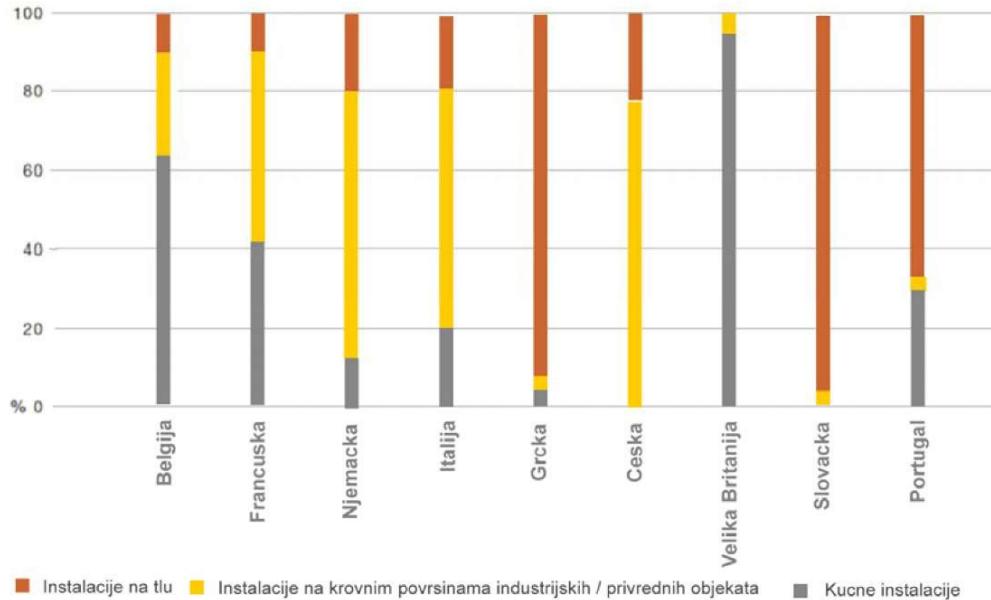
Tip elektrane	PV	KSE	VE	TE
Potrebna površina [ha/MW]	1,5 do 2,5	2,5 do 4,5	20 do 50	2,5 do 6,5 <sup>14</sup>

Obzirom da u našoj zemlji, i bližem okruženju zbog minimalnog broja PV postrojenja nije moguće doneti neki sud o tome, ilustrativno je dosadašnje iskustvo iz Nemačke, države koja trenutno ima najveći kapacitet instalacija solarnih parkova sa fotonapskim solarnim ćelijama u Evropi. Ukupan instalirani kapacitet solarnih elektrana iznosio je oko 2,3 GW (2010. godina) na oko 1000 ha površine. Istraživanjem je utvrđeno da se solarni parkovi nalaze na bivšem, degradiranom poljoprivrednom zemljištu, zasoljenim površinama, i trajno izmenjenim površinama kao što su bivši aerodromi i napuštene vojne baze.<sup>15</sup>

---

<sup>14</sup>U obzir je uzeto i zauzimanje površine za prateće objekte, rudnik, odlaganje pepela, transport, snabdijevanje krečnjakom za desulfurizaciju, i tako dalje.

<sup>15</sup> Agentur Erneuerbare Energien (AEE), Solar parks - Opportunities for Biodiversity, Renewables Spezial 45, December 2010



*Slika 20. Fotonaponski sistemi u evropskim državama prema mestu instalacije*

*Tabela2. Potrebna površina panela za proizvodnju električne energije iz solarnih fotonaponskih sistema*

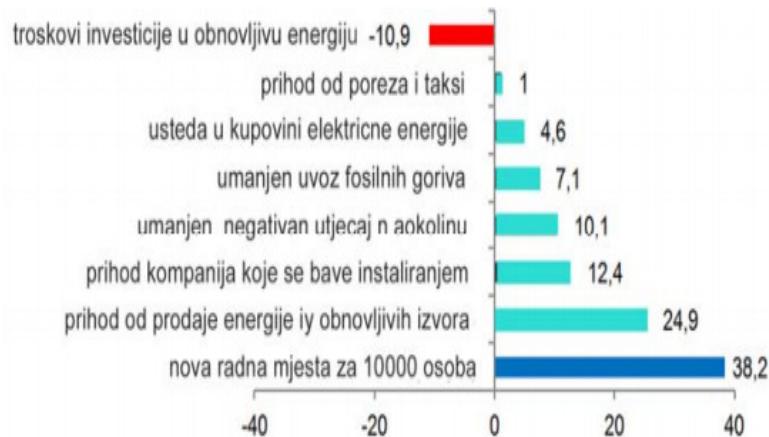
silicijumske monokristalne čelije (Si)	6 m <sup>2</sup> - 9 m <sup>2</sup>
silicijumske polikristalne (Si)	7,5 m <sup>2</sup> - 10 m <sup>2</sup>
bakar-indijum-diselenid (CIS)	9 m <sup>2</sup> - 10m <sup>2</sup>
kadmijev telurid (CdTe)	12 m <sup>2</sup> - 17 m <sup>2</sup>
amorfni silicij (Si)	14 m <sup>2</sup> - 20 m <sup>2</sup>

Solarni park zauzima od 2 do 3,5 hektara za 1 MW instalirane snage postrojenja u zavisnosti od primenjene tehnologije i konfiguracije zemljišta. Za slučaj kada PV elektrane poseduju sistem za praćenje sunca, potrebna površina je veća i iznosi 3-4.5 ha/MW. Očigledno je da fiksne PV elektrane zauzimaju skoro dvostruko manje prostora. Iz tog razloga, kao i zbog jednostavnosti (nema rotirajućih elemenata - motora koji zakreću PV module), skoro sve veće PV elektrane u Evropi su fiksног tipa. Prosečna površina koju zauzimaju dvadeset najvećih PV elektrana u Evropi je 2.14 [ha/MW].

#### **2.7.4. Energetska sigurnost**

U poređenju sa konvencionalnim izvorima energije, obnovljiva energija proizvedena lokalno pruža veću ekonomsku i političku sigurnost snabdevanja zbog smanjene zavisnosti od uvoza, ali i zadržavanja novčanih sredstava unutar države i poticaja otvaranju novih radnih mjestra.

Iskustvo u Nemačkoj pokazuje da je ulaganje od 11 milijardi eura kroz novčane uloge, koje je omogućio tamošnji zakon o obnovljivoj energiji, posredno doneo ekonomsku korist od skoro 60 milijardi eura kroz ekonomske i okolinske dobitke i kreirao skoro oko 381.000 direktnih i indirektnih zaposlenja.



*Slika 21. Ekonomski rezultati zakona o obnovljivim izvorima energije u Nemačkoj u 2011. godini.*

*(Izvor: Ministarstvo privrede i energije)*

#### **2.7.5. Reciklaža korišćenih solarnih fotonaponskih modula**

Poslednjih decenija proizvodnja fotonaponskih modula se naglo povećavala i u 2010. godini dostigla je stopu rasta od 35% u odnosu na prethodnu godinu, a do 2015 ima stabilan rast sa više od 20%. Većina PV panela trenutno u upotrebi su zasnovani na solarnim čelijama, waferima (engl. *wafers*) na bazi kristala silicijuma. Iako je vek trajanja fotonaponskog modula oko trideset godina

nakon čega se očekuje povlačenje iz pogona, već danas se ukazala potreba za zbrinjavanjem velikog broja modula zbog pogreški u proizvodnji ili kvarova, kao što su lom stakla, ili drugih razloga koji su onemogućili funkcionisanje.

Prvobitna praksa je bila da se najveći broj modula se tretira kao obični industrijski otpad iz kojeg se recikliraju staklo i metal, ali ne i solarne čelije. Zbog velike potražnje za silicijem visokog kvaliteta potrebnog za izradu solarnih čelija, odbacivanje starih čelija postalo je neprihvativljivo.

Većina solarnih čelija iz odbačenih PV modula su još uvek funkcionalne pa su se počele razvijati metode za njihovo recikliranje, odnosno obnavljanje i upotreba u novim fotonaponskim moduloma.

Postupak se sastoji od uklanjanja metalnog okvira modula i staklene ploče. Mreža solarnih čelija ostaje u ovojnici od etilen-vinil-acetata (EVA) i podloge za učvršćenje koje je potrebno ukloniti da bi se oslobostile same čelije. Postupak koji se uobičajeno primenjuje je piroliza u fluidizovanom sloju (koji se u ovom slučaju sastoji od čestica vrlo sitnog peska u struji vazduha sa veoma malim udelom goriva) na temperaturi od 450°C u trajanju od 45 minuta. Etilen-vinil-acetat, podloga za učvršćenje, i smole korištene za lepljenje u toku procesa izgaraju istovremeno se ponašajući i kao gorivo oslobođajući solarne čelije (vafer) koji se nakon postupka odvajaju i individualno obrađuju.<sup>16</sup> Ovim načinom fotonaponski moduli se razdvajaju na tri glavne komponente: metal, staklo i silicijumske pločice (vafer). Metal i staklo se recikliraju kroz postojeću infrastrukturu za recikliranje, a netaknuti vaferi se mogu koristiti za izradu novih solarnih čelija. Ovim procesom se može povratiti više od 85% ukupne mase modula, čistoće komponenti od 6N<sup>17</sup> Povrat stakla iznosi više od 90%, a poluprovodničkog materijala koji se može koristiti za izradu novih proizvoda nakon ponovnog topljenja oko 95% (deo solarnih čelija koje su neupotrebljive).

U zavisnosti od stanja panela moguć je povrat i do 98% neoštećenih solarnih čelija - vafera ukoliko su debljine veće od 200 mikrometara.

Efikasnost recikliranih silicijumskih monikristalnih vafera je, prema provedenim istraživanjima do sada, slična ili ista originalnim. Efikasnost je između 15 i 16,4%, a kod recikliranih polikristalnih silicijumskih čelija od 12,7 do 15,9%.

---

<sup>16</sup> Bombach, E; Wambach, K.; Muller, A.; Rover, I.; "Recycling of solar cells and modules - recent improvements"; 20<sup>th</sup>. European Photovoltaic Solar Energy Conference. Barcelona, Spain 2005.

<sup>17</sup> Maseni deo od 99,999 čiste komponente.

Prema rezultatima istraživanja koje je provela kompanija Deutsche Solar AG, kod recikliranih solarnih čelija iz modula instaliranih u Nemačkoj 1983. godine izmerena je efikasnost od 14% u odnosu na originalnih od 8% zahvaljujući savremenijoj tehnologiji proizvodnje.<sup>18</sup>

Isto istraživanje obuhvatilo je i procenu efikasnosti procesa u okolinskom i ekonomskom smislu. Pokazalo se da je vreme povrata uložene energije u proizvodnju (EPBT) u slučaju recikliranja na pomenuti način značajno kraće, a cena skoro dvostruko niža u odnosu na novo proizvedene solarne module uz gotovo jednaku efikasnost.

*Tabela 3. Procena potrošnje energije za proizvodnju solarnih modula uz upotrebu novih i recikliranih solarnih čelija prema istraživanju Deutsche Solar AG<sup>19</sup>*

	<b>Moduli sa novim čelijama</b>	<b>Moduli sa recikliranim čelijama</b>	<b>Merna jedinica</b>
Proizvodnja silicijumskog vafera	306	0	kWh
Proces recikliranja	0	92	kWh
Obrada vafera	49	49	kWh
Sklapanje modula	45	45	kWh
<b>Ukupno</b>	<b>400</b>	<b>186</b>	kWh
Proizvedena energija	120	120	kWh / godišnje
Vreme povrata uložene energije (EPBT)	3,3	1,6	godina

Ako se uzme u obzir da se fotonaponski moduli masovnije koriste od devedesetih godina, znači već više od 25 godina, vrlo brzo se može očekivati brz rast broja dotrajalih modula. Verovatno najveća prepreka recikliranju bila je nedovoljno razvijena infrastruktura koja bi se trebala sastojati od dve važne komponente: mreže za prikupljanje i transport iskorišćenih modula, i većih centara za njihovo recikliranje.

<sup>18</sup> Weadock, Nick; *WaterShed Project At The University of Maryland*, 2011, p.37.

<sup>19</sup> Ibid, p. 39.

Prikupljanje istrošenih fotonaponskih modula u evropskim zemljama rešeno je pomoću udruženja PV Cycle koje finansiraju proizvođači i uvoznici fotonaponskih modula u Evropi, a ima za cilj organizirati mrežu za slanje i preuzimanje fotonaponskih modula te popularizirati potrebu za njihovim recikliranjem, kako bi solarne elektrane zaista bile izvor čiste energije. Od pokretanja 2007. godine broj članova je s 27 porastao na više od 250 u 2014., a od 2010 do 2015 godine prikupljeno je skoro 11.000 tona istrošenih modula.

PV Cycle prikuplja istrošene fotonaponske module u svim zemljama Europske unije i zemljama članicama EFTA-e - Švajcarskoj, Islandu, Norveškoj i Lihtenštajnu. Logično, najveći broj iskorišćenih modula dolazi iz vodećih zemalja na području solarnih tehnologija poput Nemačke, Španije i Italije. Nakon prikupljanja moduli se isporučuju kompanijama koje se bave recikliranjem, a s kojima je PV cycle u partnerstvu.

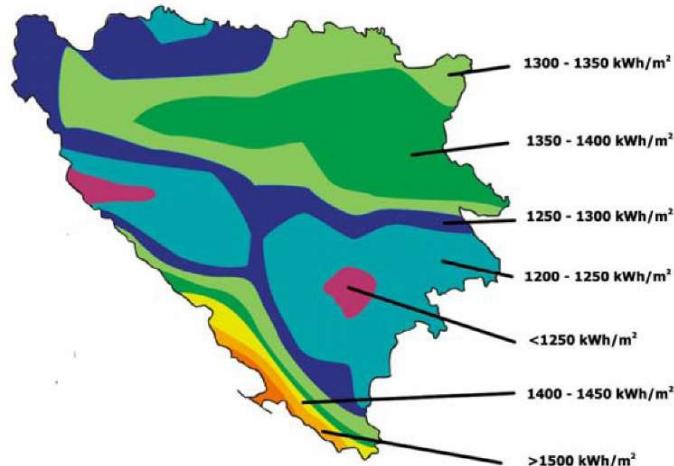
## **2.8. Solarna energija u BiH i FBiH**

Jedan od obnovljivih izvora energije (OIE) koji imaju značaj za BiH i FBiH je solarna energija. Tehnologija za primenu ovog izvora energije odavno je poznata i u upotrebi na komercijalnoj osnovi širom sveta. U Bosni i Hercegovini se solarna energija za proizvodnju električne energije trenutno koristi u veoma malom obimu, do nedavno bez značajnog državnog ili entitetskog planiranja i programa podsticaja. Neki od razloga za to su bili:

- cena izgradnje energetskih sistema koji koriste solarne fotonaponske ćelije je znatno viša nego za konvencionalne tehnologije koje koriste fosilna goriva,
- ne postojanje politike podsticaja za proizvodnju energije iz obnovljivih izvora,
- nepostojanje državnog / entitetskog programa razvoja obnovljivih izvora energije, niti energetske strategije koja bi promovisala obnovljive izvore energije,
- nizak nivo istraživanja potencijala obnovljivih izvora energije
- manjkavost ili potpuni nedostatak aktuelnih i kvalitetnih statističkih podataka o potrošnji energije, i raspoloživim resursima, koji su neophodni za planiranje
- različite zakonske, političke, i interesne barijere ozbilnjijem investiranju u energetske sisteme zasnovane na obnovljivim izvorima energije.
- nedostatak zainteresiranosti potencijalnih investitora zbog svega gore navedenog.

Svi prethodno navedeni razlozi doveli su do toga da u ovom trenutku u BiH postoji mali broj energetskih sistema zasnovanih solarnim fotonaponskim ćelijama.

Tehnički potencijal solarne energije u BiH procenjen je na oko 190,36 TWh što je više od šest puta od ukupno bilansirane potrošnje primarne energije u BiH.<sup>20</sup> Sa solarnom radijacijom od 1.250 kWh/m<sup>2</sup> godišnje na severu zemlje, i 1.600 kWh/m<sup>2</sup> godišnje u nekim područjima na jugu, uslovi za korišćenje solarne energije u BiH smatraju se povoljnimi. Godišnji prosek *dnevne solarne radijacije* varira od 3,2 do 4,2 kWh/m<sup>2</sup>.

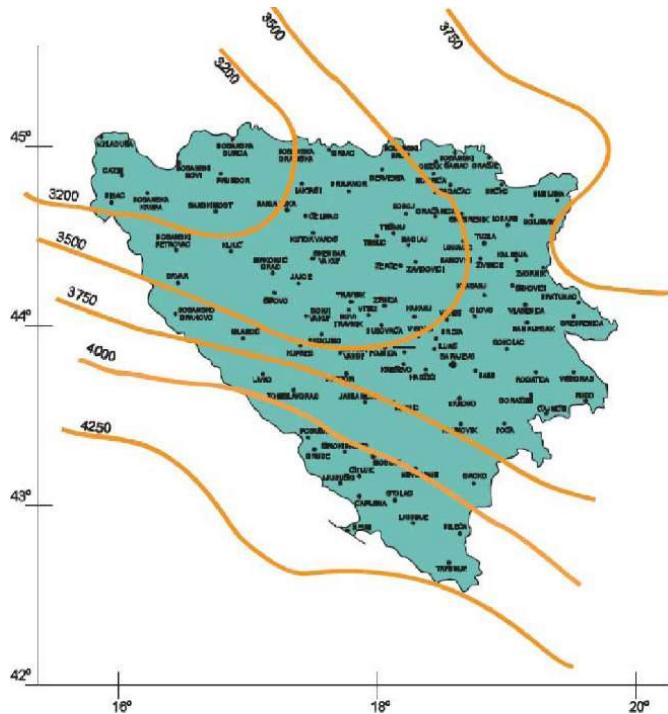


*Slika 22: Prosečna godišnja suma zračenja sunca na horizontalnu površinu*

Jedan od retkih projekata istraživanja u BiH, kojeg je 2008. godine finansirala Vlada Španije,<sup>21</sup> utvrdio je područja u BiH gde je moguće koristiti solarnu energiju. Projektom je obuhvaćena i analiza postojeće ponude solarne termičke i fotonaponske tehnologije u BiH, analiza institucionalnog, regulatornog i zakonskog okvira i mogućih instrumenata finansijske podrške. Dokument sadrži i predlog strateških smernica za razvoj solarne energije, instaliranja pilot projekata solarne topotne i fotonaponske energije i izrade edukativnog programa o solarnoj tehnologiji.

<sup>20</sup> Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Official Journal of the European Union, 5.6.2009.

<sup>21</sup> Studija mogućnosti korištenja i promocije razvoja izvora solarne energije u BiH



Slika 23: Izoterme prosečnog godišnjeg globalnog dnevnog zračenja  $\text{Wh}/\text{m}^2$

### 2.8.1. Trenutna iskorišćenost solarne energije

I pored činjenice da BiH pripada zemljama Evrope sa značajnom solarnom radijacijom koja se na godišnjem nivou kreće u od  $1250 \text{ kWh}/\text{m}^2$  na severu zemlje do  $1600 \text{ kWh}/\text{m}^2$  na jugu, korišćenje sunčeve energije u ovom području ne može se smatrati značajnom. Ukupno instalisana snaga 34 pogona fotonaponskih (PV) sistema za proizvodnju električne energije u BiH procenjuje se na 2,54 MW, projektovane godišnje proizvodnje od oko 3,39 GWh električne energije.<sup>22</sup>

(Akcioni plan Federacije BiH za korištenje obnovljivih izvora energije – APOEF<sup>23</sup> navodi podatak o trenutnoj proizvodnji električne energije u fotonaponskim instalacijama od 3,9 MW i proizvodnji 5,85 MWh električne energije ne navodeći izvor podataka.) Podatke o autonomnim fotonaponskim instalacijama korišćenim za sopstvene potrebe nije moguće utvrditi ali obzirom na veliki pad cena instalacija, prije svega solarnih panela moguće je da je instalisana snaga makar jednaka prethodnom podatku ili i veća.

<sup>22</sup> Prema izvještaju Operatora za OIEiEK-a o kvalifikovanim proizvođačima PV električne energije 27.2.2015.

<sup>23</sup> Akcioni plan Federacije BiH za korištenje obnovljivih izvora energije (APOEF), Federacija Bosne i Hercegovine, Federalno Ministarstvo energije, rудarstva i industrije, 2014

Povećanje proizvodnje električne energije pomoću PV sistema u poslednje tri godine (od 2012. godine) sigurna je posledica mera novčanih podsticaja koje je utvrdila Vlada, odnosno Ministarstvo energetike FBiH, ali i pada cene opreme, što je u skladu sa sličnim iskustvima u svetu.

### **2.8.2. Planovi, razvoj i podsticaji u oblasti iskorišćenja solarne energije**

Prema Akcionom planu Federalnog ministarstva energetike (APOEF) solarna energija je vid OE koji je ekološki najprihvatljiviji, ali trenutno zbog skupe tehnologije proizvodnje zahteva najveće podsticajne mere. Navodi se i da je za Federaciju BiH je poželjna izgradnja mikro solarnih elektrana, čime se omogućuje plasman proizvedene električne energije potrošačima u neposrednoj blizini, što u određenoj meri doprinosi razvoju privrede i lokalne zajednice, kao i razvoju ruralnih i izdvojenih područja. Usprkos povoljnem potencijalu malo je verovatno da će biti ulaganja u postrojenja za korišćenje koncentrirane toplove solarne energije zbog velikih investicionih troškova, niti je to predviđeno kroz APOEF.

Za korišćenje solarne energije u proizvodnji električne energije predviđeno je ostvarenje prava na poticanje kvalificiranog proizvođača električne energije, i sticanje statusa privilegiranog proizvođača:

- za solarnu elektranu, instalirane snage do i uključivo 1 MW.<sup>24</sup>

*Tabela 4.: Predviđeni podsticaji za instaliranu snagu postrojenja za proizvodnju električne energije u solarnim elektranama (prema APOEF)*

<b>Godina</b>	<b>Mikro postrojenja od 0,002 do 0,023 [MW]</b>	<b>Mini postrojenja od 0,023 do 0,150 MW [MW]</b>	<b>Mala postrojenja od 0,150 do 1 MW [MW]</b>	<b>Ukupno solarna postrojenja [MW]</b>
2014	1,17	1,60	1,169	3,897
2015	1,60	2,10	1,569	5,230

<sup>24</sup> Uredba o poticanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i učinkovite kogeneracije i određivanju naknada za poticanje, Vlada Federacije BiH, 2014

2016	1,75	2,36	1,770	5,900
2017	2,40	3,20	2,400	8,000
2018	2,80	3,75	2,800	9,333
2019	2,90	3,85	2,900	9,667
2020	3,60	4,80	3,600	12,000
<b>Ukupno do 2020</b>	<b>16,20</b>	<b>21,60</b>	<b>16,20</b>	<b>54,00</b>

Bosna i Hercegovina se nalazi u grupi zemalja koje još nisu iskoristile potencijal za proizvodnju električne energije u solarnim elektranama. Kao što se može videti iz gore navedenog, podsticajne mere za proizvodnju iz novih elektrana postoje, ali samo na nivou distribucije (isporuku u mrežu na lokalnom nivou). Naime, solarne elektrane čija je nominalna snaga veća od 1MW nemaju pravo na podsticaj u BiH i ne tretiraju se kao povlašteni proizvođači električne energije, a planirani kapaciteti koji će se podsticati do 2020. godine nisu značajni sa aspekta uticaja na elektroenergetski sistem BiH. Prema podacima Operatera za obnovljive izvore energije i učinkovitu kogeneraciju (OIEiEK) status privilegovanih (povlašćenih) proizvođača električne energije do 31.12.2015. steklo je sedamnaest fizičkih i pravnih lica vlasnika 18 postrojenja solarnih elektrana instalirane snage od 8 do 165,50 kW sa ostvarenom ukupnom proizvodnjom od 1.652 MWh tokom 2014. godine. Ukupni iznos podsticaja koji je isplatio Operater za OIEiEK je 1.092.126 KM.<sup>25</sup>

*Tabela 5: Rekapitulacija podataka o ostvarenoj proizvodnji i isplaćenim podsticajima povlašćenih proizvođača električne energije u SE u 2014. godini.*

Prosečna instalisana snaga postrojenja [kW]	68,30
Broj postrojenja SE	18
Ukupna instalisana snaga [kW]	1.230
Planirana godišnja proizvodnja	1.732.706

<sup>25</sup> Ukupan prihod koji su ostvarili vlasnici - privilegovani proizvođači je zbir iznosa poticaja i iznosa otkupljene električne energije po referentnim cijenama (od 01.01. do 31.08 0,0810872 KM/kWh, a od 01.09. do 31.12. 0,105696 KM/kWh), odnosno 1.236.494 KM.

prema instaliranoj snazi [kWh]	
Ostvarena proizvodnja u 2014.g. [kWh]	1.652.161
Ukupno dinamičke kvote za MHE 2014 [kWh]	5.845.000
Indeks ostvarene / planirane proizvodnje	0,283
Ukupno isplaćeni podsticaji za 2014 (u KM)	1.092.126

Iz pokazanih podataka vidljivo je da je ostvarena proizvodnja u SE tokom 2014. godine oko 95,40 % ukupne instalirane snage. (Ostvareni faktor kapaciteta je 15,34%).

Indikativan je podatak o indeksu ostvarene i planirane proizvodnje prema dinamičkim kvotama od samo 28,30%. Verovatan razlog je kašnjenje sa završetkom izgradnje planiranih 227 postrojenja sa trenutnim statusom *u izgradnji*, a moguće je i da su neki investitori odustali od projekata, zbog sniženja iznosa podsticaja za novoizgrađena postrojenja SE.

*Tabela 6: Zbirni podaci za postrojenja SE trenutno u izgradnji (prema podacima Operatera za OIEiUK)*

	Broj postrojenja SE	Instalirana snaga [MW]	Planirana proizvodnja prema instaliranoj snazi [MWh]
Mikro postrojenja od 0,002 do 0,023 [MW]	62	0,99	1.190
Mini postrojenja od 0,023 do 0,150 [MW]	150	18,4	26.192
Mala postrojenja od 0,150 do 1 [MW]	12	10,96	14.846
Velika postrojenja veća od 1 [MW]	3	9	13.326
<b>Ukupno</b>	<b>227</b>	<b>39</b>	<b>55,50</b>

### **GLAVA III. SOLARNI IZVORI ENERGIJE U FUNKCIJI ODRŽIVOG RAZVOJA**

U fokusu ovog dela rada je solarna energija kao vid obnovljivog izvora energije. Posmatrano kroz istoriju, društvo je uvek imalo problem sa posledicama koje je neracionalna upotreba resursa ostavljala za sobom. Iz tog razloga, i na ovom stepenu razvoja civilizacije, neophodno je da izvori obnovljive energije dobiju širu primenu, jer se rezerve neobnovljivih izvora masovno iscrpljuju, dok stepen zagađenja dostiže nesagledive razmere. Obnovljivi izvori nisu novost, zabeležena je njihova upotreba u najranijim fazama razvoja ljudskog društva, mahom se odnosila na upotrebu Sunčeve energije. Današnja moderna tehnologija i razvoj omogućavaju višestruku upotrebu solarnih izvora. Podsticanje većeg korišćenja obnovljivih izvora energije je aktuelno pitanje u svim razvijenim zemljama, a razlozi su brojni - od ekonomskih do onih koji se tiču smanjenja efekta staklene bašte. Međutim, preduslov je osnovna promena u svesti ljudi. Čovek je neraskidivi deo prirode, svakapromena i neravnoteža u njoj, direktno utiču ne samo na njegov život već i na opstanak života na Planeti, uopšte.

Čovečanstvo je, sudeći prema zvaničnim izveštajima svih važnih institucija ekološkog profila, početak XXI veka dočekalo sa problemima egzistencijalne prirode, koji imaju rastući trend. Nedostatak hrane, vode, siromaštvo, zagađenje svih raspoloživih ekosistema, znaci su za zabrinutost globalnih razmara i odgovoran pristup problemima u životnoj sredini. Zapravo, čovečanstvo se suočava sa egzistencijalnom pretnjom od potrošnje prirodnih resursa populacije koja se neprestano povećava.

Obnovljivi izvori energije predstavljaju neiscrpne izvore energije iz prirode, koji se obnavljaju u određenom vremenskom intervalu, u celosti ili delimično. Oni se eksploratišu sa ciljem proizvodnje električne, topotne i mehaničke energije, a njihova održiva karakteristika je neškodljivost po okolinu, sa smanjenom ili redukovanim emisijom CO<sub>2</sub>. Razvoj obnovljivih izvora energije (energija Sunca, vetra, hidroenergija, geotermalna energija, energija biomase) važan je iz više razloga: povećanje udela obnovljivih izvora energije, pored redukcije emisije gasova koji pogoršavaju efekat staklene bašte, povećava energetsku održivost. Takođe pomaže u poboljšavanju sigurnosti kontinuiteta energije, na način da smanjuje zavisnost od uvoza energetskih sirovina i električne energije. Očekuje se da će obnovljivi izvori energije postati ekonomski konkurentni konvencionalnim izvorima energije u dugom vremenskom periodu. Neki od izvora, kao što su energija vетра, male hidrocentrale, energija iz biomase i solarna energija, već su ekonomski konkurentni. Ostale tehnologije su zavisne od potražnje na tržištu a većina zahteva visoka početna ulaganja, što utiče na konkurenčnost i brzinu uvođenja novih tehnologija. Proces prihvatanja novih tehnologija je spor, pri čemu je glavni problem zinstalaciju

novih postrojenja početna cena, što podiže cenu dobijene energije u prvih nekoliko godina do visine potpune neisplativosti u odnosu na ostale komercijalno dostupne izvore energije. Međutim, koristi od korišćenja obnovljivih izvora energije, dugoročno, premašuju troškove potrebne za instalaciju, pa se očekuje značajno povećanje učešća u energetskom bilansu, samim tim što se nameću kao prirodan odgovor na postojeće i nadolazeće klimatske probleme.

Cilj ovog dela rada je utvrđivanje značaja solarne energije u procesu realizovanja strategije održivog razvoja, smanjenju emisije gasova staklene baštne i redukovaniju klimatskih promena.

### **3.1. ZAGAĐENJE ŽIVOTNE SREDINE I KONCEPT ODRŽIVOSTI**

Elementarne nepogode koje pogađaju svet razlikuju se po vrsti i ntezitetu, ali je izvesno da su sve češće i sve jače, kao i da pripadaju istoj kategoriji - klimatskim promenama. Preoblikovanje fizičkih sistema Zemlje, što se odnosi na klimu, hemijski sastav i živi svet, toliko je dramatično da su naučnici, sadašnjoj epohi dali naziv antropocen epoha u kojoj ljudi preko ogromnog uticaja svetske privrede izazivaju velike poremećaje fizičkih i bioloških sistema na Zemlji.<sup>26</sup> Vođene željom za profitom, pojedine kompanije zauzimaju stav koji nije koherentan sa osnovnim postulatima kojima se priroda i ekosistemi štite od posledica ljudskih aktivnosti. Globalni trend, kao i zakonodavstvo koje ga prati, ne dozvoljava takve mogućnosti, a pažljivom analizom dolazi se do zaključka da poslovanje odgovorno prema prirodi donosi profit jer se minimiziraju troškovi koji nastaju otklanjanjem štete nastale neodgovornim poslovanjem. Zapravo, postoje predrasude u pogledu ocene da zaštita životne sredine usporava i onemogućava privredni rast. Istraživanja na osnovu iskustava najrazvijenijih zemalja kao i zemalja u razvoju, poslednjih decenija, pokazala su upravo suprotno. Tzv. „eksterni troškovi”, koji nastaju kao posledica aktivnosti zagadivanja, kao i iscrpljivanje resursa i narušavanje ljudskog zdravlja, počinju da prevazilaze koristi koje

---

<sup>26</sup> Saks, Dž. D. (2014). *Doba održivog razvoja*, Beograd, CIRSD, str.137.

donosi dalji rast, pa se kapital sve više ulaže u zaštitu okoline, štednju energije i ostalih resursa kao i razvoj tehnologija neškodljivih po okolinu, što otvara mogućnosti za otvaranje i novih radnih mesta.

Činjenica je da sada društvo teži zašti i unapređenju čovekove životne sredine, ali se i pored toga, često nailazi na teškoće. Većina teškoća, otpora i nepoželjnog delovanja, proističe iz nedovoljnog ekološkog načina mišljenja i nepoznavanja zakonitosti koje vladaju u živoj i neživoj prirodi, što pokazuje da je društvo suočeno sa stvarnošću iz koje proizilazi da je najaktivniji deo članova društva ekološki nedovoljno obrazovan i pored napora da se ti nedostatci otklone. Ekološki način mišljenja znači, da je u prirodi sve povezano i da je i sam čovek i njegovo društvo, na vrlo specifičan i složen način povezan sa svim predmetima i zbivanjima u spoljašnjoj sredini; da od te spoljašnje sredine bitno zavisi i na nju snažno utiče, menjajući je u pozitivnom i negativnom pravcu.<sup>27</sup> Istovremeno, brojni autori i stručnjaci za klimatske promene uglavnom se slažu da se razmera i brzina globalnog zagrevanja ne mogu sa sigurnošću odrediti; konsekvence za društvo i privredu su takođe nedovoljno jasne, fenomen je kompleksan, sa različitim uzrocima, efektima i mehanizmima prevencije, dok je najveći broj predloženih rešenja u suprotnosti sa individualnim interesima pojedinaca.<sup>28</sup> Praksa najrazvijenijih zemalja pokazuje da se održivi razvoj podstiče fiskalnim merama na lokalnom nivou koje su usmerene na sprečavanje zagađenja i preteranu eksploraciju, odnosno očuvanje prirodnih resursa. Ne treba zaboraviti da je upravo enormna ljudska aktivnost osnovni generišući faktor zagađenja, kao i da je kontaminacija životne sredine povezana sa promenom klime, koji dovode do narušavanja ekološke ravnoteže. Tako posmatrano, čovek ima glavnu ulogu kao uzročnik problema, da bi, na kraju, postao subjekt koji trpi posledice zbog lančanih ekoloških promena koje je sam inicirao.<sup>29</sup> Suštinu koncepta održivog razvoja predstavlja interakcija i međusobna uslovljenošć i komplementarnost razvojne politike i politike zaštite životne sredine, sa uvažavanjem zakonitosti ekoloških

<sup>27</sup> Arsenijević, D. (1977). *Zaštita i unapređenje životne sredine*, Niš, Institut za dokumentaciju zaštite na radu, str.17.

<sup>28</sup> Damjanović, D., Gluščević, M., Grujić, M. (2010). *Racionalno korišćenje energije u funkciji razvoja lokalnih zajednica*, Beograd, Palgo centar, str.38.

<sup>29</sup> Rajić, D., (2016). *Kreativna ekologija*, Beograd, str.42.

sistema. To je „integralni ekonomski, tehnološki, socijalni i kulturni razvoj sadašnjih i budućih generacija, usklađen sa potrebama zaštite i unapređenja životne sredine”.<sup>30</sup> Potrebno je da aktivnosti na zaštiti i unapređenju životne sredine budu bazirane na elementima i smernicama primenjene ekologije, čiji su predmet proučavanja upravo aktivnosti ljudi u upravljanju prirodnim resursima, menadžment zasnovan na poznavanju bazičnih principa ekologije i načinima kojima ljudski napor mogu biti usmereni ka ostvarivanju harmonične zajednice sa živim svetom koji ga okružuje.<sup>31</sup>

### **3.2. OBNOVLJIVI IZVORI ENERGIJE**

Obnovljivi izvori energije su neiscrpni izvori energije iz prirode koji se obnavljaju u određenom vremenskom intervalu, u celosti ili delimično. Sam naziv „obnovljivi”, kao i trajni, potiče od činjenice da se energija troši u iznosu koji ne premašuje brzinu kojom se stvara u prirodi. „Čiste” energije su one vrste energije čije korišćenje ili pretvaranje u mehaničku ili električnu energiju ne narušava ni na koji način ravno- težu u prirodi, niti zagađuje prirodu i njene tokove,<sup>32</sup> sa smanjenom ili redukovanim emisijom CO<sup>2</sup> u procesu proizvodnje energije.

Današnji energetski obrasci se u potpunosti razlikuju od onih koji su do pre dva veka pratili ljudsku istoriju. Do početka XIX veka, obnovljivi izvori - snaga ljudi i životinja, drvo, energija vode i vetra - zadovoljavali su gotovo sve energetske potrebe u svetu. U današnje vreme, preko 85% energije potiče od neobnovljivih fosilnih goriva, 40% od nafte, 25% od uglja i 21% od zemnog gasa. Taj prelaz na fosilna goriva pratio je spektakularan porast

---

<sup>30</sup> Veljković, N. (2006). *Indikatori održivog razvoja i upravljanje vodnim resursima*, Beograd, Zadužbina Andrejević, str.52.

<sup>31</sup> McGraw-Hill (1974). *Encyclopedia of Environmental Science*, New York, McGraw- Hill Book Company, p.37.

<sup>32</sup> Ljubić, V. (1977). *Energija, životna sredina i naše sutra*, Beograd, Rad, str.31.

potrošnje energije. Sve do XIX veka sva društva su bila suočena sa nestašicom energije, koju je potom zamenilo obilje iste.<sup>33</sup>

Sagorevanje fosilnih goriva predstavlja najveći uzrok globalnog zagrevanja usled emisije ugljendioksida, sumpornih i azotnih jedinjenja. Prosečna termoelektrana za godinu dana potroši oko 2,5 miliona tona uglja i proizvede 8 miliona tona ugljenik(IV) oksida, 40 miliona tona sumpor(IV) oksida, 6 miliona tona prašine i pola miliona tona letećeg pepela. Iako je procenjeno da će za nekoliko decenija nestati sirove nafte i gase ukoliko se ne otkriju nova ležišta, a zalihe uglja potrajaće još dva do tri veka,<sup>34</sup> glavni izvor energije još uvek su fosilna goriva. Kako su zalihe fosilnih goriva ograničene i brzo nestaju, korišćenje neobnovljivih goriva stvorilo je sistem međuzavisnosti, pa se i države koje uvoze fosilna goriva nalaze u podređenim položajima. Iako gotovo nije moguće isključiti neobnovljive izvore energije, primena obnovljivih izvora procentualno može da smanji emisiju gasova staklene bašte i smanji stepen zagađenja uopšte, pa čak i uticaj na sistem međuzavisnosti. Danas se oko 2/3 celokupne proizvedene električne energije u svetu koristi isključivo za grejanje vode i vazduha.<sup>35</sup> Očekuje se da će u budućnosti sve veći procenat ukupne potrošnje energije upravo dolaziti iz obnovljivih izvora. Ono na čemu se danas dodatno insistira jeste sprovođenje koncepta energetske efikasnosti. Energetska efikasnost je „skup tehnika kojima se opisuje kvalitet korišćenja energije”.<sup>36</sup> Samo poboljšanje energetske efikasnosti podrazumeva smanjenje gubitaka energije bez narušavanja standarda života ili ekonomске aktivnosti i može se primeniti kako na proizvodnju tako i na potrošnju energije.

Evropska unija ima strategiju da u budućnosti sve više popularizuje upotrebu obnovljivih izvora energije, sa nizom mera kojima bi se podstakle investicije u objekte sa primenom obnovljivih izvora energije. Primena obnovljivih izvora energije zauzima važno mesto u bioekonomiji razvijenih zemalja. U cilju regulisanja upotrebe obnovljivih izvora energije, u Evropskoj uniji donete su brojne regulative koje se bave izazovima uspostavljanja

<sup>33</sup> Ponting, K. (2009). *Ekološka istorija sveta: životna sredina i propast velikih civilizacija*, Beograd, Odiseja, str.46.

<sup>34</sup> Končar-Đurđević, S. (1977). *Prečišćavanje zagađenih otpadnih gasova*, Beograd, Rad, str.18.

<sup>35</sup> Ljubić, V. (1977). *Energija, životna sredina i naše sutra*, Beograd, Rad, str. 85.

<sup>36</sup> Tomic, A. (2012). *Ekološki menadžment*, Valjevo, Valjevoprint, str.163.

bioekonomije. Direktivama 2001/77/EC o podsticanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora na međunarodnom energetskom tržištu, kao i 2003/30/EC o podsticanju upotrebe biogoriva i ostalih obnovljivih goriva za transport, Evropska unija je definisala različite tipove energije iz obnovljivih izvora. Predviđeno je da do 2020. godine udeo obnovljivih izvora energije u ukupnoj potrošnji energije iznosi 20%. Akcionim planom Republike Srbije za obnovljive izvore energije regulisano je poštovanje obaveze preuzetih ugovora o osnivanju Energetske zajednice, utvrđene su putanje za dostizanje cilja od 27% obnovljivih izvora u bruto finalnoj potrošnji Srbije 2020. godine i definisane su mere za njihovo veće korišćenje.<sup>37</sup>

### **3.3.ENERGIJA SUNCA**

Ljudi su, još od drevnih vremena, koristili toplotu Sunca za zagrevanje pojedinačnih objekata, s obzirom na to da stare kulture nisu raspolagale niti poznavale električnu energiju, nisu ni težile pretvaranju Sunčeve energije u električnu, već su je koristili za zadovoljavanje osnovnih potreba čoveka - u toploj vodi i za grejanje domova zimi.<sup>38</sup> Kako bi stvorio valjane životne uslove, čovek je morao da pravilno orijentiše mesto boravka prema Suncu. Proteklih decenija razvijene su tehnologije kojima se energija Sunca transformiše u električnu ili toplotnu energiju, i te tehnologije se danas koriste, sa značajno više angažovanja u ukupnoj proizvodnji korisne energije. U ovom trenutku, mali procenat električne energije se proizvodi korišćenjem solarne energije, premda je instalisan kapacitet fotonaponskih elektrana napravio skok sa manje od 1000MW u 2000. godini na preko 70000 MW u 2012. godini, prema podacima Evropskog udruženja fotonaponske industrije (<http://www.epia.org>). Korišćenje solarne energije samo je jedna od oblasti upotrebe obnovljivih izvora energije. Samim tim, korišćenje solarne energije odraz je i deo svetskog, globalnog procesa, važnog na polju zaštite i očuvanja životne sredine. Ovaj proces ima kako humanu tako i komercijalnu

<sup>37</sup> Milićević, D., Marković, D., Nikolić, J., Lazarević, B., Radičević, A., Grmuša, M., Radivojević, M., Jevtić, S., Brković J., (2014). *Program energetske efikasnosti za period od 2015-2018 .godine*, Kruševac, str.29.

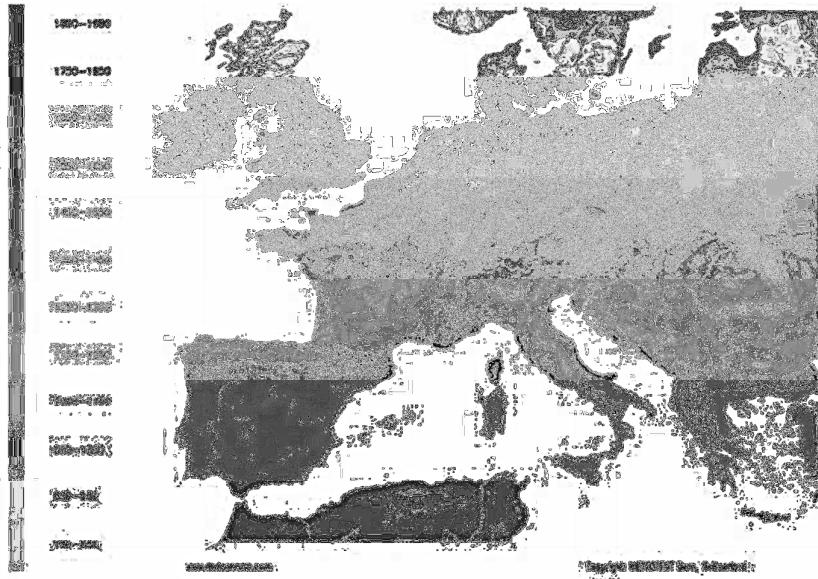
<sup>38</sup> Kosorić, V. (2008). *Ekološka kuća*, Beograd, Građevinska knjiga, str.72.

svrhu, samim tim što je deo i jedan od alata tehnološke revolucije, ali je i odraz pojačanih npora za unapređenje energetske e kasnosti i primeni koncepta održivog razvoja, na globalnom nivou. Potencijal i mogućnosti korišćenja solarne energije. Energija Sunčevog zračenja pristiže na Zemlju u kontinuitetu, dok se ona istovremeno rotira oko svoje ose i oko Sunca. Kao posledica takvog kretanja postoje varijacije – dnevne i sezonske – po pitanju snage samog zračenja. Pri tome, snaga Sunčevog zračenja, na ulazu u Zemljinu atmosferu, pri srednjoj udaljenosti od Sunca, iznosi  $13701 \text{ W/m}^2$ , dok do površine Zemlje stižu polovične vrednosti. Snaga Sunčevog zračenja na površini značajno zavisi od atmosferskih prilika, oblačnosti, itd. Za grubu procenu prosečne snage Sunčevog zračenja, na površini Zemlje, u toku jedne godine, može se uzeti vrednost od oko  $200\text{W/m}^2$ .<sup>39</sup> Smatra se da oko 30% energije koju primi Zemlja reflektuje nazad u svemir, 47 % zadrži u vidu toplote, oko 23% odlazi na proces kruženja vode u prirodi, ostatak se iskoristi tokom procesa fotosinteze. Zapravo, na putu do Zemljine površine oko 30% se direktno odbije nazad u svemir (od atmosfere 6%, 20% od oblaka i 4% od kopna), oko 19% apsorbuje se u atmosferi (3% oblaci, 16% atmosfera iznad ), dok ostatak upiju kopno i more. Iz zemlje i okeana sve se vraća nazad: zagrevanjem vazduha 7%, 23% isparavanjem vode i infracrvenim zračenjem 21%. Uz prethodne izmene u oblacima i atmosferi, Zemlju na posletku napušta 70% Sunčeve energije, infracrvenim zračenjem.<sup>40</sup> Međutim, mogućnosti primene solarnih sistema za obradu energije, ograničene su, pre svega, periodom insolacije. Insolacija je količina energije koju prima Zemlja sa sunčevim zracima. Ta ukupna energija iznosi oko 175 milijardi MW, što premašuje snagu svih izgrađenih i postojećih elektrana na Zemlji za 100.000 puta, i čak 170 puta svu energiju u ukupnim rezervama uglja u svetu, slika 24.

---

<sup>39</sup> Ferera, F., (1970). *Fizika*, Ljubljana, Mladinska knjiga, str.68.

<sup>40</sup> Lambić, M. (2002). *Solarnogrejanje*, Beograd, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, str.147.



Slika 24. Insolacija u Evropi solarna-energija)

U Srbiji su u okviru Saveznog hidrometeorološkog zavoda (SHMZ) do 1987. godine vršena merenja ovog solarnog parametra. Posle ovog vremena prestaju ove vrste merenja u Srbiji.

*Primena i modeli upotrebe solarne energije.* Aktivni solarni sistemi se, prema načinu konverzije Sunčevog zračenja mogu podeliti na dve grupe: 1) Sistemi kod kojih se energija Sunčevog zračenja direktno transformiše u električnu energiju (npr., foto- naponski sistemi), i 2) Sistemi kod kojih se Sunčeve zračenje direktno transformiše u toplotu, odnosno toplotni prijemnici Sunčeve energije.<sup>41</sup>

Direktno prikupljanje solarne energije može se vršiti preko:

1. fotonaponskih čelija za dobijanje električne energije;
2. solarnih kolektora za grejanje vode (solarna energija), i
3. ogledala za fokusiranje sunčeve svetlosti (solarne energane).

---

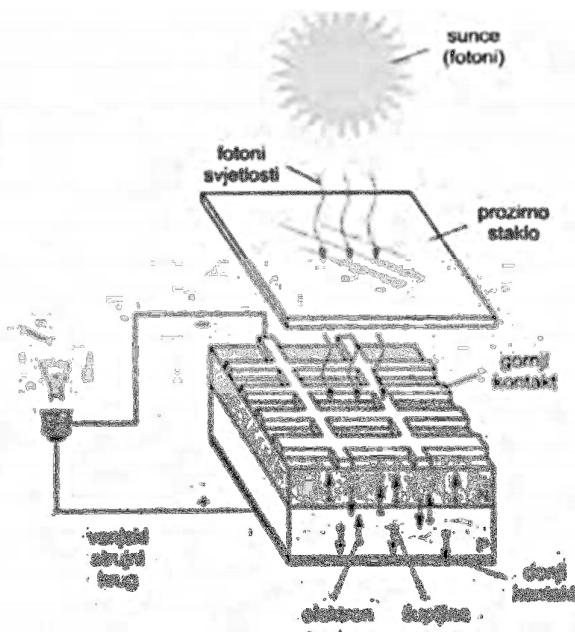
<sup>41</sup> Kosorić, V. (2007). Aktivni solarni sistemi, Beograd, Građevinska knjiga; 12(2), 21-23

*Proizvodnja električne energije.* Električna energija se proizvodi iz Sunca na dva načina: posredno, preko topotnog kružnog procesa i direktno, korišćenjem foto-efekta. Za drugi pristup postoji veći podsticaj i brže se razvija, dok za prvi važi odlika ekonomičnosti. Fotonaponsko korišćenje Sunčeve energije ima eksponencijalni rast od 40% godišnje i time predstavlja trenutno najbrže rastući izvor, što može da implicira potencijalnu opasnost poremećaja u snabdevanju osnovnih sirovina. Međutim, razvoj i pojava novih tehnologija, kao na primer tankog-filma, uz stepen delovanja od 10% i više, delimično relaksira pomenutu opasnost. Trenutno, najveći proizvođači fotonaponskih ćelija su Japan,<sup>42</sup> Evropa (Q-Cells), Kina i SAD.

Da bi se propustilo što više svetlosti, gornja strana solarne ćelije opremljena je anti-refleksnim slojem i metalnim kontaktima nalik češlju. Na ćeliji debljine 0,3-0,4mm, veličine 10x10cm po osvetljavanju, nastaje napon od oko 0,5V na spoljnim, metalnim kontaktima. Različitim vezivanjem solarnih ćelija dobijaju se različiti naponi i snage. Odnos proizvedene električne snage i snage kojom Sunce zrači na solarnu ćeliju naziva se stepen korisnog dejstva i u zavisnosti od tipa izrade iznosi 12-18%. Tipovi solarnih ćelija su: monokristalne; polikristalne i ćelije za male snage amorfног (nekristalnog) Si, slika 24. Monokristalne ćelije imaju najbolju čistoću pa je i stepen iskorišćenja procentualno veći. Napon na krajevima ćelija nije konstantan, već zavisi od količine svetlosti koja pada na ćeliju. Pored toga, na napon utiču promena temperature okoline, kao i same ćelije. Sa povećanjem temperature napon opada i obratno. U neopterećenom stanju solarne ćelije, podešava se napon praznog hoda UL, a u Maximum Power Point stanju (MPP) dobija se napon ćelije UMPP. Snaga solarne ćelije dobija se proizvodom napona ćelije UMPP i struje solarne ćelije IMPP i izražava se jedinicom Wp (Watt/ peak maksimalna snaga) (<http://obnovljiviizvorenergije.rs/energija-sunca/fotovoltaik/>).

---

<sup>42</sup> Šimić, Z., Šljivac, D. (2009). *Obnovljivi izvori energije - najvažnije vrste, potencijal i tehnologija*, Zagreb, str.26.



**Slika 25 . Struktura kristalne solarne čelije<sup>43</sup>**

Teorijsko iskorišćavanje Sunčeve svetlosti za proizvodnju električne energije u fotonaponskoj čeliji sa jednim p-n slojem, ograničeno je energijom praga kristala kao i nizom efekata u kojima dolazi do gubitka energije. Konkretno, od teorijskog maksimuma za silicijum, koji iznosi 28%, u laboratoriji na 0°C, ostvaruje se 25%.

*Solarna energija.* Korišćenje solarne energije manifestacija je odgovornog ponašanja i brige za životnu okolinu, čime se održava i poboljšava i kvalitet života. Energija Sunca obezbeđuje nesmetan razvoj i postojanje života uopšte, ali i nalazišta uglja, nafte i prirodnog gasa koji su nastajali tokom milion godina; ona omogućava i vodenu energiju jezera i reka, koja kontinuirano primaju vodu iz oblaka, a koja se kasnije sekundarno koristi za stvaranje toplote i elektriciteta; primarni je input solarnih kolektora. Energija Sunca poželjna je za korišćenje jer ne zagađuje okoliš, ukoliko je atmosfera bez oštećenja, nema zračenja i ne

---

<sup>43</sup> Šimić, Z., Šljivac, D. (2009). *Obnovljivi izvori energije - najvažnije vrste, potencijal i tehnologija*, Zagreb, str.43

uzrokuje nesreće, a nije zanemarljivo ni to što je prisutna u neograničenim količinama. Solarna energija se manifestuje u vidu svetlosti i toploće. Upotreba solarne energije je višestruko poželjna, što iz razloga jer je u pitanju čist i pouzdan izvor energije, to i iz ekonomskih razloga, usled rasta cena fosilnih goriva, ali i zbog potrebe jačanja svesti o očuvanju životne sredine.

Solarni kolektor konstruiše se i postavlja sa namenom da što efikasnije pretvori sunčevu svetlost u toplotnu energiju. Osnova kolektora jeste crni apsorber koji se greje tokom vremena izlaganja Suncu. Sastoji se od sistema cevi, kojima se odvodi stvorena toplota. Međutim, s obzirom da nije moguće svu toplotu odvesti putem odgovarajućih medija, nastaju toplotni gubici: a) toplotnim strujanjem ili konvekcijom; b) provođenjem toplotne ili c) isijavanjem toplotne. Minimiziranje toplotnih gubitaka obezbeđuje se postavljanjem određene toplotne izolacije.

Na primer, na prednjoj strani kolektora bi to bio transparentni pokrov, sa zadnje strane toplotna izolacija, a takođe i vakum može biti toplotni izolator, slika 26.



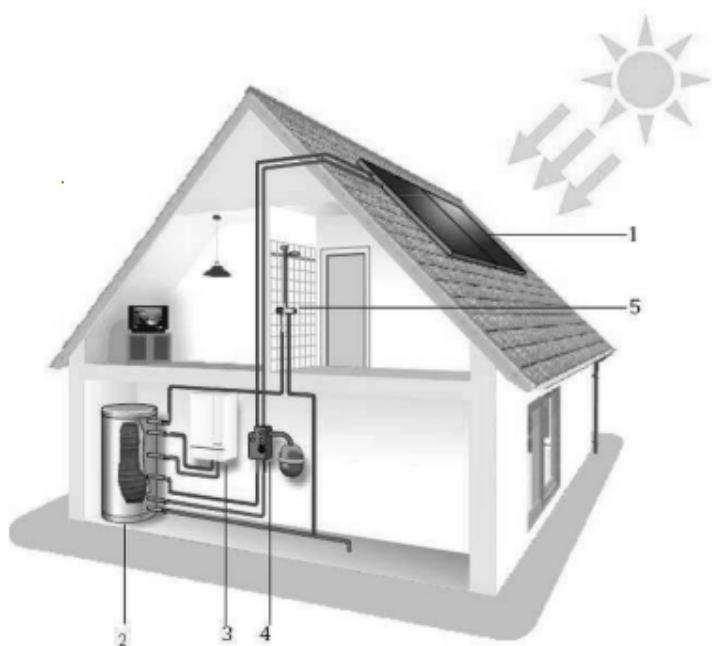
**Slika 26.** Solarni kolektori.

Primena u stambenim objektima. Građevinarstvo, u uslovima održivog razvoja ima izuzetan značaj, s obzirom da zgrade predstavljaju velike potrošače energije, sa prosečnim učešćem od oko 50% ukupne potrošnje energije u svetu. Održivo građevinarstvo, tj. arhitektura je pokret koji teži da stvori energetski i kasne zgrade, prijateljski naklonjene prema okruženju, ali i i kasno upravljanje prirodnim resursima. To podrazumeva pasivne i aktivne principe korišćenja solarne energije, ali i upotrebu ekološki ispravnih materijala.<sup>44</sup> U stambenim objektima koriste se dva tipa solarno topotnih energetskih sistema (tzv. kombi sistemi): koji se koriste isključivo za zagrevanje vode i koji uz to obezbeđuju i grejanje. Solarno topotni energetski sistemi za zagrevanje vode dizajnirani su tako da u toplijem delu godine funkcionišu samo u cilju zagrevanja vode, dok u hladnjim mesecima toplu vodu obezbeđuju bojleri koji rade na neki drugi pogonna su, gas ili drvo, dok je tokom sunčanih dana solarni topotni energetski sistem aktivan. Faktički, 60% potrebne tople vode se godišnje može pokriti solarnim topotnim energetskim sistemima. Kod solarnih kombi sistema kolektori imaju veću površinu i pomažu u grejanju zgrada tokom jesenjih i prolećnih meseci. Solarna energija, na taj način, može da obezbedi 10 do 30% ukupne energetske potrebe zgrade, u zavisnosti od toga koliko je dobro izolovana i koliki je zahtevani stepen zagrevanja. Postoje i specijalne solarne kuće koje dobijaju 50 do 100% ukupnog grejanja od solarne topotne energije. Solarno topotni energetski sistem za zagrevanje vode u kući (slika 4) podrazumeva:

1. kolektor;
2. solarni rezervoar;
3. bojler;
4. solarnu stanicu;
5. potrošača tople vode (npr. tuš).

---

<sup>44</sup> Kosorić, V. (2008). *Ekološka kuća*, Beograd, Građevinska knjiga, str.109.



Slika 27. Sistem zagrevanja vode u kući (<http://obnovljiviizvorenergije.rs/energijasunca/solarnaenergija/>)

Kolektor za niske temperature sastoji se od apsorbera koji nije izolovan i nije pokriven, a materijali koji se uglavnom koriste su veštački (npr. EPDM-ethylene propylene diene terpolymer). Uobičajeno je da se koristi za grejanje bazena. Odgovarajućim povećanjem površine kolektora kao i povećanjem zapremine spremnika, u letnjem periodu naročito, moguće je pokriti potrebe za toplom vodom u celini, što sledstveno dovodi i do stvaranja viška energije. Kada je u pitanju solarno grejanje vode sa podrškom grejanju, postoje razne instalacione varijante, što je opet uslovljeno presudnim faktorima na konkretnom području i objektu.<sup>45</sup> Takozvana pasivna solarna energija može da odigra značajnu ulogu u smanjenju potrošnje električne energije u privatnim i javnim zgradama, iz razloga što njihova arhitektura uzima u obzir kretanja toplote, tako da same zgrade postaju sakupljači solarne

---

<sup>45</sup> Kosorić, V. (2007). *Aktivni solarni sistemi*, Beograd, Građevinska knjiga; 12(2), 21-23

energije, upijači toplove i sistemi za distribuciju toplove. Pasivni solarni projekti mogu značajno da smanje potražnju energije u zgradama; u određenim slučajevima, u kombinaciji sa solarnim fotonaponskim pločama, rezultat može biti i zgrada sa nultom potražnjom energije.<sup>46</sup> Određeni projekti podrazumevaju primenu Sunčeve energije za procese hlađenja. Kompletna funkcionalnost podrazumeva kombinovana rešenja sa bojlerima koji rade na biomasu. Solarno hlađenje radi tako da zamenjuje kompresor, koji se pokreće električnom energijom a koristi medijum za preuzimanje toplove sa vrlo niskom tačkom ključanja, ispod 0°C. Takav uređaj sastoji se od: bojlera, kondenzatora, isparivača i apsorbera. Moguće je koristiti amonijak, pod pritiskom, tako da tečnost bude na sobnoj temperaturi, a potrebni su još voda i vodonik. U procesu razmatranja su i rešenja koja podrazumevaju litijum-bromid i vodu. Hlađenje bez korišćenja mehaničke energije nije nova ideja, poznata je još sa početka prošlog veka kada se intenzivno koristilo obzirom na nedostupnost električne energije. Nije zanemarljiv podatak da jedan takav, prosečan sistem u domaćinstvu smanjuje emisiju CO<sub>2</sub> za približno 350 kg godišnje. Sunce svakog sata emituje energiju koju, po količini, potroši celokupno stanovništvo na Zemlji za godinu dana. Solarne energane. Solarne termalne energane su izvori električne struje dobijene pretvaranjem Sunčeve energije u toplostnu. Pošto nemaju štetnih produkata prilikom proizvodnje električne energije, a kasnost im je velika (20 do 40%), predviđa se njihova široka upotreba. S obzirom da je količina energije koja pada na površinu zemlje izuzetno velika, izgradnjom takvih elektrana, na sunčanim područjima, energijom bi se moglo snabdevati veliki broj potrošača. Termoelektrane koje koriste Sunčevu energiju suštinski se ne razlikuju od ostalih termoelektrana u delu koji se tiče pretvaranja toplostne energije u električnu. Uvek se primenjuje desnokretni toplostni kružni proces koji preko turbine ili nekog drugog toplostnog mehanizma, pretvara toplostnu energiju i mehaničku i električnu preko generatora.

Treba pomenuti da su monitoring i kontrola rada solarnih energana od izuzetne važnosti prilikom korišćenja ovih sistema za proizvodnju električne energije. Monitoring solarnih elektrana se može podeliti prema načinu očitavanja podataka, prema delu opreme nad kojom

---

<sup>46</sup> Gor, A. (2010). Našizbor, Beograd, Geopoetika

se vrši monitoring. Monitoring solarnih energana prema načinu očitavanja podataka može se posmatrati kao: lokalni monitoring, monitoring udaljenih elektrana i prenos podataka ka centrima za posmatranje i upravljanje radom solarnih elektrana (daljinski monitoring). S obzirom da bilo koji deo opreme solarne elektrane može biti predmet monitoringa, razlikuju se: monitoring solarnih panela, monitoring invertora, monitoring baterije, monitoring rada kontrolera punjenja i pražnjenja baterije.<sup>47</sup>

Generalno, postoje tri različita rešenja solarnih termoelektrana: parabolični kolektor, solarni toranj i parabolični tanjur. Zajednička karakteristika sva tri tipa jeste da direktno koriste Sunčevu energiju ali i za potpunu efikasnost potrebno je da isprate kretanje Sunca. Pored navedenih primera, treba pomenuti i solarni dimnjak koji se bazira na solarnim kolektorima i zračnim turboagregatima. U tom smislu, postoje eksperimentalna rešenja, ali se do sada pokazalo da imaju manji potencijal od solarnih termoelektrana (oko  $200\text{m}^2$  za proizvodnju 1 kWe) (<http://obnovljiviizvo-rienergije.rs/energija-sunca/solarna-energija/>).

*Tehnički potencijal solarne energije u Srbiji.* Broj časova Sunčevog zračenja na teritoriji Srbije iznosi između 1.500 i 2.200 časova godišnje. Prosečan intenzitet sunčevog zračenja je od  $1,1 \text{ kWh/m}^2/\text{dan}$  na severu do  $1,7 \text{ kWh/m}^2/\text{dan}$  na jugu - tokom Januara, a od 5,9 do  $6,6 \text{ kWh/m}^2/\text{dan}$  - tokom Jula. Prosečna vrednost energije zračenja iznosi od  $1.200 \text{ kWh/m}^2/\text{godišnje}$  u severozapadnoj Srbiji, do  $1.550 \text{ kWh/m}^2/\text{godišnje}$  u jugoistočnoj Srbiji, dok u centralnom delu iznosi oko  $1.400 \text{ kWh/m}^2/\text{godišnje}$  (slika 27).

---

<sup>47</sup> Omerović, T., (2016). *Solarne elektrane: Oprema za monitoring solarne elektrane i pripadajućeg električnog postrojenja*, Sarajevo, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Sarajevu, str.58.



Slika 27. Prosečna godišnja osunčanost u Srbiji  
(<http://www.solarisenergy.co.rs/solarnaenergija-u-srbiji/>)

Srbija ima znatno veći broj časova Sunčevog zračenja nego većina evropskih zemalja, a najbolji uslovi su u jugoistočnom delu naše zemlje. Mobilne solarne jedinice su veoma pogodne za primenu u čistim energetskim tehnologijama pri čemu je u poslednjoj deceniji u svetskim okvirima, kao i u Srbiji, svoju primenu pre svega doživele u poljoprivredi, u njenim najznačajnijim granama, kao što su ratarstvo i stočarstvo. Poseban značaj ove napojne jedinice i agregati imaju na lokacijama na kojima nije dostupno mrežno napajanje, a postoji potreba za navodnjavanjem u slučajevima sušnih perioda, ili u slučajevima organske proizvodnje hrane, kada je potrebno obezbediti zadovoljavanje najstrožijih ekoloških standarda.<sup>48</sup> Na priloženoj mapi (slika 27) može se uporediti prosečna godišnja osunčanost u različitim delovima Srbije. Vlada Republike Srbije prvi put je omogućila putem subvencija priliku za izgradnju solarnih elektrana u Srbiji Uredbom o podsticajnim merama za proizvodnju električne energije iz obnovljivih izvora i iz visokoefikasne kombinovane proizvodnje električne i topotne energije 2009. godine. Nakon toga, vlada je dodatno povećavala kapacitet a smanjivala subvencionisanu cenu kroz dve nove Uredbe iz 2013. i 2016. godine. Prepreke koje stoje na putu ekspanziji korišćenja solarne energije mogu se razvrstati na dve grupe. Kao prvo, rani tipovi fotonaponskih jedinica bili su osetljivi na lokalne klimatske faktore, kao što su npr. ekstremno visoke temperature, nivo vlage i peska, a sve to moglo je da umanji količinu energije koju su proizvodile. Tehnički napredak u proizvodnji otpornijih solarnih panela znači da fotonaponske jedinice mogu ostati efikasne čak i u teškim uslovima.

Kao drugo, tokom rane faze razvoja korišćenja solarne energije, troškovi proizvodnje električne energije iz solarnih panela bili su znatno viši u odnosu na druge izvore energije. Tehnička poboljšanja koja su ostvarena tokom protekle decenije, u znatnoj meri su smanjila te troškove. Ima primera gde je masovna proizvodnja fotonaponskih solarnih postrojenja za proizvodnju električne energije postala ekonomski održiva i široko se primenjuje. Na primeru SAD-a, predviđa se da će delimično rešenje problema isprekidanosti doneti završetak

---

<sup>48</sup> Despotović, Ž., Jovanović, M., Stevanović, I. (2016). *Primena mobilnih solarnih jedinica u ratarstvu i stočarstvu*, Beograd, Institut Mihajlo Pupin, Univerzitet u Beogradu, str.158.

jedinstvene inteligentne mreže za celu zemlju, jer kada se ona bude proširila na široku geografsku oblast, promene isprekidanosti na jednoj lokaciji biće nadoknадive dostupnošću Sunčeve svetlosti na nekom drugom mestu.<sup>49</sup>

U nekim zemljama postrojenja na veter i solarnu energiju već su postala konkurentna po cenama u odnosu na postrojenja koja koriste fosilna goriva, a do 2020. godine, solarna energija trebalo bi da bude jeftinija od energije dobijene od gasa na svim ključnim tržištima širom sveta, uključujući tu Kinu, Nemačku, Indiju, Rusiju, Veliku Britaniju i Sjedinjene Države, itd.

Održivi razvoj predstavlja generalno usmerenje, sa težnjom da se stvori bolji svet, kroz balansiranje socijalnih, ekonomskih i faktora zaštite životne sredine. Koncepcija održivosti, sa pratećim strategijama i rešenjima kreativnog inženjeringu zahteva, pre svega, konsenzus ljudske vrste u nameri da svoje postojanje preokrene u smeru neškodljivom po okolinu. Nastoji se da čovek prestane da smatra sebe gospodarem zemlje, kao i da izjednačuje napredak sa pobedom nad svetom koji ga okružuje, a čiji je on sastavni deo. Degradirajući čitave ekosisteme i drastično narušavajući prirodnu ravnotežu, čovek uslovjava i neposrednu budućnost čovečanstva a time i postojeće društvene odnose. To, pre svega, iziskuje promenu mišljenja a zatim i ukorenjenih navika, što je najteži deo politike menjanja. Reprogramiranje, po prirodu, štetnih navika, zahteva vreme, znanje i kontinuitet ali je svakako smer u kojem se čovečanstvo mora i treba da se kreće.

Savremeni čovek ne sme da živi u uverenju da su bogatstva prirode neiscrpna i da on u toj prirodi može da sprovodi aktivnosti, bez obzira na posledice koje proističu iz takvog ponašanja. Rastuća potreba čovečanstva za energijom jeste trend koji neće menjati pravac ni intezitet na današnjem stepenu razvoja. Nestašica iste, izazvala bi kataklizmične promene u sadašnjem načinu života i uopšte postojanja, i sasvim je izvesno da bi od svih kriza koje bi mogle da zadesu čovečanstvo, najstrašnija, imajući u vidu posledica bila, kriza energije. To bi, na osnovu postojećih saznanja o funkcionisanju sveta i svetske privrede, bila kriza koju bi

---

<sup>49</sup> Gor, A. (2010). *Naš izbor*, Beograd, Geopoetika, str.64.

u katastrofalnim razmerama istovremeno pratile: glad, hladnoća, mrak, obustavljanje saobraćaja, obustavljanje industrijske proizvodnje. Održivo korišćenje energije i drugih resursa stanovništva i privrede podrazumeva unapređenje njihove efikasnosti, čuvanje i štednju u korišćenju kao i korišćenje nezagađujućih i obnovljivih izvora energije i drugih resursa.

U tom smislu, implementacija „čistih“ energija i upotreba obnovljivih izvora jeste važan korak koji bi trebalo da preduzmu sve važne industrije, a ekološka osvešćenost nešto na čemu bi svaki pojedinac trebao da radi.

## **Glava IV. Energija u Libiji**

Evolucija ljudske upotrebe energije je napredovala tokom vremena u različitim oblicima i načinom, radi otkrivanja novih izvora energije, tako da se pojedinci još uvek nalaze u potrazi za novim izvorima energije. Postoje razni izvori energije, kao što su obnovljivi i neobnovljivi izvori, a nije čudno što je san svakog čoveka postao korišćenje obnovljivih izvora energije, jer je ima u izobilju a drugo, na taj način smanjuje korišćenje neobnovljivog izvora energije, koji polako izumire. Zbog aktuelne situacije u Libiji, svakodnevno dolazi do prekida snabdevanja sa električnom energijom u zemlji, tako da građani nisu u stanju da normalno obavljaju svoje zadatke u vidu korišćenja računara, interneta, elektronskog poslovanja i dr. Zbog toga su, libijski građani u potrazi za novim vidovima izvora energije, tj. alternativne izvore energije, kao što su solarna energija, vetar i drugo.

### **4.1. Koncept energija**

Energija se može definisati kao sposobnost da se izvede rad,<sup>50</sup> a može se definisati kao sposobnost da se obavlja određeni rad.<sup>51</sup> Takođe, energija je definisana kao sve što napravi promenu ili kretanje, druga definicija je sposobnost da se materija vezuje jedna za drugu.<sup>52</sup>

Energija je jedna od osnovnih kvantitativnih svojstava koja odražavaju stanje tela ili fizičkog sistema, što može odražavati stanje tela ili fizički poredak. U kontekstu prirodnih nauka, energija može imati različite oblike, uključujući termalnu, hemijsku, električnu, radiološku, nuklearnu, elektromagnetnu, energiju kretanja itd.<sup>53</sup> Sve vrste energije se mogu pretvoriti iz jedne forme u drugu, uz pomoć jednostavnih ili ponekad složenih instrumenata, kao što su od hemijske do električne energije pomoću baterije, ili pretvaranje toplotne energije u mehaničku energiju, ovo se nalazi u motoru sa unutrašnjim sagorevanjem, ili pretvaranje solarne energije, u električnu energiju i tako dalje.

---

<sup>50</sup> Evin Robert(2011), Punjač naša budućnost sa energijom, Pristup održivoj energiji, prevod: Faisal Hardan, Almatbaah Alarabija, Amman.

<sup>51</sup> Al-Juhı Issa Mohammed(2011), Izvori energije, Biblioteka Arapskog društva, Kairo.

<sup>52</sup> Mandour Ahmed, Ramadan Mohamed (2012), Ekonomija prirodnih i ljudskih resursa, Aldar Aljamii, Bengazi.

<sup>53</sup> Al-Juhı Issa Mohammed(2011), Izvori energije, Biblioteka Arapskog društva, Kairo.

#### **4.1.1 Izvori energije**

Vrste proizvodnje energije u svetu podeljene su na potrošnju nafte, eksploataciju uglja, eksploataciju prirodnog gasa, eksploataciju nuklearne energije i korišćenje obnovljivih izvora energije.<sup>54</sup> Najvažniji izvori energije koji se trenutno koriste, kao i oni za koje se očekuje da će imati uticaja na obezbeđivanje energije za čovečanstvo, su:<sup>55</sup>

**Fosilna goriva:** ugalj, nafta i prirodni gas, ovo gorivo poseduje hemijsku energiju koja može da se iskoristiti pri sagorevanju. Fosilno gorivo je glavni izvor energije, doprinoseći više od 90% energije koja se danas koristi, jer je iscrpljivi izvor, a zbog problema zagađivanja životne sredine, neophodno je istraživanje, kako bi se obezbedili i razvili drugi izvori energije.

**Mehanički izvori:** vodopadi, brane, kretanje (plima i oseka), i energija vatra. Zbog toga se stanice za proizvodnju električne energije grade na branama, vodopadima, područjima visokih plima, i područje sa jakim vetrovima, kako bi se iskoristio mehanički momenat u radu turbine.

**Solarna energija:** koristi se direktnim zagrevanjem u procesima zagrevanju vode, grejanja i kuvanja, a može se direktno pretvoriti u električnu energiju pomoću solarnih celija.

**Geotermalna energija:** ovde se iskorišćava visok stepen topote u podzemlju, a u nekim oblastima, podzemna energija se nalazi blizu površine zemlje i stoga se pojavljuju vreli izvori, na primer, ovi izvori su rasprostranjeni na Islandu, i koriste se za grejanje.

**Biomasa,** odnosi se na živu ili do nedavno živu materiju, biljnog ili životinjskog porekla, koja se može koristiti kao gorivo, ili za industrijsku proizvodnju. Najčešće se koristi direktno u konačnoj potrošnji energije za grejanje, kuvanje ili zagrevanje tople vode, ali se može koristiti i za proizvodnju električne energije i toplotu, te se od nedavno sve više koristi za proizvodnju biogoriva. Kruta biomasa se može spaljivati, i tako se iz nje može dobiti toplotna energija za grejanje ili proizvodnju električne energije, a može se raznim postupcima pretvoriti u biogorivo ili biogas, te se kao takva koristiti za dobijanje energije.

**Vodonik,** vodonik je važna vrsta goriva i očekuje se da će igrati važnu ulogu u obezbeđivanju energije, u budućnosti. Pojavila su se vozila koja rade na vodoniku, a njegova primena je najkorisnija u gorivnim celijama, a to su obećavajuće celije, sa širokom primenom u budućnosti. Električna energija se direktno generiše u tim celijama propuštanjem vodonika i vazduha kroz njih, a kroz sintezu vodonika i kiseonika dobijamo električnu energiju, ostaci ovog procesa su samo voda, odnosno celije goriva ne doprinose zagađenju okoline.

---

<sup>54</sup> Evin Robert(2011), Punjać naša budućnost sa energijom, Pristup održivoj energiji, prevod: Faisal Hardan, Almatbaah Alarabija, Amman.

<sup>55</sup> Evin Robert(2011), Punjać naša budućnost sa energijom, Pristup održivoj energiji, prevod: Faisal Hardan, Almatbaah Alarabija, Amman.

**Nuklearna energija:** Nuklearna energija se dobija nuklearnom fuzijom u nuklearnim reaktorima, i koristi se za plovidbu brodova, podmornica i za proizvodnju električne energije. A njihov najistaknutiji negativni efikat je radioaktivni otpad, problem odlaganja, visokih sigurnosnih kontrola potrebnih za sprečavanje eksplozije reaktora, ili curenje ozračenog materijala.

• Postoji klasifikacija energije i njenih izvora, na osnovu mogućnosti obnovljive energije i održivosti kao sledeći:<sup>56</sup>

- ✓ Konvencionalna ili iscrpljena energija: To su ugalj, nafta, minerali, prirodni gas i hemikalije, to su iscrpljeni izvori jer se ne mogu ponovo proizvesti ili kompenzovati, u kratkom vremenu.
- ✓ Obnovljiva, čista ili alternativna energija: uključuje vetar, vazduh, solarnu energiju, energiju vode ili vetra, podzemnu energiju i energiju biomase, koje su neiscrpne.

#### 4.2. Obnovljiva energija

Obnovljiva energija je energija koja se dobija iz obnovljivih prirodnih resursa, koja ne može da nestane. Održivi izvori energije i obnovljivi izvori energije se razlikuju od fosilnih goriva kao što je nafta, ugalj i prirodni gas, i od nuklearnog goriva koje se koristi u nuklearnim reaktorima. Pored toga, obnovljiva energija ne proizvodi ostatke kao što je ugljen dioksid, štetne gasove ili povećava zagrejanje, kao što se dešava kada fosilna goriva sagorevaju, ili štetni atomski ostaci iz moćnih nuklearnih reaktora.

Obnovljiva energija se proizvodi od vode kao na slici 1. ili od vetra kao na slici 2, energija se može proizvesti iz kretanja plime i oseke, kao na slici 3., ili iz podzemne topote kao na slici 4. Takođe, obnovljiva energija se proizvodi i od poljoprivredne kulture, iz stabla koje proizvodi ulje, ali on ima ostatke, koji povećavaju zagrevanje.

Trenutno, najveća proizvodnja obnovljivih izvora energije dobija se u hidroelektranama pomoću velike brane, gde se nalaze prikladne reke i vodopadi. Načini dobijanja energije pomoću vetra i solarni pogon, široko se primenjuju u razvijenim i nekim zemljama u razvoju. Međutim, metode proizvodnje električne energije pomoću obnovljivih izvora energije postali

<sup>56</sup> Azarshar Feizi Azarshahr (2013), "New Technologies in Modern Architecture and its interaction with traditional architecture", University of Tehran,.

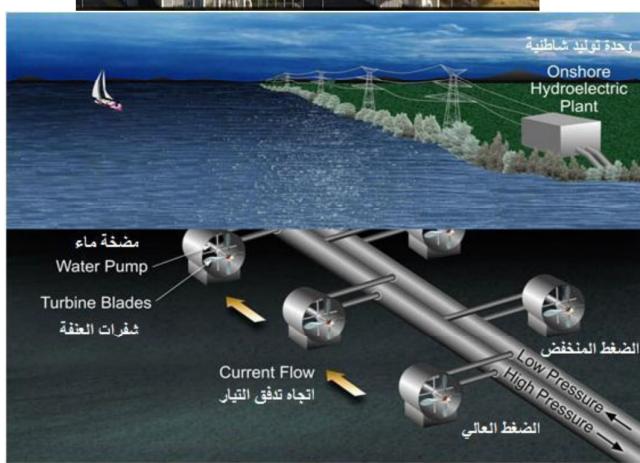
su uobičajena pojava, to potvrđuje činjenica da postoje više država koje su razvile planove za povećanje svog udela u proizvodnji energije iz obnovljivih izvora energije, tako da planiraju da pokriju oko 20% svoje energetske potrebe u 2020. godini.



Slika 28. Hidroenergija iz brana



Slika 29. Vetroturbine



Sl.30. Elektrana radi pomoću plime i oseke

Sl.31 Električna energija iz podzemlje

#### **4.2.1 Klasifikacija obnovljivih izvora energije prema Međunarodnoj agenciji za energiju**

Međunarodna agencija za energiju (IEA) klasifikovala je obnovljivu energiju u tri grupe, kao što je prikazano na slici 5.

Klasifikacija se može pojasniti na sledeći način:

- ✓ Grupa 1: Proizvodi koji se moraju pretvoriti u električnu energiju, da bi se dobila i korist od njih.
- ✓ Grupa 2: Proizvodi koji se proizvode, i zatim se mogu koristiti na više načina u sektorima konverzije i potrošnje.
- ✓ Grupa 3: Uključuje proizvode koji se proizvode i mogu se koristiti za različite svrhe, u sektorima konverzije i potrošnje "kao što su otpad, drvno gorivo, biogas i tekuća biogoriva", i s obzirom na prirodu tih proizvoda, oni mogu da se skladište u tradicionalnom smislu.

#### **4.2.2 Potražnja za energijom do 2035**

Uprkos širenju drugih izvora energije, potražnja za naftnim derivatima će i dalje ostati najveća do 2035. godine, a na osnovu predviđanja Organizacije zemalja izvoznica nafte (OPEC) između 2008. i 2035. godine, naftni resursi će se povećati u proseku za 2,8%, resursi uglja za 2,6%, resursi gasa 0%, nuklearne energije za 2,7%, hidroenergije za 0,3% a resursi biomase se povaćavaju za 3,3%. Drugi izvori obnovljive energije su dostigli 7,5%, što znači da svet ima tendenciju da delom zameni neobnovljive izvore energije, obnovljivim izvorima energije.<sup>57</sup> što znači da će se potražnja za obnovljivim izvorima energije povećati više od potražnje za neobnovljivim izvorima energije, uprkos činjenici da je obim potražnje za obnovljivom energijom i dalje ograničen u odnosu na obim potražnje za neobnovljivim energijom, to se može ilustrovati u Tabeli 7.

---

<sup>57</sup> Salvadori, Mario(1963), Structure in architecture, Prentice-Hall International series, New Jersey.

Tabeli 7. Obim potražnje za energijom

Vrsta energije	Nivo				Prosek rasta	Deo energije(%)			
	2008	2010	2020	2035		2008	2010	2020	2035
<b>Nafta</b>	80.6	81.2	90.8	101	0.8	35.2	34.5	32.3	28.4
<b>Ugalj</b>	66.6	69.2	83.6	101.5	1.6	29.1	29.4	29.7	28.5
<b>Gas</b>	52	53.6	66.6	90	2	22.7	22.8	23.7	25.3
<b>Nuklearna energija</b>	14.3	14.6	16.6	22.5	1.7	6.2	6.2	5.9	6.3
<b>Vodena energija</b>	5.5	5.8	7.5	10.3	2.3	2.4	2.5	2.7	2.9
<b>Bio masa</b>	8.5	9.2	12.8	20.3	3.3	3.7	3.9	4.6	5.7
<b>Izvori obnovljive energije</b>	1.5	1.7	3.5	10.4	7.5	0.6	0.7	1.2	2.9
<b>Ukupno</b>	229	235.4	281.3	355.9	1.6	100	100	100	100

#### 4.3. Solarna energija

Zemljina orbita oko Sunca je vrlo precizno određena, i svaka promena u put Zemlje dovodi do iznenadnih promena u temperaturi, strukturi i atmosferi zemlje, a može da izazove katastrofu, koja dovodi do nestanka života na planeti.

Solarna energija je svetlost i toplota koju emituje sunce, a ljudi je koriste za svoje potrebe još od drevnih vremena koristeći kombinaciju tehnologije, koja se stalno razvija. Tehnologija solarne energije uključuje korišćenje solarne toplote sunca za direktno grejanje, ili u okviru procesa mehaničke konverzije kretanja ili energije, ili fotonaponske proizvodnje električne energije pomoću fotonaponskih panela, kao i arhitektonske projekte, koji se oslanjaju na solarnu energiju, a to je tehnologija, koja može da značajno doprinese rešavanju određenih problema današnjice.

### 4.3.1 Sunce i energija

Sunce je izvor osnovne Zemljine energije, i od velikog je značaja, iz kojeg crpimo toplotu, inače bez sunca okeani bi zamrzli, bez sunca azot i kiseonik u vazduhu bi pretvorio u tečno stanje.

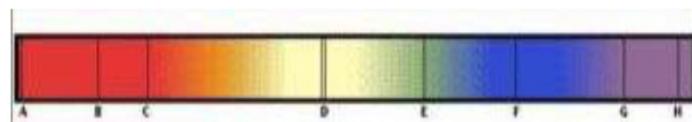
Ugjen dioksid bi takođe bio zamrznut bez Zemljine klime, koja dozvoljava dolazak sunčevog zračenja, pored toga, sunce daje energiju potrebnu za fotosintezu.

Izvor energije je konstantna reakcija nuklearne fuzije u centru Sunca, dok se velike količine Sunca pretvaraju u energiju putem nuklearne fuzije.<sup>58</sup>

Sunce se sastoji od skupa elemenata:<sup>59</sup>

- ✓ Solarna jezgra: u solarnom jezgru se odvijaju procesi nuklearne fuzije, koje proizvode energiju.
- ✓ Zona zračenja: atmosfera koja okružuje jezgro.
- ✓ Područje prenosa: karakteristično po energiji koja se prenosi nasilnim kretanjem, slobodnih gasova.
- ✓ Fotosfera: spoljašnji sloj sunca iznad prenosne zone, koji ima temperaturu od oko 6000 stepeni Celzijusa, a za nas predstavlja vidljivi deo sunca.
- ✓ Aura: Obuhvata okruženje Sunca, aura se proširuje na više od (100.000) km, ali ova aura je skrivena od pogleda zbog jakog svetla i može se videti samo u vreme potpunog pomračenja.

Vidljiva sunčeva svetlost sunca koju dobijamo od sunca je zračenje sastavljeno od sedam boja, i praćeno još sa dva nevidljiva zračenja, to je ultraljubičasto i infracrveno zračenje. Kao na slici 32, prvi ima hemijski uticaj, a drugi ima toplotni efekat.



Slika 32. Sedam boja sunca)

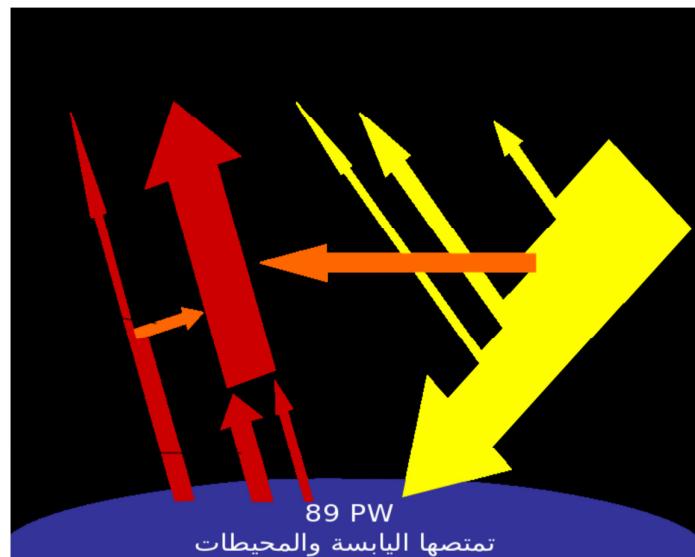
Izvor: Safadi, 2014

### 4.3.2 Zračenje koje dopire do Zemlje

<sup>58</sup>Ben Duraib M. Fahd Bin Sultan(1996), "Solarna energija", Časopis za nauku i tehnologiju, 34.izdanje, Kuvajt.

<sup>59</sup>Calkins, Meg (2009), "Materials of Sustainabl Sites", John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, Canada.

Uprkos činjenici da je sunčev zračenje pre nego što stigne do Zemlje izloženo raznoj refleksiji, disperziji i apsorpciji atmosfere Zemlje. Zbog toga, skoro izbledi sve ultraljubičaste zrake i određeni deo infracrvenog zračenja, ali solarna energija koja dostiže zemlju za godinu dana premašuje energetske potrebe sveta, za deset hiljada puta. Deo zračenja koji direktno dolazi do Zemlje od Sunca bez izloženja refleksije, naziva se direktnim zračenjem, a drugi deo koji je raspršen vodenom parom i prašinom, naziva se raspršeno zračenje, a skup direktnog i raspršenog zračenja koje dostiže površinu Zemlje, naziva se sa totalnim zračenjem.<sup>60</sup>

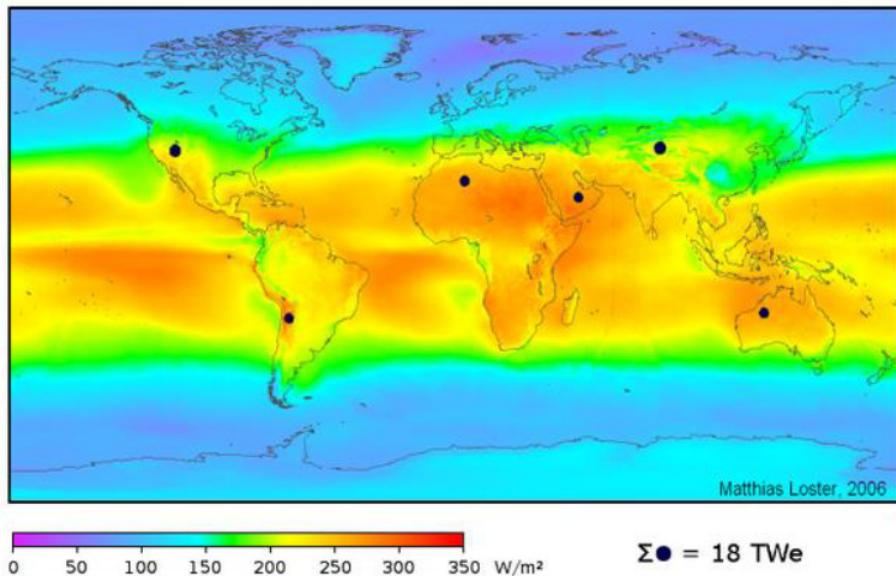


Slika 33. Oko 89% sunčevih zraka se apsorbuju na zemljji i okeanu

Izvor: Wikipedia, 2114

Bliski Istok i arapske zemlje generalno imaju lavovski deo solarne energije, zbog svoje specifične geografske lokacije oko orbite raka, gde primaju između 300-350 vati/m<sup>2</sup> kao što je prikazano na slici 33. a Libija je obuhvaćena u ovom području bogatom solarnim zracima, većini dana u godini.

<sup>60</sup> Mahfouz, 2016, 54



Slika 34 . Solarna energija

Izvor: Mahfouz, 2016

### 4.3.3 Solarna energija kao drugi izvor energije

Sunčeva energija koju prima Zemlja je izvor života na njenoj površini direktni i indirektni izvor različitih vrsta energije na njoj, osim nuklearne energije i energije plime i oseke.<sup>61</sup>

Solarna energija se pojavljuje u različitim oblicima, uglavnom sunčevim zračenjem i indirektnom solarnom energijom, kao što su energija veta, hidroenergija i energija biljke.

- **Energija veta:** Energija veta se proizvodi neravnomernom distribucijom sunčeve energije u atmosferi, uzrokujući mestimične atmosferske varijacije, koje proizvode vazdušno strujanje.

- **Hidroenergija:** Kada sunčev zračenje ispari deo okeanske vode u atmosferi, to dovodi do pada kiše na površini zemlje, i povratka vode u okeane kroz reke i prirodne barijere, pa do generisanja kinetičke energije, a to je hidroenergija.

- **Energetika biljke:** je solarna energija koja se skladišti u biljnim materijalima kao rezultat procesa fotosinteze za proizvodnju karbonatnih materijala, a fermentacije tih supstanci

<sup>61</sup> Evin Robert(2011), Punjać naša budućnost sa energijom, Pristup održivoj energiji, prevod: Faisal Hardan, Almatbaah Alarabija, Amman.

dovode do proizvodnje alkohola, koji se može koristiti kao gorivo u motorima, sa unutrašnjim sagorevanjem.

- **Fosilna goriva:** Preko odnosa onih koji jedu, i drugi koji su pojedeni među živim organizmima, prenosi se solarna energija koja se skladišti u biljkama drugih organizama direktno ili indirektno, kako bi se sačuvalo deo energije u ćelijama i tkivima, ovih organizama. Kada ugine i bude zakopano, energija koja je sačuvana u tkivima prelazi u drugu vrstu energije. Ovi organizmi se raspadaju pod odgovarajućim uslovima, koji dovode do formiranja fosilnog goriva, različitih vrsta.

#### 4.3.4. Prednosti korišćenja solarne energije

Solarna energija ima mnoge razne prednosti:<sup>62</sup>

- ✓ Solarna energija je čista energija: jer sve potrebne transformacije da bi se iskoristila solarna energija, ne daju nusprodukta zagađenje životne sredine.
- ✓ Ogomorna količina energije koju solarno zračenje nosi: godišnja količina primljene sunčeve energije na Zemlji iznosi  $750 * 10^{15}$  KVh.
- ✓ Mogućnost korišćenja ovog izvora lak je i u višestrukim životnim objektima: ali najnovija upotreba sunčeve energije je u oblasti stanovanja, poljoprivrede i destilacije vode.
- ✓ Mogućnost proizvodnje električne energije solarnom energijom: Električna energija je poznata kao jedina energija koju karakteriše lako generisanje, prenos i upotreba, i ostaće glavna energija, koja će nam biti potrebna u budućnosti. Predviđa se da će solarna energija u budućnosti, postati jedan od glavnih izvora za generisanje električne energije.

#### 4.3.5 Prepreka prilikom upotrebe solarne energije

Najvažniji problem sa kojim se suočavaju istraživači u oblasti primene solarne energije je postojanje sledećeg:

---

<sup>62</sup> Ridab Ahmed Mahmoud (2015), "Inteligentne orbitalne zgrade, studija uticaja tehničke integracije na životnu sredinu ", Magistarski rad, Tehnološki univerzitet, Tripoli.

- ✓ Prašina i pokušaj čišćenja uređaja za solarnu energiju: Istraživanje je pokazalo da se više od 50% efikasnosti solarne energije gubi ako uređaj tj. prijemnik za sunce ne čisti, jedan put u toku meseca. Najbolji način da se oslobođimo prašine, je upotreba metode kontinuiranog čišćenja, tj. u intervalima od najviše tri dana za svaki period, i varira od zemlje do zemlje, u zavisnosti od prirode prašine i prirode vremena, u toj zemlji.
- ✓ Skladištenje i korišćenje solarne energije tokom noći ili kod oblačnih dana ili prašnih dana: Solarno skladištenje zavisi od prirode i količine solarne energije, vrste upotrebe i perioda upotrebe pored ukupnih troškova metoda skladištenja, i preferira se da se ne koriste uređaji za skladištenje da bi se smanjili troškovi, i da bi se iskoristila solarna energija direktno, kada se pojavi.

Skladištenje solarne energije je jedna od tema koja zahteva više naučnih istraživanja i novih otkrića. Skladištenje toplote vodom i kamenjem je do sada najbolji raspoloživi metod. Što se tiče skladištenja električne energije, najčešći metod je upotreba tečnih i suvih baterija (kiseline i olovne baterije), a trenutno postoji više od deset metoda skladištenja solarne energije, kao što sutopljenje metala, fazna konverzija materijala, binarne metode mešanja, itd.<sup>63</sup>

#### **4.3.6. Upotreba solarne energije**

Solarna energija se može pretvoriti u električnu i toplotnu energiju kroz dve fotonaponske konverzije, i solarne termalne izmene na sledeći način:

##### **Prvo: Termička upotreba solarne energije**

###### **- Solarno zagrevanje vode (solarni kolektori)**

To je integrисani sistem koji se sastoji od nekoliko delova koji se koriste za sakupljanje sunčevog zračenja i koji se pretvara u toplotnu energiju, koja se koristi za zagrevanje vode tokom sunčeve svetlosti, gde se topla voda skladišti, u termalnom rezervoaru za upotrebu tokom dana.

###### **Zagrevanje bazena solarnom energijom**

---

<sup>63</sup> Ridab Ahmed Mahmoud (2015), "Inteligentne orbitalne zgrade, studija uticaja tehničke integracije na životnu sredinu ", Magistarski rad, Tehnološki univerzitet, Tripoli.

Solarni grejači vode takođe se mogu koristiti za zagrevanje vode u bazenima, gde solarni kolektori zagrevaju vodu na temperaturi malo iznad temperature okoline.U ovu svrhu koriste se nisko glazirani solarni paneli, obično napravljeni od specijalno dizajnirane plastike (Saudijski istraživački centar, 2010, 45).

#### **- Destilacija vode solarnom energijom**

Evo nekoliko načina:

- ✓ Destilacija: (višestepena fumigacija-trenutna isparavanje-solarno isparavanje)
- ✓ Kristalizacija.
- ✓ Obrnuta osmoza.
- ✓ Jonska razmena.

#### **- Obrada otpadnih voda**

Solarna energija se takođe koristi za uklanjanje toksina iz vode kontaminirane fotosintezom( Saudijski istraživački centar, 2010, 47).

#### **- Solarno kuvanje**

Solarni štednjak je uređaj koji koristi sunčevu svetlost u kuvanju, sušenju i pasterizaciji (Saudijski istraživački centar, 2010, 48).

#### **- Upotreba u poljoprivrednoj delatnosti**

Zainteresovani za razvoj poljoprivrede nastoje da povećaju iskorišćenost sunčeve energije, kako bi povećali produktivnost kultivisanih biljaka. Postoji određena tehnika, kao što je regulacija godišnjih doba prema vladajućem vremenu u toku godine, prilagođavanju redova kultivisanih biljaka, regulisanje visine između redova i mešanje različitih vrsta biljaka, mogu poboljšati produktivnost useva, kao i upravljanje mašinama za pumpanje vode, sušenje useva, izleganje pilića i sušenje pilećeg komposta.Pored toga, energija proizvedena solarnim panelima je korišćena za pravljenje voćnih sokova (Saudijski istraživački centar, 2010, 56).

### **Drugo: Korišćenje solarne energije za proizvodnju električne energije**

Solarna energija se može pretvoriti u električnu energiju kroz fotonaponsku konverziju, što znači pretvaranje sunčevog ili optičkog zračenja direktno u električnu energiju, pomoću fotonaponskih celija. Fotonaponska sredstva nazivaju se poluprovodnicima, kao što su silikon, germanijum itd.

#### **4.4. Električna snaga**

Električna energija je jedna od vrsta energije u prirodi. Električna energija je jedan od nosilaca energije, koja se može koristiti u razne svrhe. Električna energija se koristi u svim ljudskim aktivnostima, uključujući industrijsku proizvodnju, upotrebu u domaćinstvu i poljoprivredi. Istraživanja električne pojave počeli su početkom sedamnaestog veka, i još uvek traju. Industrijska upotreba električne energije datira iz 1879. godine, kada je Tomas Alfa Adison (Thomas Alpha Addison), izumeo sijalicu i otkrio je celom svetu. Od tada se potrošnja električne energije povećava, a električna energija se proizvodi u obliku primarne i sekundarne energije. Električna energija se može dobiti iz prirode kroz munje i trenje, što je teško i ekonomski neefikasno, ali se električna energija može dobiti kao primarni izvor energije iz prirodnih izvora kao što je energija dobijena iz vodenih resursa, vetra, sunca, plime i oseke. Dok se električna energija dobija kao sekundarni izvor energije iz toplove nuklearne fusije generisane nuklearnim gorivom, geotermalnom energijom i solarnom toplotnom energijom, i sagorevanjem glavnih izvora gorivih goriva, kao što su ugalj, prirodni gas, nafta, biomasa i otpad.

Takođe, električna energija se dobija pretvaranjem kinetičke energije u električnu energiju putem provodne žice u magnetnom polju, kao kod generatora ili dvostrukim termičkim zagrevanjem kao u termoelementima (IEA, 2005, 72 ).

- U baterijama, proizvedena struja je konstantna struja.
- U generatorima, proizvedena električna energija je uglavnom naizmenična struja, a električna energija može biti konstantna struja.

Prema tome, električna energija je jedna od važnih slika energije, koja se koristi u različitim oblastima, i neophodna je u svakodnevnom životu (domaćinstvima), kao što su osvetljenje, grejanje i rad kućnih električnih aparata, naravno i svih drugih oblasti kao što su industrija, telekomunikacija i naučna polja.

##### **4.4.1 Glavne karakteristike električne energije**

Glavne karakteristike električne energije su sledeća (Semper, 1981, 69):

- ✓ Može se lako upravljati.
- ✓ Imaju visoku efikasnost prenosa.
- ✓ Može lako i efikasno da se pretvori u druge oblike energije.
- ✓ Bez ostataka zagađenja životne sredine.
- ✓ Sigurnija od većine drugih alternativa.

#### 4.4.2 Izvori električne energije

Izvori električne energije su:<sup>64</sup>

- Izvori sa malim snagama

- ✓ Mali generator;
- ✓ Suve i tečne baterije;
- ✓ Solarne čelije; i
- ✓ Hidrogenske čelije.

- Izvori sa srednjim i velikim snagama:

- ✓ Postrojenja sa unutrašnjim sagorevanjem (benzin i dizel).
- ✓ Hidroelektrane (hidraulične), potencijalna energija se koristi u jakim vodenim putevima, kao što je vodopad ili brana, za pogon turbine.
- ✓ Termalne elektrane, koriste paru (toplotu) za pokretanje turbine, voda za generisanje pare se zagreva sa različitim vrstama goriva kao što su ugalj, gas, nafta, nuklearna energija ili solarna energija.
- ✓ Vetroelektrane: Vetrenjače se koriste za korišćenje energije veta, za pogon turbine. Ovaj izvor energije je jedan od najobimnijih izvora energije, koji se koristi posle izvora hidroenergije.
- ✓ Hidroenergetske elektrane koje rade koristeći morske talase, neophodno je navesti da 90% termoelektrana u svetu su toplotne, a 70% tih elektrana koristi fosilnim gorivima (ugalj, nafta, gas ili njihovi derivati. (Wikipedia, 2015).

---

<sup>64</sup> Semper, Gottefried, Der stil(1981), Architectural Design, John Wiley & Sons Ltd, Oxford.

Konstatovali smo da energija ima nekoliko oblika kao što je obnovljiva i neobnovljiva, i da može da se pretvori od jednog do drugog stanja, a da je veći deo ove energije uglavnom solarni, koji se može direktno koristiti za proizvodnju toplote za grejanje, ili za proizvodnju električne energije solarnim čelijama.

Problem energije u Libiji je, velika potreba za energijom za proizvodnju električne energije, koja je postala veoma oskudna zbog nastale ekonomске situacije u Libiji, tako da i pored toga što je zemlja bogata naftom i prirodnim gasom, svakodnevno se libijski građani suočavaju sa problemom nestanka električne energije. Ovaj problem se pojavio odmah posle izbijanja nove revolucije u Libiji 2011 godine, koja na žalost još uvek traje. Zbog toga se pojavila ova ideja koja predlaže korišćenje solarne čelije za dobijanje električne energije, koja ne može da nestane i zrači skoro cele godine.

## **GLAVA V. Način rada solarnog sistema za proizvodnju električne energije**

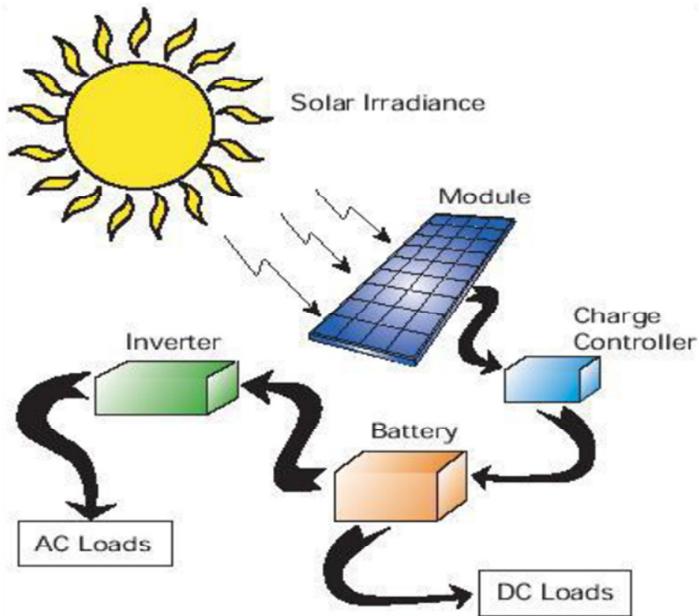
Sa sve većim interesovanjem za obnovljivu energiju uopšte i posebno za solarnu energiju, bilo je pokušaja da se tehnologiji solarne energije obezbedi količina energije, koja je jednaka ili približna količini energije, koja se danas troši. Zbog toga ovaj vid energije postaje sve popularniji, za to postoje razna objašnjenja, među najznačajnjim je to, što solarne čelije pretvaraju zgradu od objekta potrošača energije do objekta proizvođača, a pri tom zaviseći od sunca, kao ekonomski moćnog za energiju. Primena solarne energije obuhvata čak i područja gde nema visok nivo sunčevog zračenja, ili područja sa kratkim dnevnim svetлом.

Ovaj deo rada će razjasniti komponente solarnog sistema solarnih čelija za proizvodnju električne energije i njegovog osnovnog elementa, i načina na koji se instalira u stambenim zgradama.

### **5.1.Komponente solarnog sistema za proizvodnju električne energije**

Solarni sistem se sastoji od četiri glavne komponente :<sup>65</sup>

- ✓ Solarni paneli;
- ✓ Kontroler punjenja;
- ✓ Baterije;
- ✓ Pretvarači snage-Inverteri.



Slika 35. Komponente solarnog sistema

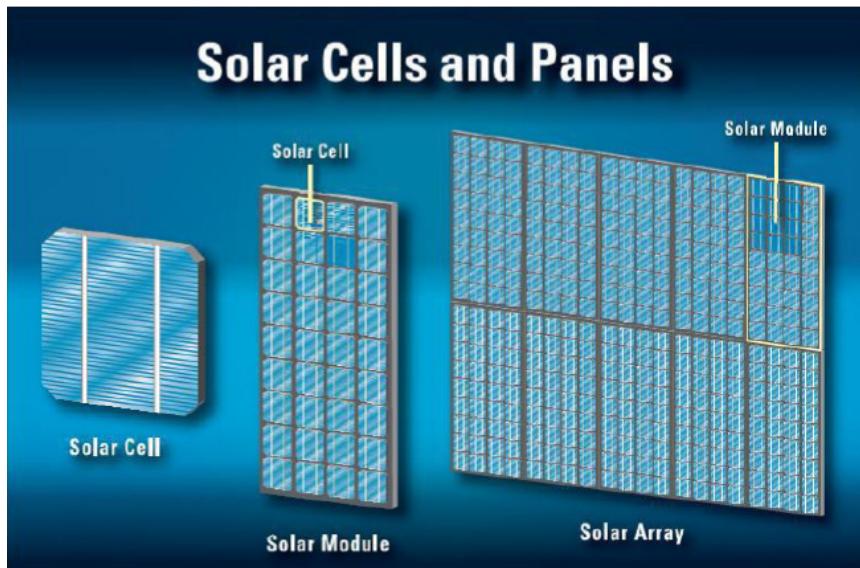
Izvor: Alhajat 2006

### 5.1.1 Solarni panel

Solarni panel je vidljivi deo solarnog sistema, koji je instaliran na krovu zgrade, koji generiše električnu energiju, a solarni panel se sastoji, od sledećih komponenti Slika 36.

- Solarna ćelija-Solarni modul se dobija dupliranjem solarnih ćelija;
- Solarni modul-dupliranjem solarnog modula dobija se solarni niz;
- Solarni niz-Solarni niz formira solarne panele.

<sup>65</sup> Alhajat Mohamed Mustafa (2014), Energija (izvori - vrste - koristi), Dar Alarab, Kairo.



Slika 36. Komponente solarnih panela u sistemu solarnih ćelija

Izvor: Albarkuni 2010

Prema tome, solarni panel je solarna ćelija grupisana zajedno koja proizvodi konstantnu istosmernu struju, može se koristiti za pokretanje rada neke mašine ili za akumulaciju u baterijama, koja može ponovo da se puni i da se iskoristi više puta, snage tih ćelija se mere u vatima, postoje male ploče koje imaju snage, počevši od 5, 15 vati pa sve do milijardu vati (Giga vat).

Da bi se razjasnio mehanizam rada solarnih panela, potrebno je identifikovati glavnu komponentu solarnog sistema a to je solarna ćelija.

## 5.2. Solarna ćelija

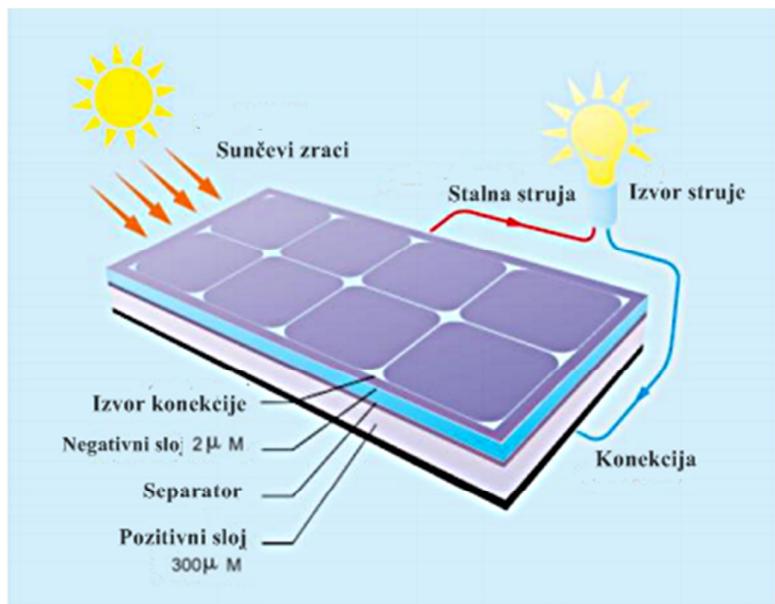
Glavna je komponenta sunčevog sistema i najmanji je njen deo. Reaguje na direktnu i indirektnu sunčevu radijaciju, i pretvara energiju zračenja u električnu energiju. Solarni paneli imaju korist od sunčeve svetlosti koja aktivira elektrone unutar ćelije, kako bi proizvele struju.

Efikasnost ćelije zavisi od dva faktora:

- ✓ Prva je efikasnost pretvaranje ili transmisije unutar ćelije;
- ✓ Druga je sposobnost solarnih ćelija da apsorbuje fotone.

Fotonaponske ćelije se sastoje od poluprovodnika, uglavnom silikona, koji su komprimovani u posebno obrađeni čip, kako bi se formiralo električno polje, pozitivno na jednom kraju i negativno na drugom kraju.

Kada fotonaponska energija stigne do ćelija, elektroni se oslobađaju iz atoma u poluprovodičkom materijalu. Elektrikovanjem elektrona u viši nivo energije za generisanje struje, elektroni se sklapaju u obliku električne struje ako su električne struje povezane sa negativnim i pozitivnim stranama.<sup>66</sup> Rezultirajuća električna energija je kontinuirana električna energija, i generisana energija se akumulira u baterijama različitih kapaciteta tako da se može koristiti tokom sunčanog zalaska sunca.



Slika 37. Proizvodnja električne energije pomoću solarne ćelije

Fotonaponski fenomen je prvi put otkrio 1839. godine francuski fizičar Aleksander Edmund Bekerl, kada je uočio da ako je elektroda izložena svetlosti tako da je uronjena u provodljivu tečnost, tada ona proizvodi električnu struju. Američki pronalazač Russell O'Hall je 1941. godine uspeo je predstaviti solarnu ćeliju u svom modernom obliku - ali sa malom efikasnošću. Njegovo otkriće tzv. PN spoja poznate kao PN spoj (P-N junction), doprinelo je pronalasku tranzistora 30 godina kasnije, međutim, prva praktična primena ove ćelije bila je primenjena u pokretanju satelita, i kosmičkih brodova.<sup>67</sup>

#### A. Oblici solarnih ćelija

<sup>66</sup> Mohsen Ahmed Salameh(2006), Ekološki prihvatljivi sistemi koji koriste elektrostatičke sisteme u zgradama, Al Omran Magazine, Issue 5, Kuvajt.

<sup>67</sup> Anderson Jhoan, American Architecture(2004), The British press, London.

Solarne čelije su ili u jasnim oblicima unutar jedne solarne jedinice, mogu biti kvadratne, pravougaone ili kružne, odvojene razmacima različitih udaljenosti prema dizajnu solarnog modula, ili njihov izgled može biti kao jedan komad koji pokriva solarni modul, bez pregrade.

Dimenzije solarnih čelija variraju u zavisnosti od njihove vrste i načina proizvodnje, a dimenzije čelija se kreću od 1.0-15,0 cm u oba smera ili mogu biti 10 x 10 cm u standardnim čelijama, a najmanja energija koju solarna čelija može proizvesti varira od 1-2 vata zbog male veličine solarnih čelija, a radi povećanja ukupne energetske produktivnosti, prikupljaju se solarne čelije u laminiranim listovima, i na taj način dobija se solarna jedinica ili tzv. modul. Pored toga, solarne čelije se međusobno razlikuju u zavisnosti od vrste materijala, efikasnosti, oblika, boje i metode proizvodnje.<sup>68</sup>

## B - Tipovi solarnih čelija

Postoji nekoliko tipova solarnih čelija koje se mogu kategorizovati na sledeći način:<sup>69</sup>

### 1- kristalne solarne čelije

Postoje dve vrste kristalizovanog silikona u zavisnosti od stepena čistoće i pravca kristalizacije, a to su mono i poli kristalizacija, i njihov oblik je pretežno pravougaoni ili kvadrat. Njegova površina je obično između 0.3-1.5 m<sup>2</sup><sup>70</sup>

- a- Mono kristalni (Mono crystalline): kristali silikona su ovde jednosmerni, sa visokom čistoćom i više koštaju, i kod ove vrste kristalne strukture su najpravilniji. Obično ima jednu boju a varira od plave do crne boje, međutim, čelije mogu imati i druge boje, ali to bi više koštalo, jer to umanjuje od efikasnosti čelije. Jer ako se koriste druge boje, čelije će reflektovati deo energije sunčevog zračenja koja dopire do njih, tako da će dizajneru trebati veći broj solarnih čelija. Primera radi, boja zlata ili ljubičasta boja, će imati prepoznatljiv izgled ako se koristi, ali će uzrokovati gubitak efikasnosti do 20% (Prasad & Snov, 2005, 83)<sup>71</sup> a efikasnost monokristalne solarne čelije se kreće od 15-20%.

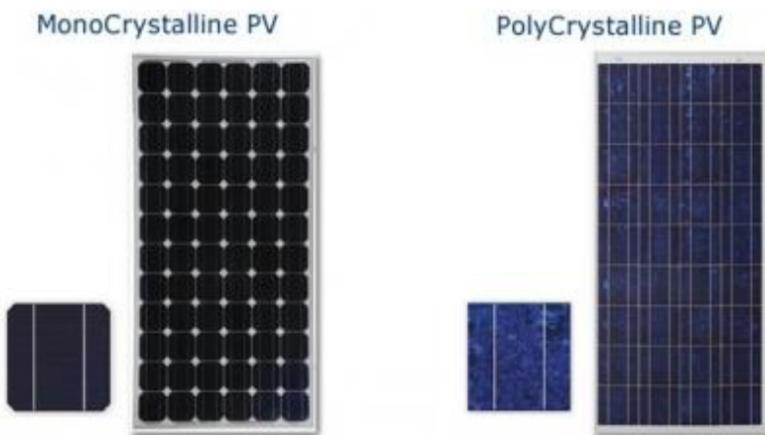
<sup>68</sup> Cristina Maria Munari Probst, Christian Roecker (2007), "Towards an improved architectural quality of building integrated / solar thermal systems.

<sup>69</sup> Cristina Maria Munari Probst, Christian Roecker (2007), "Towards an improved architectural quality of building integrated / solar thermal systems.

<sup>70</sup> Cristina Maria Munari Probst, Christian Roecker (2007), "Towards an improved architectural quality of building integrated / solar thermal systems.

<sup>71</sup> Prasad Leo, Mark snow (2005), "Designing with solar power", Images publishing, New York.

- b- Poli kristalni: kristali silikona su u različitim pravcima i stoga izgledaju kao nepravilno razbijeni fragmanti koji daju nekoliko prelaza jedne boje, obično sa različitim gradacijama plave boje, ali, kao i prethodni (Prasad & Snow, 2005, 85) može biti dostupan i u drugim bojama kao olovna boja. Ova vrsta ima blagi sjaj u spoljašnjosti i efikasnost solarnih celija varira između 10-14%



Slika 38. Mono kristalne i polikristalne celije

Izvor: Prasad & Snov, 2005

### 5.3. Tanke celije

Tanke celije su jedan je od tipova celija koje privlače veliku pažnju dizajnera zbog njihove morfologije, koja može biti dostupna u krutim oblicima kao i druge vrste, ili kao celije u obliku višestrukih filmova tanki slojevi, koje se talože tokom proizvodnje u vidu tankih slojeva i debljina koja ne prelazi nekoliko mikrona. Ono što je karakteristično za ove vrste solarne celije je da su fleksibilne, sklone su savijanju i lagane su, mogu se koristiti na horizontalnim i zakriviljenim krovovima sa visokim primatom, staklo se ne koristi u ovom slučaju, i ne zahteva konstrukciju za instalaciju.<sup>72</sup>

<sup>72</sup> Randall Thomas (2001), " Photovoltaics and Architecture", Routledge, London, GBR



Slika 39. Oblik tankih čelija

Izvor: Snyder, 2014

One uključuju:

- Višeslojne čelije -su solarne čelije od silikona. Dostupne u braonkasto-crvenoj, crvenoj ili u sivoj boji, ukupna efikasnost se kreće od 7-9% ).<sup>73</sup>
  - kadmijumske čelije-imaju visoku apsorpciju svetlosti, a sloj debljine 1. mikrona može apsorbovati 90% svetlosti, i karakteriše ga jednostavna izrada, ali nestabilnost performansi solarnih čelija do sada predstavlja jednu od prepreka za korišćenje, a njegova efikasnost varira od 7-10%( Randall 2001).
  - Bakarne čelije, ove čelije poseduju ogromnu moć da absorbuju svetlosti, primer tome, sloj od 0,5 mikrona apsorbuje 90% svetlosti. Međutim, proces njihove proizvodnje je komplikovan i zbog toga je skuplji od drugih, a nije dostupan u komercijalne svrhe. Njihova efikasnosti dostiže 18% (Antonio & Hegedus, 2003, 168).<sup>74</sup>
  - Galijumske čelije se nazivaju trodimenzionalnim solarnim čelijama zbog njihove velike sposobnosti da privlače i uhvate fotone, one su visoko efikasne čelije, gde je laboratorijska efikasnost ovog tipa dostigla 35,6%, i ova vrsta se koristi, za ispitivanje u kosmosu.

Tabele 8. Kompanija koja prikazuje pojedine tipove solarnih čelija i koliko su one efikasne

<sup>73</sup> Antonio Luque, & Steven Hegedus(2003), "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", John Wiley & Sons Ltd.

<sup>74</sup> Antonio Luque, & Steven Hegedus(2003), "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", John Wiley & Sons Ltd.

Commercially C-Si & Thin Film Photovoltaic					
Technology	Type	Appearance	Cell Efficiency	Module Efficiency	
Amorphous Silicon Thin Film	Flexible / Rigid		7% - 10%	7% - 10%	Thin Film PV
CdTe Thin Film (Cadmium Telluride)	Flexible / Rigid		9% - 11%	9% - 11%	
CIGS Thin Film (Copper Indium Gallium Selenide)	Flexible / Rigid		10% - 12%	10% - 12%	
Multi-Crystalline Silicon Cell	Conventional & Selective Emitter		14% - 17%	12% - 15%	C-Si PV
Mono-Crystalline Silicon Cell	Conventional & Selective Emitter		15% - 19%	13% - 17%	
Metal Wrap Through C-Si	MWT		16% - 20%	14% - 18%	High Efficiency C-Si PV
Emitter Wrap Through C-Si	EWT		17% - 22%	15% - 20%	
Inter-Digitated Back Contact C-Si	IBC		22% - 24%	~20%	

#### 5.4. Organske fotonaponske ćelije- Organic photovoltaic cells (OPV)

Organske fotonaponske ćelije predstavljaju najefikasnije organske solarne ćelije u trećoj generaciji solarnih ćelija, koje su trenutno dostupne. Tehnologija tankog filma može efikasno proizvoditi solarne ćelije u okviru 8%, a tradicionalne solarne ćelije na bazi silikona imaju efikasnost između 12 i 15%. Ovo čini organske solarne ćelije pravi potencijal za zamenu drugih tehnika koje se koriste u proizvodnji solarnih ćelija instaliranih na krovovima, zbog brojnih prednosti koje ih čine najboljim u ovoj oblasti.<sup>75</sup>

Pored toga, ideja o organskim solarnim ćelijama može se koristiti i u slabim svetlosnim uslovima, kao što su oblačno vreme, ili u zatvorenom prostoru, gde se električna energija može generisati iz osvetljenja u domaćinstvu, a nije nužno od direktnе sunčeve svetlosti.

Solarne pigmentne ćelije povećavaju svoju efikasnost u slučaju visoke temperature, dok se efikasnost solarne ćelije bazirane na poluprovodnicima smanjuju sa povećanjem temperature. Takođe, dizajn pigmentnih solarnih ćelija omogućava bolje rasipanje unutrašnje toplote, što pomaže pri njihovim radu, na niskim temperaturama.

<sup>75</sup> Antonio Luque, & Steven Hegedus(2003), "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", John Wiley & Sons Ltd.



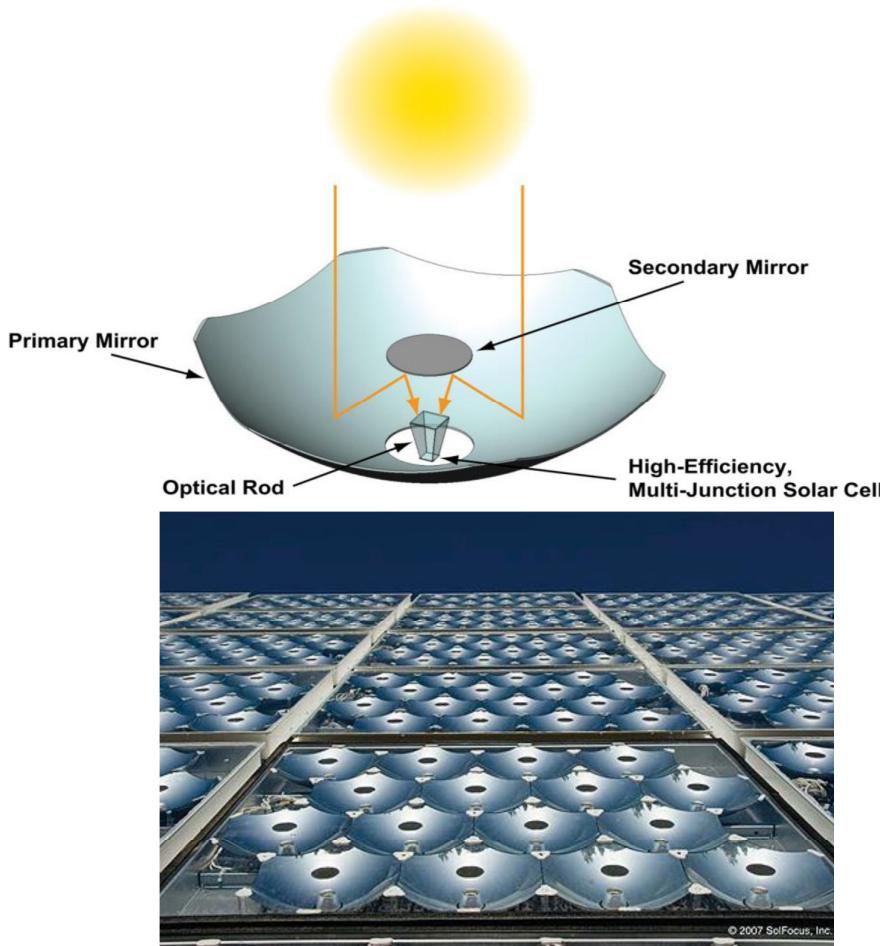
Slika 40. Skup solarne pigmentne čelije

Izvor: Skik, 2113

### 5.5 . Koncentrisane fotonaponske čelije- Concentrated photovoltaic cells (CPV)

Spektrolab je otkrio tzv. koncentrisanu solarnu čeliju – Slika 14, koja pretvara solarnu energiju u električnu energiju sa 7,4% efikasnosti, što predstavlja svetski rekord. Glavna ideja ove vrste čelija je zasnovana na upotrebi poluprovodljivih fotonaponskih materijala sa najmanjim mogućim troškovima i maksimalnim mogućim stepenom akumuliranja sunčevih zraka i njihove koncentracije na čelijama pomoću preklapajućih sočiva, efikasnost proizvodnje električne energije u ovom slučaju je oko 20-30%<sup>76</sup>

<sup>76</sup> EPIA(2013), Photovoltaic energy electricity from the sun, European Photovoltaic Industry Association.



Slika -41.Koncentrisane solarne čelije

Izvor: Epia, 2013

### **Drugo: Solarni modul**

Solarni modul je vidljivi deo solarnog sistema, i sastoji se od grupisanja (sastavljanja) određenog broja solarnih čelija, a tipični solarni modul sadrži 36 čelija, i njegov maksimalni kapacitet koji on proizvodi je 60 V, međutim, taj kapacitet može da dostigne i do 300V kod većih jedinica.<sup>77</sup>

Tipični solarni modul je 1.33, 1.0, 0.33 i 0.5 m dimenziji od 1.2 m, a može se projektovati prema dimenzijama potrebnim za projekat.Većina konvencionalnih dizajniranih oblika solarnih modula su pravougaonog ili kvadratnog oblika, a može biti i okvirna (obično Aluminijumski okvir) ili ne okvirna, prema zahtevu dizajna.<sup>78</sup>

<sup>77</sup> Wright, Frank Lloyd (1975), In the Cause of architecture, Architectural Record press, New York.

<sup>78</sup> Wright, Frank Lloyd (1975), In the Cause of architecture, Architectural Record press, New York.

Jedinice se razlikuju i po boji, boje se mogu razlikovati u zavisnosti od boje solarne čelije, a boja se može razlikovati i u zavisnosti od boje zadnje ploče koja nosi čeliju, posebno se vodi računa o donjim izgledu solarnog modula, kada tip integracije sa zgradom zahteva da jedinice budu okrenute prema prostorima ili unutrašnjim saobraćajnim koridorima, dok se manji izgled solarnog modula postiže, kada tip integracije sa zgradom zahteva da jedinice budu okrenute ka prostorima, ili unutrašnjim saobraćajnim koridorima.

### **Treće: Pakovanje solarnih panela**

Solarni panel je presvučen slojem stakla, nakon čega sledi lagani prozirni sloj obrađene plastike za dvostruku zaštitu solarnih čelija, nakon čega sledi sloj solarnih čelija. Solarni paneli su fiksirani na bazi, a proizvedeni materijal varira od jednog do drugog tipa (stakleni material, nehrđajući čelik ili plastični material).<sup>79</sup>

Kada se koriste polu-transparentne solarne jedinice sa kružnim solarnim čelijama, tada se koristi vrsta stakla za difuziju svetlosti, kako bi se ublažio ulazak svetlosti, na kružnim rubovima. Da bi se smanjili troškovi koji proizlaze iz ovih dizajnarskih zahteva, dizajneri imaju tendenciju da izaberu standardne solare module od proizvođača, kako bi bili u skladu s dizajnom koji su oni pripremili.<sup>80</sup>

### **Četvrto: Transparentnost i neprozirnost solarnih modula**

Solarni moduli mogu biti neprozirne čelije, koje ne dozvoljavaju pristup svetlu a mogu biti transparentni (prozirni). Prozirni solarni moduli imaju dve funkcije, to su generisanja električne energije i mogućnost gledanja kroz njega sa visokom solarnom kontrolom, on predstavlja karakteristike solarnog modula i prozora koji otvara pogled, i koji omogućava prodor prirodnog svetla u unutrašnjost. Modul je pogodan za prozore i plafonska svetla.<sup>81</sup>

### **Peto: Metode povezivanja solarnih panela**

---

<sup>79</sup> Cristina Maria Munari Probst, Christian Roecker (2007), "Towards an improved architectural quality of building integrated / solar thermal systems.

<sup>80</sup> Antonio Luque, & Steven Hegedus(2003), "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", John Wiley & Sons Ltd.

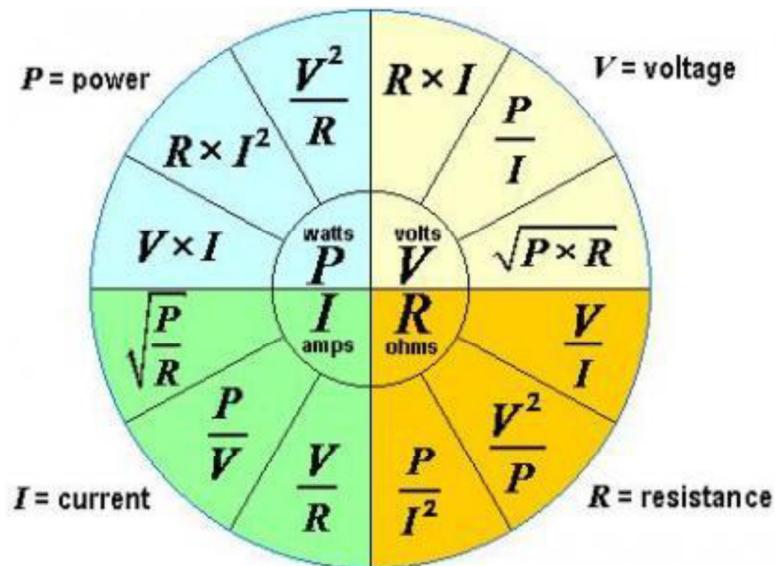
<sup>81</sup> Antonio Luque, & Steven Hegedus(2003), "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", John Wiley & Sons Ltd.

Moguće je formirati matricu jedinica tako što će se međusobno povezati, a fotonaponskećelije proizvode konstantnu struju, tako da ćelije mogu da se povežu paralelno ili serijski, kako bi se proizvela potrebna jačina strujne ili naponske razlike. Izračunavanje potrebne jačine struje i razlike napona može da se vrši pomoću dva vrlo poznata zakona - bez ulaska u složene jednačine u nauci o električnoj energiji, to je Omski zakon i zakon o proračunu snage:<sup>82</sup>

Električni napon V = Električna struja A × Otpor Om ..... 1

Snaga W = Električni napon V × Električna struja A ..... 2

Možete koristiti sledeći strujni krug da biste saznali koji je način konverzije potreban za povezivanje solarnih panela ) - Slika 42.



Slika 42. Ciklus snage

Izvor: (Al Azarshar, 2014)

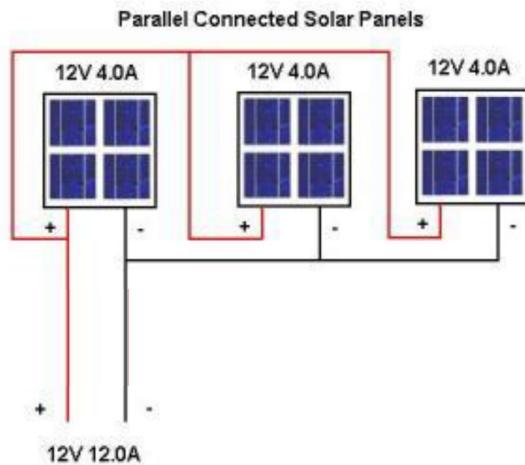
Postoje više načina povezivanja u zavisnosti od prirode upotrebe, kao sledeći:

## 1. Paralelno povezivanje

Povezivanjem početaka s početcima i krajevi sa krajevima, pozitivnim s pozitivnim, negativnim sa negativnim, kako bi se održao isti napon, ali sa skupom različitih temperaturnih

<sup>82</sup> Azarshar Feizi Azarshahr (2013), "New Technologies in Modern Architecture and its interaction with traditional architecture", University of Tehran.

vrednosti za sve solarne ćelije, kako bi se povećala ukupna struja i time se povećava ukupni kapacitet na sledeći način.<sup>83</sup>

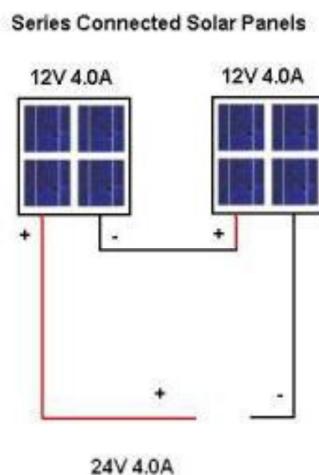


Slika 43. Paralelno povezivanje

Izvor: (Al Azarshar, 2014)

## 2. Serijsko povezivanje

Spajanjem krajeva sa početkom - pozitivnim sa negativnim i negativnim sa pozitivnim kao što je voz - kako bi se održala ista struja, ali sa sakupljanjem vrednosti različitih napora svih solarnih ćelija, kako bi se povećala ukupna razlika napona na sledeći način:



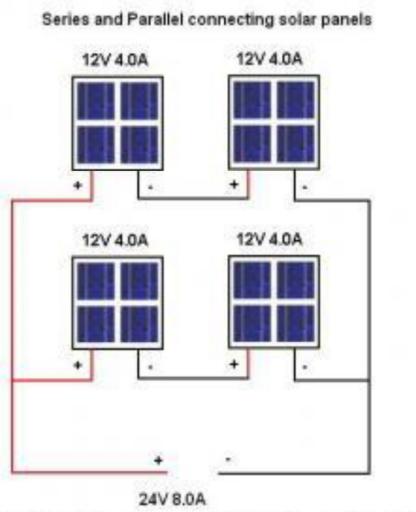
Slika 44. Serijsko povezivanje

<sup>83</sup> Azarshar Feizi Azarshahr (2013), "New Technologies in Modern Architecture and its interaction with traditional architecture", University of Tehran,.

Izvor: (Al Azarshar , 2014)

### 3. Integracija ova dva metoda:

Integracija ova dva metoda se često koristi u velikim sistemima da bi se iskoristila svaka prednost prisutnim u serijskoj ili paralelnoj vezi, i formiraju se na sledeći način:



Slika 45.Integracije paralelnog i serijskog povezivanja.

Izvor: Alahras, 2014.

#### 5.5.1 Kontrolori punjenja

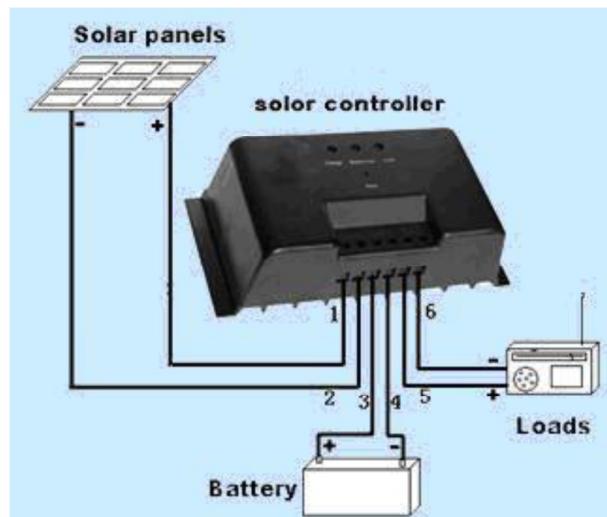
To je druga faza solarnog sistema i obavlja mnoge funkcije na sledeći način (Alahras,2014, 63):<sup>84</sup>

- Sadrži unutrašnji osigurač koji štiti solarne ćelije od oštećenja u slučaju kontakta (dodira) stranama zajedno, što može izazvati kratkog spoja, tako da dolazi do oštećenja osigurača, što dalje sprečava velika oštećenja na solarnim ćelijama, i može se zameniti, a zatim ponovo raditi, a njegova cena nije visoka.
- Radi na pročišćavanju i stabilizaciji napona koji ide od solarne ćelije do uređaja, i koji radi na stalnom naponu, jer se jačina sunčeve svetlosti povećava i smanjuje tokom dana, bilo zbog oblaka ili zbog promene ugla sunca, sve dok potpuno ne nestane sa zalaskom sunca.

<sup>84</sup> Azarshar Feizi Azarshahr (2013), "New Technologies in Modern Architecture and its interaction with traditional architecture", University of Tehran,.

- Reguliše punjenje baterija jer je proces punjenja različit u svom mehanizmu od jednostavnog obezbeđivanja stalnog izvora energije koji je povezan sa baterijom, gde je napon napona punjenja jednak vrednosti baterije, a vrednost struje punjenja je oko 15% od ukupne struje, koju baterija može da primi. Ako se ta veličina mnogo poveća, onda će baterija se brže puniti što može dovesti do bržeg trošenje baterije tokom vremena. Ako je taj odnos mnogo niži, baterija će se puniti sporo, i vreme punjenja trajaće jako dugo.

- Garantuje da se struja ponovo ne vrati iz baterije u ćeliju, jer se u slučaju odvajanja opterećenja i u odsustvu regulatora naboja, solarne ćelije mogu smatrati opterećenjem za povlačenje struje iz baterije u ćelije, u obrnutom položaju što ih uništava.



Slika 46. Kontrolori punjenja i njihov odnos prema sistemu solarnih ćelija)

Izvor: Cristiana, 2007.

### 5.5.2 Baterije

Baterija je jedinica odgovorna za skladištenje i isporuku energije po potrebi, to jest, ima dvostruku funkciju, i može se uporediti sa balonima koji mogu dozvoliti ulazak vazduha u

unutrašnjost, da bi bili puni pod spoljnim pritiskom, ili oslobođiti čepa da bi unutrašnji pritisak ponovo izašao napolje.



Slika 47. Baterije za skladištenje i korišćenje električne energije u odsustvu sunca

Izvor: Cristiana, 2007

Naravno, postoji mnogo tipova baterija, ali većina baterija koje se koriste kod solarnih sistema su one, koje koriste kiselinu i olovne katode, kapaciteta 12 volti ili 24 volti. Da biste radili sa baterijom, morate znati najmanje dva promenljiva od tri, to su napon izražen u voltima, jačina struje koja se meri amperima, i kapacitet koja se meri vatom.

Baterije se mogu spojiti na isti način kao i solarne ćelije, kako bi se doatile različite vrednosti, napona i jačine struje. Tip baterije se označava brojem ampera na Am/ h , to ujedno ukazuje na kapacitet baterije. Na primer, ako na bateriji stoje sledeći podatci: 12 volti 19 Ah, to znači da baterija može da obezbedi 19 ampera za 1 sat, ili 1 amp za 19 sati, pre nego što ih treba ponovo napuniti i teoretski ih možete napuniti za jedan sat ako obezbedite struju jačine 19 ampera, ili ih napunite za 2 sata ako obezbedite struju jačine 9,5 ampera i tako dalje.

### Određivanje specifikacije punjača koji će raditi na baterije

Ranije smo napomenuli da regulator napona obezbeđuje akumulatoru napon jednak njegovoj stvarnoj vrednosti, dok jačina struje iznosi 15%, od ukupne jačine struje u bateriji. Proizvođači baterija generalno preporučuju da se baterija puni najmanje 6 sati i ne više od 24

sata, kako bi se osigurale najbolje performanse baterije, što znači da ako želimo da napunimo bateriju što brže moguće a da ne oštetimo bateriju, moramo je napuniti u vremenu koji traje 6 sati.

Na primer, ako imamo bateriju od 12 V i kapacitet od 100 Ah, to znači da je najniže vreme potrebno za punjenja ove baterije je  $6h = 16,6 A$ , a najveća struja za punjenje baterije može biti (A) = 100 Ah. U slučaju da napunimo bateriju za manje od 6 sati, onda je punimo sa strujom iznad dozvoljene, što će izložiti bateriju oštećenju na dugom ili srednjem period, zbog preopterećenja. Istovremeno, ako napunimo bateriju više od 24 sata ili manje od 4 Ampera - u prethodnom primeru, punjenje baterije će se obaviti veoma sporo, i neće biti korisno u praksi. Uprkos gore navedenom, većini baterija piše idealno vreme za punjenje baterije, kao što je 12 V 7.2Ah / 20HR - Što određuje idealnu struju za punjenje baterije(Al-Ahras, 2014, 138).

Naravno, vreme punjenja se razlikuje od fabrike do fabrike, ali generalno je bezbedno sve dok se vreme punjenja kreće u dozvoljenom interval, od 6-24 sata (Al-Ahras, 2014, 142).



Slika 48. Električni punjač baterija

Izvor: Cristiana, 2007

### 5.5.3. Inverteri

Važnost ove faze dolazi kada je potrebno koristiti te ćelije za generisanje visoke naizmenične električne energije, koja može upravljati velikim električnim i elektronskim uređajima u domaćinstvima ili fabrikama, zbog toga moramo koristiti uređaji koji se zovu Inverteri.Takođe, inverteri pretvaraju jednosmernu struju, bilo da je 12 volti, 24 volta ili bilo koju drugu vrednost, u visoku naizmeničnu struju od 110 ili 220 volti za pokretanje opreme, koja radi na naizmeničnoj struci i teškoj opremi.

Inverteri predstavljaju posljednju fazu, i bez njih solarni paneli ne bi imali stvarnu vrednost, a to je u suštini isti uređaj koji se koristi u vozilu, i povezuje se s upaljačem za

automobil kako bi konvertirao stalni napon, bilo 12 volti ili 24 volta na naizmenični napon 220 v, a može da pokrene i drugi uređaji poput televizora ili mini hladnjaka, ili ličnog kompjutera unutar automobila.

Vrsta invertera: Postoje razni tipovi invertera, međutim, najvažnija su dva (Majid, 2015, 64:

- A- Inverteri za pokretanje osvetljenja i elektronskih uređaja;
- B- Inverteri za pokretanje raznih uređaja.

Pored toga, postoje inventeri koji sadrže unutrašnje punjače koji se mogu priključiti na glavni izvor napajanja (V AC ili 110 V AC 220), i baterije može da se pune odmah bez čekanja na napajanje, preko solarnih ćelija ili punjenje drugih baterija. Oni takođe mogu da rade kao i UPS uređajima, to su uređaji koji imaju interne baterije za napajanje uređaja kada nestane struje tj., mogu da rade na rešavanju hitnih problema.

Sistemi solarnih ćelija su jednostavno postali značajan faktor u tehnologiji čiste energije koja se više ne može zanemariti, jer i ako oni zahtevaju veliku investiciju na početku njihove izgradnje, njihovi dugoročni prihodi donose stvarnu korist, kako u smislu štednje tako i ograničenja zagadenja okoline jer se smatra savršenim prijateljem okruženja, i veoma su uspešni na Bliskom istoku, jer će, uprkos tome što je to jedno od najobilnijih mesta na svetu u solarnoj energiji, oni će uštediti mnogo novca koji se troši na druge izvore energije, uglavnom naftom i prirodnim plinom.

Dakle, sistem solarne ćelije predstavlja jedno od najjednostavnijih rešenja, koje može pomoći u rešavanju energetskog problema u Libiji i drugim zemljama.



Slika 49. Jednostavan sistem koji ilustruje ideju solarnih čelija na integriran način

Izvor: (Alahras,2014)

## Glava VI. Integralni odnos između solarnih čelija i arhitektonske formacije

Solarne ćelije predstavljaju solidna sredstva za proizvodnju električne energije, kada se postavljaju na odgovarajuću lokaciju direktno prema suncu. Jedna od najznačajnijih primene za solarne ćelije je njihova primena koja se odnosi na integrisane odnose između zgrada i solarnih ćelija, tj. povezivanje solarnih ćelija sa arhitektonskom konfiguracijom zgrade, pri čemu reči integrисани solarni sistemi u zgradama ukazuju na to, da su solarne ćelije ugrađene u zgradu, a takav poduhvat se odvija u saradnji između različitih disciplina, kao što su arhitektura, građevinarstvo i dizajn solarnih sistema.

## **6.1. Arhitektonska formacija**

Postoji ogromna povezazost između koncepta formacije i arhitekture, jer proces konstruisanja i formiranja u stvarnosti počinje od prvog trenutaka, u kojim arhitekta započinje projektovanje. Arhitektura je u suštini je trodimenzionalni umetnički dizajn ili formacija, sastavljena od formacija formiranih u prostoru koji primenjuje oblik, teksturu, veličinu, svetlost i boju, kao delove u sastavu tog dizajna. Karakteriše ga koherentna, neprekidna, ujednačena, i međusobno povezana celina, a oblik predstavlja naziv dat skupu delova, njihov međusobni odnos i između njih i prostora unutar ili oko njih, a koji u suštini definiše, karakter tog objekta ili tela.<sup>85</sup>

### **6.1.1 Koncept arhitektonske formacije**

Arhitektonska formacija je definisana kao spoljašnje senzorsko telo materijala, koje se sastoji od odnosa između sistema svojstava elemenata formacije, i senzornih odnosa na horizontalnom nivou, ili u zapremenskoj formaciji. Arhitektonska formacija je proces u kojem dizajner koristi formacijske vizuelne jedinice kao osnovne elemente i principe dizajna, da ih transformiše u mase i prostore, prema određenom sistemu. Arhitektonska konfiguracija počinje sa poznavanjem senzorskih karakteristika različitih sistemskih oblika, i na osnovu njih dobijamo određene formacijske vrednosti koje definišu odnose, između mase i arhitektonskih prostora.

Proces formiranja predstavlja organizovane grupe elemenata unutar vladajućeg okvira odnosa, a principi određuju odnose koji vladaju između ovih elemenata. Proces formiranja u

---

<sup>85</sup> Abdul Razek Najil Kamal, Skuadron Favzi Abbas(2015), Formiranje stambenih kompleksnih fasada i njegov uticaj na urbani pejzaž grada Bagdada, Časopis za tehniku i tehnologiju, br.2, Bagdad.

arhitekturi povezan je s dva glavna cilja, to su korist i lepota, jer arhitektura predstavlja korisni proctor, koji zadovoljava potrebe pojedinca, a istovremeno vodi računa o estetiskom smislu. Moderna tehnologija ostavlja snažan uticaj na elemente formiranja, pored toga pruža veliku slobodu i fleksibilnost u arhitektonskom formiranju, pa stoga moramo temeljno proučiti i povećati arhitektonsku svest, da bi arhitektura bila kompatibilna savremenom tehnologijom.

### **6 .1.2 Osnove arhitektonskog oblikovanja**

Postoji nekoliko pitanja o prioritetu kod završene formacije i njenih temelja, tako da se postavlja pitanje, da li prvo ide formacija ili temelji? ili su temelji postavljeni unapred, a onda se postavlja formacija? Činjenica je da je formacija prvo proizvedena, a od te formacije dobijaju se zaključci, koji mogu doprineti proizvodnji drugih formacija. Primera radi, u grčkoj arhitekturi stvorene su izuzetne formacije hramova nakon napora razvoja i usavršavanja, sve dok ove formacije nisu dostigle rezultat prihvaćen za oko tj. estetski prihvaćeni, a zatim su osmišljeni formacijski temelji klasične arhitekture.

• Izvori i temelji na kojima se odvija proces formiranja i instalacije u arhitekturi, i koji polazi od prvih trenutaka kada dizajner započinje proces projektovanja zasnovani su na sledeće:

86

- (1) Arhitekt treba da formuliše formu (oblik), koja je blisko povezana sa zahtevom kroz tačku gledišta korisnika.
- (2) Arhitekt bira odgovarajuću formu koja postiže relativnu značajnost zahtevom, kao što je apstraktna, sintetička ili eksplicitna.
- (3) Arhitekta postavlja pravila građenja, bez obzira da li se to pravilo odnosi na izbor građevinskog materijala ili građevinskog sistema, kroz koje se zahtev može izraziti vizuelno ili u opštoj strukturi prostora, i njihovoj spoljašnjoj formi.

Generalno, dizajner se pridržava dva glavna trenda u formiranju arhitektonskih oblika:<sup>87</sup>

- ✓ Da je oblik kompatibilan tj. u skladu sa postojećim modelom i da predstavlja simulacijom lokalne arhitekture sa njenim elementima.

---

<sup>86</sup> Aveida Nihad Mohamed Mahmoud(1999), Konstrukcije i istina o arhitekturi, Magistarski rad, Tehnički fakultet - Univerzitet u Kairu, , Kairo.

<sup>87</sup> Curtis, William J. R. (1997), Modern Architecture Since 1900, "Technology, Abstraction and Ideas of Nature", London.

- ✓ Primena inovacije i kreativnosti što obezbeđuje novi oblik, čije komponente mogu biti tehničke, selektivne, linearne ili apstraktne.

Međutim, ovaj konflikt između starog i modernog ne predstavlja poremećaj u arhitektonskom dizajnu ili procesu dizajna, jer se arhitektonski izlaz stalno menja, a dizajner može da prevaziđe ovaj konflikt uvođenjem principa fleksibilnosti u procesu arhitektonskog projektovanja, uvođenja novog materijala, modernog sistema i promenom konfiguracije i izgleda fasade, tj. da ima uticaj na vizuelni aspekt odabirom elemenata izvedeni iz arhitektonske baštine, i ponovo ih restruktuiran.

Imajući u vidu gore navedeno, arhitektonska forma podrazumeva formulaciju arhitektonske forme u formi, koja proizvodi nove osobine i nove odnose, primer tome, kada umetnik izrađuje skulpturu, iz koje on dobija složen oblik i prostor, koji izlazi iz misterije i dvosmislenosti i dobija novi specifični značaj, oblicima sa novim duhom.

### **6.1.3 Sredstva arhitektonskog oblikovanja**

Sredstva oblikovanja su:<sup>88</sup>

- ✓ Oblik;
- ✓ Prostor;
- ✓ Fotonaponska vrednost;
- ✓ Boje;
- ✓ Teksture.

Sredstva arhitektonskog oblikovanja su međusobno integrisana, da bi zajedno nastupala i učestvovala u okviru sveukupne arhitektonske konfiguracije, i ne deluje kao zasebna sekcija, unutar celokupnog rada.

Složene masovne strukture često formiraju prostor u složenom obliku, što otežava razlikovanje ovih prostora, međutim, oni su uvek integrисани i to je ono što karakteriše dobru arhitektonsku formu što zavisi od integrisanja. Pored toga, dva glavna elementa, forma i prostor, dopunjeni su drugim sekundarnim elementima. Primer tome, optička vrednost predstavlja rezultat refleksije mase na prostoru sa izvora svetlosti, kao što je boja i tekstura, koja predstavlja karakteristiku za površinu oblika. Takođe, linija je element koji postoji svuda, i

---

<sup>88</sup> Fischer, Ernest(1964), The Necessity of Art: A marxit Approach. Translated by: Anna Bostok, Penguin Books Ltd., New York.

ona određuje oblik i njihovu masu, prokter, povezuje elemente, i daje im teksturu i razdvaja između boje.<sup>89</sup>

## **6.2. Projektovanje integrisanih fotonaponskih sistema sa zgradama (Building Integrated Photovoltaics BIPV)**

Neophodno je Integrirati sisteme solarnih čelija sa zgradom, tako da se oni transformišu u svesnu tehniku projektovanja, koja se primenjuje sa odabranom opremom i sistemima, da se uklopi sa zgradom.Pored toga, troškovi se moraju pratiti tokom životnog ciklusa čelija da bi se utvrdili ukupni troškovi, koji se mogu smanjiti izbegavanjem troškova, koja se odnose na za građevinski materijal, ili smanjiti troškove vezane za radnu snagu.<sup>90</sup>

Faze projektovanja integrisanih solarnih čelija sa zgradom uključuju:

- ✓ Primenu energetski efikasnog dizajna ili mere energetske efikasnosti, kako bi se minimizirali zahtevi zgrade za energiju.
- ✓ Odaberite interaktivni sistem solarnih čelija sa zgradom, ili nezavisni sistem solarnih čelija.
- ✓ Obezbediti adekvatnu ventilaciju, jer efikasnost refleksije čelija se smanjuje sa rastom radne temperature.
- ✓ Procena korišćenja hibridnog sistema solarnih čelija, kao izbora za poboljšanje efikasnosti sistema.
- ✓ Proučiti proces integracije dnevne svetlosti i solarni sklop koristeći Polutransparentni poluprovidni model ili kristalni model sa razmaknutim čelijama između dva staklena sloja. Dizajneri mogu koristiti čelije za konfigurisanje jedinstvenih dnevnih osvetljenja sa fasadom, krovom i sistemima solarne čelije u krovnim prozorima, takođe, uz pomoć ovog sistema oni mogu pomoći u smanjenju nepoželjnog hlađenja, ili grejanja.
- ✓ Integrirati čelijske modele u uređajima za senčenje, pored toga, čelijski redovi, se nazivaju staklene vidne zone zgrade, koje mogu pružiti odgovarajuće negativne sunčane nijanse.
- ✓ Uputiti dizajnere na uticaje klime i okoline, u proizvodnji energije.
- ✓ Osvrnuti se na temu planiranja lokacije i smernica, na početku faze projektovanja.

<sup>89</sup> Irfan Sami (2014), Funkcionalna teorija u arhitekturi, Dar Al Ma'arif, Kairo.

<sup>90</sup> Robert Farrington(1993), Building-Integrated Photovoltaics, John Wiley & Sons Ltd., New Jersey.

- ✓ Korišćenje čelijskih sistema je relativno novo, i važno je biti siguran da su oni koji rade u projektima dobro obučeni kadar, i da imaju iskustva sa radom sa solarnim čelijama i njihovim uređajima.

### 6.3. Razmatranja prilikom dizajniranja kućišta solarnih čelija

Ravnoteža između procesa projektovanja i instaliranja solarnog sistema, će se zнатно razlikovati u zavisnosti od okolnosti svakog projekta, što zahteva da vodite računa o brojnim dizajnerskim razmatranjima, prilikom dizajniranja čelija to uključuje:

- Solarna razmatranja

–Maksimizacija performanse solarnih kolektora sklopova zidova zgrade, kao i na vrhu zgrade, kako bi se prilagodili idealnim prvcima sunca, solarni kolektori mogu da obezbede ogromni energetski potencijal. Kosi solarni sklopovi (Solar Inclinations) instalirani kao otvori na prozorima, ili kao okvir za gornje otvore će zasenčiti unutrašnje šupljine od direktnе sunčeve svetlosti, dok će istovremeno sakupljati energiju dobijenu od sunčeve svetlosti, a to znači da se može smanjiti, ili eliminisati potreba za električnim osvetljenjem tokom dana putem snabdevanja, sa indirektnim dnevним svetлом.<sup>91</sup>

- Razmatranje dizajna

–Razmatranje dizajna uključuje: prezentaciju i prikazivanja, estetiku, ekonomiju, inženjerske aspekte i razvoj proizvoda.<sup>92</sup>

- Razmatranje lokacije

–Visokogradnja se često stvara u urbanim sredinama gde su cene nekretnina visoke, a okolina gusta, a sene visokih zgrada smanjuju efikasnost solarnih kolektora, zbog toga se, samo gornji spratovi mogu prekriti solarnim čelijama, za razliku od objekata koji povećavaju prostor između njih, što solarni sistemi mogu u potpunosti iskoristiti.

- Razmatranje okruženja

–Uključuje (lokaciju i klimu, izolaciju, vodu, opterećenja vетром, led i zemljotresom).

---

<sup>91</sup> Robert Farrington(1993), Building-Integrated Photovoltaics, John Wiley & Sons Ltd., New Jersey.

<sup>92</sup> Zubaidi, Maha Sabah Salman(2017), "Uticaj održivost životne sredine u formiranju stambenih zajednica u Iraku", doktorska disertacija, Odsek za arhitekturu, Tehnički fakultet, Univerzitet u Bagdadu.

- Strukturna razmatranja

– Za nove i stare konstrukcije, način instalacije je važan za ekonomičnost sistema, na primer, ugradnja stakla iz unutrašnjosti, ne zahteva montažne konstrukcije spoljne skele, a ugradnja unutrašnjeg stakla, predstavlja uobičajen metod savremenih zavesa u ugradnji zidova, koji se primenjuje kroz podelu spoljnih elemenata, na odvojene delove. (Robert farrington 1993, 231)

- Mehanička i električna razmatranja:

– Ventilacija zgrade, električna pitanja;

- Razmatranje održavanja:

– Čišćenje, remont;

- Razmatranje životne sredine

– Procena iskorišćenosti solarnih čelija u životnoj sredini nije ograničena na obim njihovog smanjenja za potrošnju tradicionalne električne energije, ali ovde su uključeni i drugi faktori, koji, uključuju ponovo upotrebu, i problem koji se odnosi na zagađenje.<sup>93</sup>

### **6.3.1 Način ugradnje i integracije solarne čelije sa ostalim elementima**

Solarne čelije se ugrađuju i integrišu u zgradu pomoću dva dela koji se nalaze u njihovom sastavu, preko kojih se prikazuju formiranje čelija na krovu zgrade, isto tako se prikazuju na plafonu i na fasadi. Postoje brojni načini za ugradnju čelija na krovovima i fasadama, bilo na ravne ili kose krovove, ili fasade svih vrsta. Način ugradnje kod svakog tipa krova i fasada se razlikuje u zavisnosti od ugla instalacije i konstrukcije, od jednosmernih zatvorenih do otvorenih slojeva i dvosmernih otvorenih slojeva kod ravnih krovova. Što se tiče načina ugradnje čelije kod kosih krovova su podeljene na čelije montirane krova od crepa, i na široko rasprostranjene krovove, a postoje zatvorene i otvorene fasade.

---

<sup>93</sup> Roaf, Sue Fuentes, Mannel and Stephanic Thomas (2007), “Eco House: A Design Guide”, John Wiley & Sons Ltd, Oxford, UK.

### **6.3.2 Prednosti povezivanja solarnih čelija sa arhitektonskom konfiguracijom zgrade**

Postoji niz karakteristika i prednosti ovog sistema, koje se pojavljuju u sledećim tačkama:<sup>94</sup>

- ✓ Ovi sistemi rade sa visokom efikasnošću i neograničenim kapacitetom.
- ✓ Ovi sistemi imaju razne arhitektonske prednosti, bilo da se radi o konfiguraciji ili konstrukciji, ili u domenu inovacije i kreativnosti u izgradnji, što omogućava iskorišćavanje ovih sistema, za određene samostalnih uređaja, bez instaliranja integrisane mreže u zgradi.
- ✓ Integrisani solarni sistemi u zgradama obezbeđuje sirovina (BIPV)
- ✓ Smanjuju troškove struje.
- ✓ Smanjuju upotrebu goriva i štetnih emisija po ozonski omotač.
- ✓ Tradicionalne materijale za izgradnju možemo zameniti sistemima solarnih čelija, kao što su staklo i drugo.
- ✓ Kada se povećava količina proizvedene električne energije može se vratiti u mrežu i ponovo koristiti.
- ✓ Na kraju nalazimo da model (BIPV) povećava vrednosti zgrade.

### **6.4. Položaj i metode integracije solarnih čelija sa zgradom**

Ovaj deo se bavi odnosom solarnih panela kao tehničkog sistema sa spoljnom konstrukcijom zgrade, i to kao spoljni završni materijal s kojim se solarni paneli integrišu, jer integrirani dizajn zgrade počinje kada se razmišlja o projektovanju zgrade kao celine-zgrade, kao integrirani sistem. U suštini to znači, da se ne treba odvojeno baviti dizajnom različitih elemenata, uključujući i spoljne završne materijale. Pored toga, zgrade sadrže višestruke i raznovrsne sisteme, koji su međusobno povezani u odnosima koji se razlikuju po stepenu preklapanja i njihovoj kompatibilnosti, na osnovu tipa sistema i njegove lokacije u zgradi.

Integracioni odnos solarnih sistema i arhitektonskog oblika, je pod uticajem sledećih:<sup>95</sup>

---

<sup>94</sup>Vaziri, Jahja (2016), "Ekološki arhitektonski prijateljski dizajn prema zelenoj arhitekturi", prvo izdanje, Madbouli Librari, Kairo.

- ✓ Instalacione lokacije solarnih sistema.
- ✓ Formalni nivoi integracije između solarnih i arhitektonskih sistema.
- ✓ Funkcionalna raznolikost solarnih sistema, kao spoljnih završnih materijala u arhitektonskom obliku.

Lokacija i prostor solarnih sistema koji se koriste u zgradama zavisi od oblika i orijentacije zgrade, a poželjno je da krovovi nisu osenčeni. Generalno, postoje pet glavnih lokacija, u zgradu, koji se mogu integrisati sa solarnim sistemima (Prasad & Snov 2005, 169):

- ✓ Horizontalni krovovi.
- ✓ Kosi krovovi.
- ✓ Zakriviljeni krovovi.
- ✓ Fasade zgrada.
- ✓ Građevinski detalji.

#### **6.4.1 Horizontalni krovovi**

Horizontalni krovovi u zgradama izloženi su sunčevom zračenju leti, više od vertikalnih zidova zgrade. Često, integrisani solarni paneli sa horizontalnom površinom nisu vidljivi u spoljnem obliku, ali njihov uticaj može da se suačava u unutrašnjim prostorima kada se koristi pola prozirnih solarnih panela u prostoru krova, ili u nazubljenoj površini. Horizontalne površine mogu da pružaju dobru mogućnost da se obezbedi prostor potreban za instalaciju solarnih sistema.

Evo nekoliko različitih načina za integraciju solarnih panela sa horizontalnim površinama:<sup>95</sup>

##### **Prvo: kosi solarni moduli dizajnirani za horizontalne krovove**

Oni su nagnute ploče pod fiksnim uglom, koje su montirane na noseće konstrukcije i fiksirane na krovovima, kao što je prikazano na slici 25.<sup>97</sup>

---

<sup>95</sup> Salingaros, Nikos(2004), Architectural Theory and the Work of Bernard Tschumi, Architectural publishers, London.

<sup>96</sup> Alahras Usama (2014), Sve što je potrebno znati o solarnim celijama, Amman publishing house, Jordan.

<sup>97</sup> Al-Jadri Ihsan Ali i Junis Mahmoud M. Selim (2016), Uticaj primene tehnologije solarnog sistema u arhitektonskoj proizvodnji, Dar altibaah, Tripoli,



Slika 50. Kosi solarni moduli dizajnirani za horizontalne krovove.

Izvor: Sigulda, Latvia,2010<sup>98</sup>

#### **Drugo: Izolacione solarne jedinice sa horizontalnim režimom**

Pojedina vrsta solarnih panela sadrže specifične materijale za toplotnu izolaciju unutar solarnog modula, koja pomaže u povećanju toplotne izolacije zgrade zbog izolacionog materijala koje oni sadrže.Ovaj tip se najčešće koristi u horizontalnim krovovima i može se koristiti u kosim krovovima, pored toga, ovaj tip koristi se i za rehabilitaciju starih krovova, jer ne zahteva komplikovane mehaničke metode za montažu, slika 24.<sup>99</sup>



Slika 51.Solarne termoizolacione jedinice sa horizontalnim položajem.

Izvor:Al-Jadri, Salim 2015

#### **Treće: Solarne jedinice koje se koriste kao prirodna rasveta**

Koristi se za pokrivanje velikih horizontalnih ili navojnih krovova. Kada se koriste navojni krovovi, solarni paneli su smešteni u smeru koji prima maksimalnu količinu energije

<sup>98</sup> Sigulda, Latvia (2010), International training“Energy efficiency of buildings and ecological construction materials”, Images publishing, New Jersey.

<sup>99</sup> Al-Jadri Ihsan Ali i Junis Mahmoud M. Selim (2016), Uticaj primene tehnologije solarnog sistema u arhitektonskoj proizvodnji, Dar altibaah, Tripoli,

što je često južna orijentacija, dok severna strana prima prirodno osvetljenje. Zbog toga, se strmi krovovi sa većom površinom orijentišu prema jugu, a manji kosi krovovi orijentišu se prema severu.



Slika 52. Integracije navojnih krovova sa solarnim panelima

Izvor: Sigulda, Latvia, 2010<sup>100</sup>

Kada se koriste horizontalni krovovi, tada se koriste prozirni ili poluprozirni solarni paneli koji dozvoljavaju ulazak dnevnom svetlu. U ovom slučaju, ovaj tip se pojavljuje u unutrašnjem dizajnu, a posebno u srednjem dvorištu i glavnom predvorju, kada se koristi dvostruko slojno staklo, u njihovom sastavu,<sup>101</sup> kao što je prikazano na slici 53.



Slika 53. Primena solarnih panela kao poroznih krovova

Izvor: Sigulda, Latvia, 2010

#### 6.4.2 Kosi krovovi

<sup>100</sup> Sigulda, Latvia (2010), International training “Energy efficiency of buildings and ecological construction materials”, Images publishing, New Jersey.

<sup>101</sup> Reddy Venkatarama (2004), “Sustainable building technologies”, Department of Civil Engineering & Centre for Sustainable Technologies, Indian Institute of Science, Current Science, Vol. 87, No. 7, 10 Oct., Bangalore, India.

Ovaj tip se uklapa sa krovovima orijentisanim u pravcu juga ili jugozapada, što ne znači da ne možemo postavljati solarni modul prema drugom pravcu, ali za optimalnu projektnu odluku moramo da biramo jedan od ova dva pristupa, jer su najefikasniji u primanju direktnog sunčevog zračenja na kome zavise solarni uređaji u proizvodnji električne energije. Jedna od karakteristika ovog tipa je mogućnost instaliranja solarnih modula, bez potreba da se koriste nagnute strukture koje se koriste u horizontalnim krovovima<sup>102</sup> Takođe, kosi krovovi olakšavaju čišćenje jedinica i sprečavaju sakupljanje vode, a preporučuje se da se ne ostavlja veliki razmak između solarnih redova, kako bi se sprečilo nakupljanje prašine, lišća drveća ili snega.

– **Postoje različiti načini za integraciju solarnih modula sa kosim krovovima, to su:**

Prvo: Dodavanje solarnih modula na kosu površinu u obliku jedinica, koji zamenjuju materijal koji pokrivaju krov.

Solarni moduli koji se koriste u ovom tipu, imaju iste karakteristike konvencionalnih završnih materijala u pogledu otpornost na vremenske uslove, zvučnu izolaciju i vodootpornost pored proizvodnje energije, a zadnji deo solarnih modula je okrenut prema unutrašnjem delu zgrade, što u suštini predstavlja unutrašnji deo krova u tom prostoru, zbog toga je neophodno da vodite računa o izgledu delova, koji pokrivaju unutrašnji prostor. Ovi paneli su lagani i mogu biti tipa poluprozirne čelije, koje dozvoljavaju prodor prirodnog svetla do prostorije, a mogu biti i neprozirni-zatamnjeni.<sup>103</sup> Solarni moduli ponekad zahtevaju instaliranje ventilacionih uređaja na unutrašnjem delu krova, radi smanjenja temperature okoline, zbog toga se, pojedine metode integracija sa solarnim sistemima zasnivaju na način, da se ta temperatura iskoristi u hladnom periodu.

Pre dodavanja jedinica, dodaju se segmenti gvožđa ili aluminijuma, da bi se formirala mreža na kojoj će se instalirati, a električni priključci su skriveni unutar nosača konstrukcijskih sekacija. Kosi solarni paneli su podeljeni u dve vrste u zavisnosti od metode gradnje, krov je ili

<sup>102</sup> Randall, Thomas(2006), "Environmental Design (An Introduction for Architects and Engineers)" Taylor & Francis e-Library, San Francisco.

<sup>103</sup> Kimura Ken, Ichi (2000), "Solar Architecture for the Happiness of Mankind" Solar Energy, New York.

izgrađen na lokaciji pa zatim su na njega instalirani solarni moduli, ili je krov instaliran prethodno sa solarnim modulima.<sup>104</sup>

Korišćenje solarnih sistema kao modula za spoljnu završnu obradu krova zgrade, je u skladu sa strategijom smanjenja troškova za energetski efikasne zgrade, kako je objašnjeno na slici 54.<sup>105</sup>



Slika 54. Primena solarne ćelije kao alternative tradicionalnog građevinskog materijala na kosim krovovima.

Izvor: Sinaps, Donker, 2013.<sup>106</sup>

Drugo: Instaliranje solarnih jedinica na kosim krovovima iznad spoljnih završnih materijala

Zatamnjeni solarni moduli se instaliraju na završnim materijalima koji ujedno predstavljaju krov unutarnjeg prostora, i na taj način on će biti osnova na kojoj će se osloniti jedinice. Postoje dva načina integracije, prvi način je direktno montiranje solarnih modula na panele, a drugi način je ostavljanje rastojanja između krovnih panela i solarnih modula, a to se postiže postavljanjem solarnih modula, u okviru od aluminijuma ili gvožđa.<sup>107</sup> Drugi način obezbeđuje ventilaciju solarnih modula sa dna, jer monokristalizovane solarne ćelije rade efikasnije kada je ventilacija dostupna, tako da je poželjno odvojiti ih od krova, kako bi poboljšali svoje performanse slika 55.<sup>108</sup>

<sup>104</sup> Norbert lechner (2001), "Heating ,cooling lighting, design methods for architect", Wiley John & sons Inc, New Jersey.

<sup>105</sup> Randall Thomas (2001), " Photovoltaics and Architecture", Routledge, London, GBR

<sup>106</sup> Sinapis Kostas, Menno van den Donker (2013), State of the art in Building Integrated Photovoltaics,(BIPV REPORT), London.

<sup>107</sup> Zamil Ahmed(2016), The Glass Industries, Jabala Co. For Commercial Agencies, Jadria, Baghdad.

<sup>108</sup> Raghad Nematallah Hamdallah(2014), "Tehnologija i oblik - uticaj moderne tehnologije na oblik stanovanja", Naučna knjiga, Bagdad.



Slika 55. Solarne ćelije iznad tradicionalnih završnih materijala na kosim krovovima

Izvor: Sinaps, Donker,<sup>109</sup>2013

Treće: Instaliranje solarnih modula u okviru tradicionalnog materijala za krov

Važna polja integrisanog sistema BIPV su mali komadi PV šindri (Eng.PV Shingles), koji su predstavljeni u dva tipa: mali solarni moduli koji se ugrađuju sa spoljnim materijalima ili se proizvode u okviru tog modula, tj. sa tradicionalnim završnim materijalom. Neophodno je napomenuti da su razna savremena dostignuća koja se odnose na ovaj tip, izložena na svetska tržišta, a jedna od bitnih karakteristika je njihov estetski izgled, jednostavnost dizajna i mala težina.<sup>110</sup>Oni se razlikuju među sobom od malih laminiranih PV-ova kao što je prikazano na slici 31, ili su ojačane ploče od vlakana, kao što je prikazano na slici 29.<sup>111</sup>

<sup>109</sup> Sinapis Kostas, Menno van den Donker (2013), State of the art in Building Integrated Photovoltaics,(BIPV REPORT), London.

<sup>110</sup> Mendlar, Sandara & odell, William (2000), "The hok guide book to sustainable design", John Wiley and Sons Inc., USA.

<sup>111</sup> Pank,Will Girardet,Herbert & Cox Greg (2014), "Tall Buildings and Sustainability", London.



Slika 56. Male jedinice za kosu površinu umesto tradicionalnog materijala

Izvor: *Sinaps, Donker, 2013*



Slika 57. Solarne čelije kao alternativa tradicionalnim završnim materijalima u kosim ojačanim modulima

Izvor: Sinaps, Donker, 2013

#### 6.4.3 Zakriviljeni krovovi

Solarni moduli mogu da obezbede dizajn za tzv. Fold Away ili savitljivi površina, primenom tehnologije tankog filma. Zakriviljeni krovovi se izrađuju od dva tipa:<sup>112</sup>

### **Prvo: Primena tanki solarni modula (tankih filmova)**

To je tip solarnih modula koji je fleksibilan, i može se preklopiti (saviti), takođe, može zameniti tradicionalni spoljni materijal, za završnu obradu. Modul je izuzetno lagan i predstavlja dobru izolaciju za vodu, stoga se najbolje koristi u zemljama s kišnom klimom, a ima i široku primenu na kosim i horizontalnim površinama. Dostupan je u modularnom formatu sa određenim dimenzijama ili u zaobljenom formatu zavojnice širine oko 1.5m, a dužina od 12m tamno plave boje.<sup>113</sup> Neke vrste imaju prednost da blago reflektuju boje solarnog spektra kada se sunčevi zraci direktno usmere na modul, kao što je prikazano na slici 58.



Slika 59. Tanke i fleksibilne solarne čelije koje se koriste u zakriviljenim površinama.

Izvor: Wesoff, 2011<sup>114</sup>

### **Drugo: zaobljene površine**

Moguće je dizajnirati zaobljene krovove, primenim konvencionalnih solarnih modula<sup>115</sup> raspoređeni na konveksan način, slika 60.

<sup>112</sup> Kim, Jong-Jin(1998), “Sustainable Architecture Module: Qualities, Use and Examples of Sustainable Building Materials”, The University of Michigan, USA.

<sup>113</sup> Nesbitt, Kate(1996), Theorizing a new agenda for Architecture, An Anthology of Architectural Theory 1965-1995, “Tectonic Expression”, New York.

<sup>114</sup> Wesoff Eric (2011), Can Microinverters and Optimizers Work in Large Solar PV Installations?, Images publishing, New York.



Slika 60. Tanke i fleksibilne solare ćelije se koriste u zaobljenim krovovima

Izvor: Wesoff, 2011

## 6.5. Fasade objekta

U ovom slučaju, integrisani solarni paneli instalirani na fasadama zgrada su vidljiviji od drugih tipova integracija, dok se velike površine ovih fasada mogu iskoristiti u proizvodnju električne energije, kada su usmereni na pravi način.<sup>116</sup>

Fasade su ponekad izložene zasenčenju duže nego što su ostale površine izložene, pa se proces procen i koristi od instaliranog sistema, a zavisi od količine raspoloživog prostora fasada zgrade usmerene ka različitim smerovima, i količini dobijenog sunčevog zračenja, u okviru regionalne klime.<sup>117</sup>

Solarni moduli mogu zameniti spoljne završne materijale koji se koriste u fasadama i da se integrišu sa njima, zbog toga, među bitnim specifikacijama solarnih jedinica koje se koriste u fasadama su opšti izgled, koji mora biti estetski prihvatljiv.<sup>118</sup> Pored toga, Jedinice koje se koriste na fasadama treba da budu otporne na vatru, čvrste sa visokom izdržljivosti radi zaštite od eventualnog oštećenja, i u okvirene jedinice preferira se korišćenje laganih materijala, napravljeni od izdržljivog materijala.

### Prvo: Zidne zavese

---

<sup>115</sup> Gunther, Thomas Schmitz(1999), Living Spaces- Ecological Building and Design, Slovenia.

<sup>116</sup> Meiss, piene Von(1992), Elements of architecture: From form to place, E and FN Spon, Champman and Hall, London.

<sup>117</sup> Daraji, Rana Majeed Iaseen(2006), Strategije solarne arhitekture unutar statičke i dinamičke strukture, magistarski rad arhitekture, Tehnički fakultet Univerziteta u Bagdadu.

<sup>118</sup> Kranzberg, Melvin(1967),Technology in Western Civilization, Oxford University press, New York.

Zidne zavese su integrisane fasade sa solarnim modulima i obično su podvrgnuti ventilaciji, pogodne su za integrisana dizajnerska rešenja sa monokristalnim silikonskim solarnim modulima, konstrukcije se mogu izvršiti pomoću visoko razvijenih sistema pakovanja i mogu se ugraditi u različite tipove panela, kao što su solarni zastakleni moduli, ili okvirni solarni moduli.<sup>119</sup> U tu svrhu koriste se i vezni materijali (punjenje), između prostora za zatvaranje praznina, a zidne zavese mogu biti prozirne ili zatamnjene, slika 61 i 62.

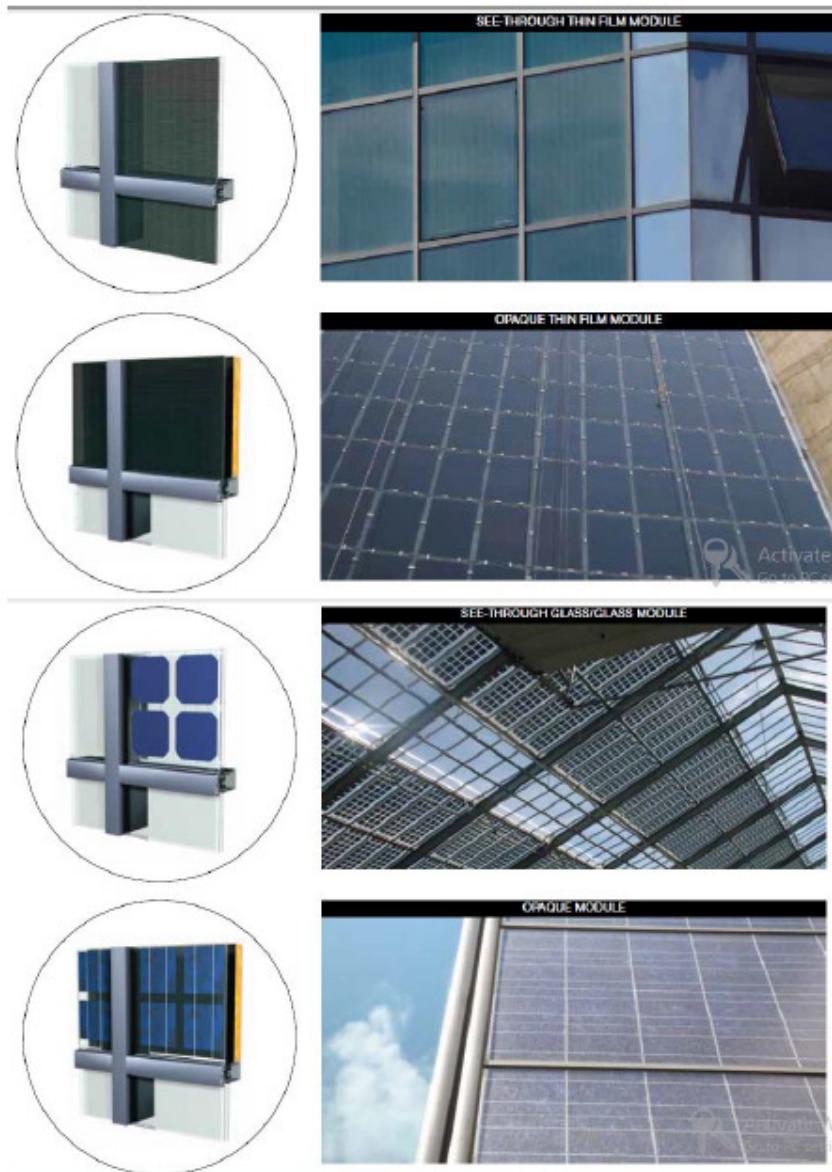


Slika 64. Solarne čelije se koriste kao zidne zavese

Izvor: Krawietz 2011<sup>120</sup>

<sup>119</sup>Muschett, F. Douglas (2000),"Principi održivog razvoja", Prevod: Bahaa Shaheen, Međunarodna kuća za kulturnu investiciju, Prvo izdanje, Kairo.

<sup>120</sup>Krawietz, Silke A. (2011), Sustainable Buildings and BIPV An international perspective, London.



Slika 65. Sekcije i metode ugradnje solarnih celija u zidnim zavesima (Krawietz 2011)

#### Drugo: Vertikalni zidovi sa spoljnom oblogom

Solarni paneli pokrivaju celinu ili deo fasade zgrade, a ponekad se instaliraju na način da izgledaju kao drugi sloj ugrađen preko unutrašnjeg prvog sloja, koji sadrži izolacioni material, i ovde se vodi računa da korišćeni material mora biti hidroizolacioni, za sprečavanje kondenzacije. Ovaj sloj treba da bude zatvoren i vazdušni prostori u njemu treba da bude

zatvoren, a fasade koje nisu izložene ventilaciji, zavise od tipova čelija koje mogu da izdrže visoke temperature u tom okruženju, kao što su Amorfni silikon i Poli kristalni Silikon.<sup>121</sup> To je jedan od načina oblaganja fasada postavljanjem aluminijumske sekcije na fasadu na kojoj se oslanja solarni modul, a ponekad se sekcije unapred instaliraju na module, i u ovom slučaju solarne jedinice biće izložene ventilaciji kao na slici 66.<sup>122</sup>



Slika 66. Vertikalni zidovi kao sloj iznad unutrašnjeg sloja

Izvor: Krawietz 2011

### Treće: Fasade sa krivim zidovima

Krivi (nagibni) zid je zavesni zid koji je dodat, ili je zid samog objekta nagnut, a solarne jedinice su fiksirane na zidu, kao spoljna obloga. Primena ove vrste, predstavlja jedan od najpraktičnijih rešenja za postizanje najveće moguće površine, i ono utiče na oblik unutrašnjeg prostora<sup>123</sup>, slika 36.

<sup>121</sup> Esko Miettinen(2015), " Sustainable Architecture with Stainless Steel" the conference creative architecture with Stainless Steel jointly organized by Euro Inox, Brussels, Belgium, and Cedinox.

<sup>122</sup> Ladriere, Jean (1977), The Challenge Presented to Culture by science and Technology, The UNESCO press.

<sup>123</sup> Gumaste, Krishnakedar. S. (2006), "Embodied Energy Computations In Buildings", Advances in Energy Research, San Francisco.



Slika 67. Fasade sa krivim zidovima

Izvor: Krawietz 2011

#### **Četvrt: Zakriviljeni zidovi:**

Moguće je koristiti solarne module za oblikovanje fasada sa zakriviljenim oblicima, kao što je prikazano na slici 67.<sup>124</sup>



Slika 67. Zakriviljeni zidovi,

Izvor: Krawietz 2011<sup>125</sup>

#### **6.5.1. Arhitektonski detalji**

Arhitektonski detalji predstavljaju jednu od najefikasnijih metoda za integraciju solarnih modula sa arhitektonskim oblikom zgrade, tako što će zameniti elemente senčenja, a može da se koriste kao osnovni element prozora, oni izgledaju kao sledeći:

---

<sup>124</sup> Holtshausen, H.J. (2007), “Embodied Energy and its impact on Architectural Decisions”, Faculty of Art and, Design and Architecture, University of Johannesburg.

<sup>125</sup> Krawietz, Silke A. (2011), Sustainable Buildings and BIPV An international perspective, London.

### **Prvo: Fiksni i mobilni odbijači sunčevih zraka**

To su arhitektonski elementi koji se pojavljuju u obliku integrisanih uzdužnih panela ili lamela koje su postavljene u dva pravca izvan prozora, prvi se horizontalno postavlja da bi odbili visoko-ugaonog zračenja, a drugi se vertikalno postavlja radi odbijanja nisko-ugaonog zračenja. Solarne jedinice mogu da se instaliraju na tim elementima, a mogu i da ih zamene. Pored toga, postoji logična veza između senčenja zgrade tokom leta i proizvodnje energije, tada solarni blokatori sprečavaju ulazak direktnе sunčeve svetlosti u prostore, a u isto vreme snabdevanju zgradu sa energijom.<sup>126</sup> Na taj način oni rade kao pasivni i kao aktivni sistem u isto vreme, takođe, tj. oni obavljaju dve usklađene funkcije koje se odnose na pravac i glavni cilj. Ovi noseći elementi su postavljeni ispred staklenih fasada zgrada, tako da su vidni na fasadama i stoga je važno da imaju kompatibilne boje, kao što je prikazano na slici 68.



Slika 68. Modeli štitnika za sunce,

Izvor: Krawietz 2011

### **Drugo: Prozori solarnih ćelija**

U kojoj su prozori solarnih ćelija instalirani umesto tradicionalnog stakla u aluminijumskih prozora, oni su prozirni, imaju različite lepe boje, obezbeđuju zasenčenost, i daju jasne nijanse u unutrašnjem prostoru.

<sup>126</sup> Jencks, Charles(1981), The Language of Post-Modern architecture, Academy Editions, London.

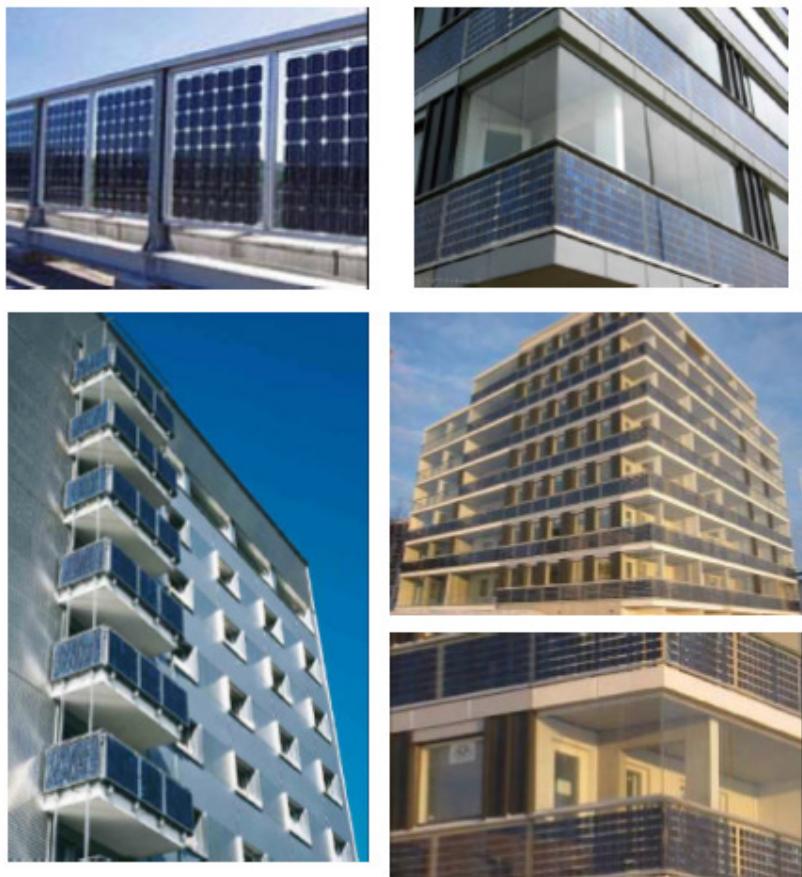


Slika 69. Prozori solarnih ćelija,

Izvor: Krawietz 2011

**Treće: Koriste se kao rukohvati za zaštitu ograda za terasu**

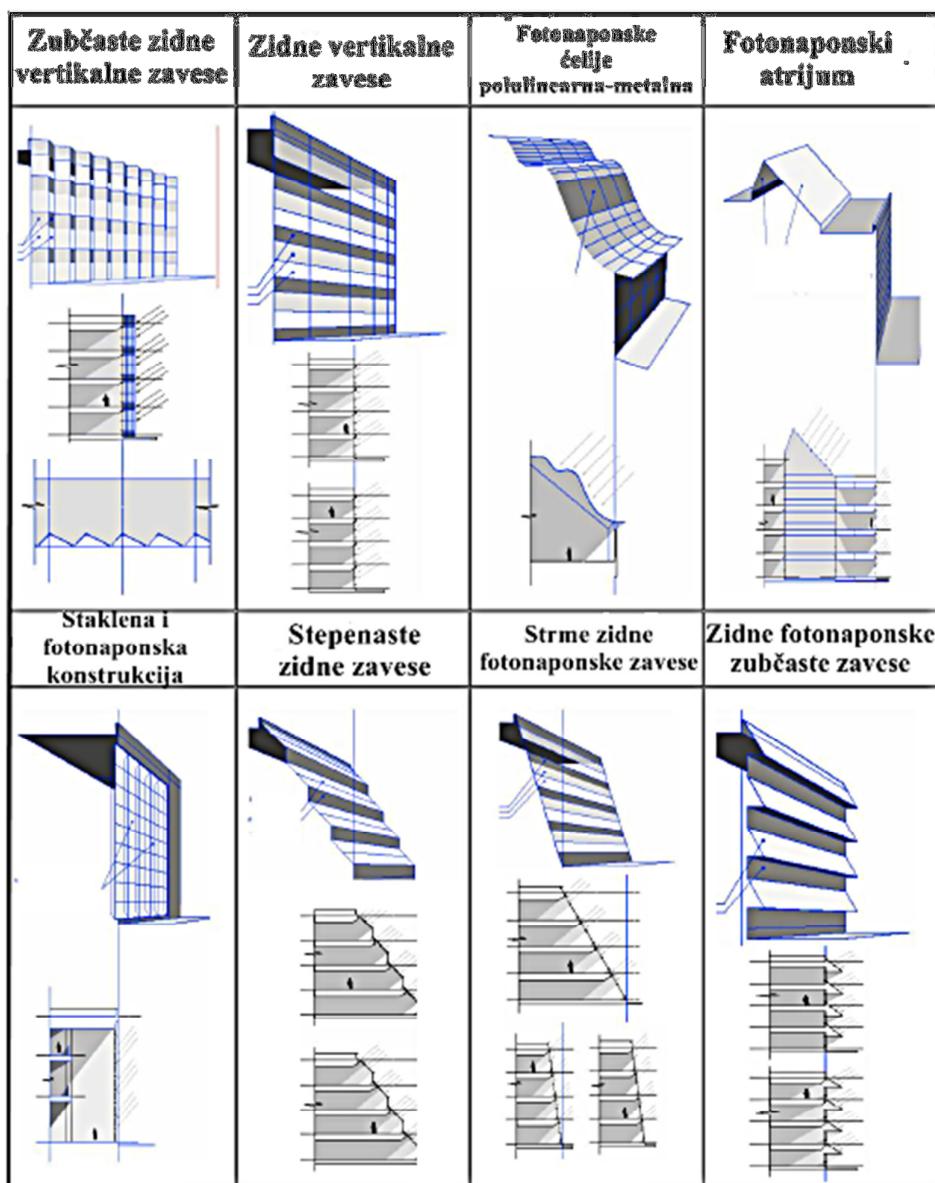
Glavna komponenta ovde su solarne ćelije, koje su instalirane kao alternativa tradicionalnog materijala za zaštitu ograda za terasu (rukohvati), što daje savremeni i novi pogled.



Slika 70. Solarne ćelije kao rukohvati za zaštitu ograda za terasu

Izvor: Krawietz 2011

Krovna fotonaponska akumulacija	Nebeska osvetljenja pomoću fotonamenske ćelije	Zupčaste fotonaponske krovove	Krovne redovne nezavisne fotonaponske ćelije
Fotonaponske ćelije naspram zidne zavese	Fotonaponske ćelije naspram zidne zavese		Sistem hibridnih fotonaponskih ćelijskih kišobrana



Slika 69. Oblici koji prikazuju solarne čelije na zidovima objekta,

Izvor: Farrington, 1993

## 6.6. Formalni nivoi integracije između solarnih čelija i arhitektonskog proizvoda

Uspeh integracije solarnih sistema i dizajn zgrade zavisi od stepena interakcija između njih, kako bi se postiglo povećanje nivoa arhitektonske integracije. Formalni nivoi integracije meri se sa pet nivoa zasnovanih na nivou integracije između solarnih celija, i arhitektonskog proizvoda.<sup>127</sup>

## **6. 7. Instaliranje solarne celije na diskretan način**

Ovo se postiže kada dizajner koristi solarne panele u zgradi na diskretan i slabo uočljiv način, pokušavajući da iskoristi samo njihovu tehničku funkciju, izbegavajući pri tom iskorišćavanje solarnih panela, u specifičnoj arhitektonskoj svrsi. To se dešava zbog želje dizajnera da ne menja originalan karakter arhitekture zgrade, što je često slučaj u zgradama koje se odlikuju istoričnim obeležjem.

### **6.7.1 Ugrađivanje solarnih celija u konstrukciju zgrade**

Solarni sistemi se ugrađuju u starim zgradama ili zgradama u izgradnji, u slučaju da postoji nedostatak funkcionalnosti u pojedinim prostorima zbog funkcionalnih promena unutar zgrade, ili zbog postojanja potrebe za poboljšanjem nivoa rekreacije unutar određenog prostora, dok u isto vreme postoji potreba da se poveća energija, za snabdevanje zgrade. U ovom slučaju se ugrađuju solarni sistemi kao sredstva za senčenje tako što će izgledati kao deo zgrade, ako dizajner želi kontrolisati prirodno osvetljenje, i smanjiti direktni uticaj sunčevog zračenja u zgradi, ili se dodaje umesto stakla kao prozirni elementi koji su sposobni, da obezbede zgradu sa energijom, u isto vreme.<sup>128</sup>

### **6.7.2 Instaliranje solarne celije radi uvodenja savremenog karaktera na zgrade**

---

<sup>127</sup> Prasad Leo, Mark snow (2005), "Designing with solar power", Images publishing, New York.

<sup>128</sup> Randall, Thomas(2006),"Environmental Design (An Introduction for Architects and Engineers)" Taylor & Francis e-Library, San Francisco.

U ovom slučaju instaliraju se solarni moduli, kako bi zgradi dodali savremeni karakter. Naime, tehnika se koristi za promene arhitektonske slike zgrade, ali bez uticaja ili dominacije na vizuelno prisustvo, glavnih crta dizajna. Ovaj nivo integracije može se koristiti u starim zgradama koje su vremenom izgubile karakter renoviranja, tako da dodavanjem solarnih modula postoji mogućnost, da se ponovo prikažu u savremenom obeležju, i obično se koriste na velikim površinama, kako bi se povećala materijalna vrednost zgrade.<sup>129</sup>

#### **6.7.3 Solarne čelije određuju arhitektonsku sliku**

Solarni paneli se ugrađuju kao glavni deo koji dominira celokupnim izgledom zgrade i time određuje karakter arhitektonskog dela.

#### **6.7.4 Solarne čelije utiču na ideju dizajna**

Na ovom nivou, ideja integracije sa solarnim sistemima je važna u svim arhitektonskim idejama dizajnera, kako bi se postigli svi gore navedeni nivoi, pored primene koncepta ekoloških tretmana. Ovaj nivo, sa arhitektonske strane predstavlja dostupan izbor u arhitektonskom dizajnu, zasnovanom na koristi od upotrebe diversifikovanih mogućnosti, koje su dostupne u tehnologiji.

### **6.8. Funkcionalna raznolikost solarnih sistema kao spoljnih završnih materijala u arhitektonskom obliku**

Današnji solarni paneli odlikuju se oblikom koji daje osećaj smirenosti i jednostavnosti, što u suštini predstavlja karakteristike napredne tehnologije, pored toga što nude ideju modernosti i suživota sa duhom vremena, kroz njihov potencijal za interakciju sa arhitekturom. Međutim, Prasad & Snov (2005), autori knjige "Power with solar design", tvrdi da solarni paneli još uvek nisu svi prikazani, oni zahtevaju neku vrstu hrabrosti od arhitekte da počnu da se nose sa njima, i da otkriju njihov uticaj u arhitektonskom obliku.

Postoji mogućnost da se arhitekta suačava sa problemom u postizanju konzistencije i kohezija spoljnog izgleda površine izložene sunčevom zračenju, koji mora imati isti

---

<sup>129</sup> Zubaidi, Maha Sabah Salman(2017), "Uticaj održivost životne sredine u formiranju stambenih zajednica u Iraku", doktorska disertacija, Odsek za arhitekturu, Tehnički fakultet, Univerzitet u Bagdadu.

izgled. Pojedini delovi površina mogu zahtevati određeni broj elemenata, koji ne mogu ekonomično da funkcionišu kao solarni paneli, zbog njihove osenčene lokacije.

Rešenje u ovom slučaju, je da se primenjuju elementi poznatih kao Lažne celije (Fake Cells), a to su neefikasni elementi koji liče na solarne panele, i koriste se za postizanje arhitektonske konzistentnosti različitih površina, koje su potrebne određenim delovima spoljne površine zgrade. Međutim, postoji i drugi način za dobijanje konzistentnih površina, to se postiže instaliranjem solarnih panela, sa sličnim spoljašnjim završnim materijalima.<sup>130</sup>

Pored toga, oblik zgrade doprinosi određivanju odnosa između elemenata spoljašnje klime, i prirode unutrašnjih uslova. Oblik zgrade i njegovi horizontalni i vertikalni elementi, prozirni i tamni, ukazuju na potrebu, da se obrati posebna pažnja, na performanse zgrade.<sup>131</sup>

## **GLAVA VII. Upitnik o uticaju sistema solarnih celija na arhitektonskom obliku stambenih zgrada u Libiji**

Metodologija istraživanja i njena vizija smatraju se glavnim putem kroz koji se ostvaruje praktični deo projekta, i način dobijanja podataka za obavljanje statističke analize u cilju

---

<sup>130</sup> Kimura Ken, Ichi (2000), "Solar Architecture for the Happiness of Mankind" Solar Energy, New York.

<sup>131</sup> Salim Mohammed, Jounis Mahmood (1997), Uticaj izveštaja o klimatskom dizajnu i kontroli solarne energije za grad Bagdad, Magistarski rad, Univerzitet u Bagdadu.

ostvarivanja rezultata, koji se interpretiraju u svetlu podataka o predmetu istraživanja, i na kraju se ostvaruju ciljevi, koji se žele postići.

Da bi se postigli ciljevi istraživanja, istraživač je primenio deskriptivnu metodu kroz koju pokušava da opiše fenomen subjekta istraživanja, analizira raspoložive podatke, odnose između postojeći komponenti, postavljene ideje, procesi koji se odvijaju i uticaj koji imaju.

Istraživač je koristio dva glavna izvora informacija:

1. Primarni izvori: U cilju rešavanja analitičkog aspekta predmeta istraživanja, istraživač je izvršio prikupljanje početnih podataka kroz upitnik kao glavni instrument istraživanja, koji je posebno pripremljen za ovu svrhu.
2. Sekundarni izvori: U cilju rešavanja analitičkog aspekta predmeta istraživanja, istraživač je koristio sekundarne izvore podataka, koji su zastupljeni u relevantnim arapskim i stranim knjigama, časopisima i periodičnim publikacijama, člancima i izveštajima, istraživanjima i prethodnoj publikaciji na temu istraživanja i praćenja, na različitim internet stranicama.

### **7.1. Uzorak istraživanja**

Uzorak istraživanja je sastavljen od arhitekata u Libiji, gde je podeljeno 60 upitnika, a vraćeno je 48 upitnika što predstavlja 80 %

Prvo: Opšte informacije

Ime. (opcionalno)

Obrazovanja : Fak. diploma, magistar, Doktor nauka

Pol: Muško, Žensko

Starost: 22-30 god. 31-40 god. preko 40 god.

Zanimanja: Fak. obrazovan, - šef odeljenja - rukovodilac projekta - dizajner - inženjer

lokacije

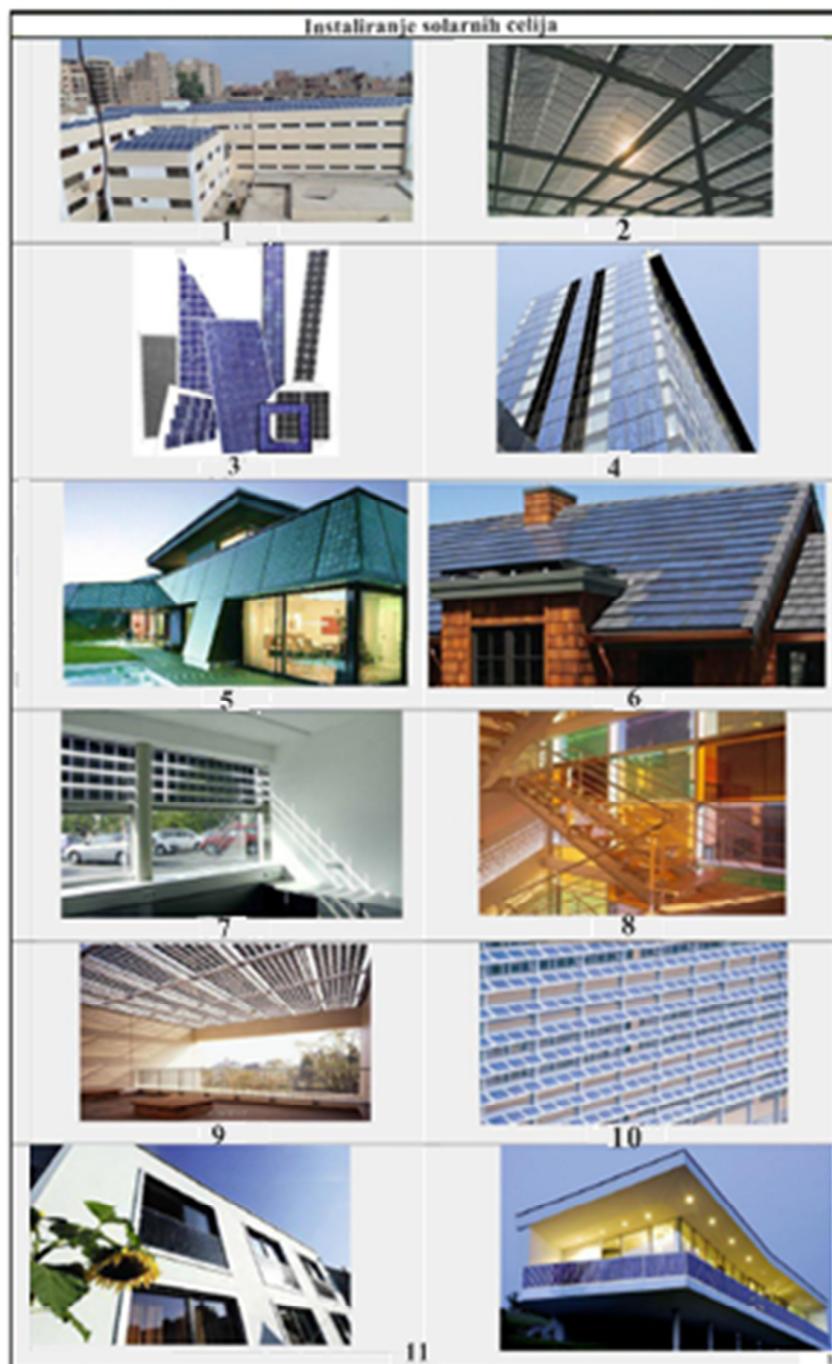
Materijalno stanje: odlično, dobro, srednje, nisko

Godine iskustva: Manje od 5 godina od 5-10 godina više od 10 godina

**Drugo: Opšta pitanja o upotrebi solarnih čelija**

Figura	Pitanje	Slažem se jako	Slažem se	Neutralan	Protivim	Protivim se jako
<b>1</b>	Pojave i postavljanju solarnih čelija u stambenih zgrada su upečatljivi					
<b>2</b>	Solarne čelije se smatraju pomoćnim rešenjem problema električne energije u Libiji					
<b>3</b>	Vlada ohrabruje instalaciju solarnih čelija u stambenim zgradama					
<b>4</b>	Korišćenje solarnih čelija je prikladnije od korišćenja benzinskog i dizel generatora					
<b>5</b>	Upotreba solarnih čelija za proizvodnju električne energije je izvodljiva ekonomski					
<b>6</b>	Upotreba solarnih čelija je civilizovani fenomen koji zaslužuje pažnju					
<b>7</b>	Solarne čelije doprinose rešavanju problema buke i zagadenja vazduha					

Treće: Instaliranje solarnih čelija



**Četvro:** Uticaj instalacije sistema solarnih čelija na stambene zgrade

Figura	Pitanje	Slažem se jako	Slažem se	Neutralno	Protivim	Protivim se jako
<b>1</b>	Preferira se instaliranje solarne čelije na diskretan					

	način na krovu stambenih zgrada				
<b>2</b>	Poželjno je instalirati solarne čelije na fasadama okrenutoj suncu				
<b>3</b>	Instalacija solarnih čelija na fasadama utiče na ideju i arhitektonski karaktera zgrade				
<b>4</b>	Instalacija prozirne solarne čelije na prozore ne utiču na oblik zgrade slika 8				
<b>5</b>	Solarne čelije može da se koriste za odbijanje sunčevog zraka ili za senčenja prozora slika 9.10				
<b>6</b>	Solarne čelije mogu da se koriste kao alternativna zamena za crep kod strmih krovova slika 5				
<b>7</b>	Poželjno je instalirati solarne čelije na krov zgrade i ne zameniti ih sa osnovnim elementima zgrade				
<b>8</b>	Tamne ili transparentne solarne čelije su poželjne kao materijal za pokrivanje spoljašnje i unutrašnje prostore				
<b>9</b>	Poželjno je koristiti solarne čelije različitih tipova kao alternativu materijalima završne obrade				
<b>10</b>	Instalacija obojenih solarnih čelija pomaže razvoju nivoa modulacije i lepote u stambenoj zgradi slika 7				
<b>11</b>	Solarne čelije mogu biti korisni kada su instalirane na određenim otvorima što obezbeđuje privatnosti unutrašnjeg prostora				
<b>12</b>	U zgradama koji nosi specifičan istorijski karakter				

	preferira se instalacija nevidljive solarne ćelije					
<b>13</b>	Solarne ćelije dodaju novi savremeni karakter zgradama koje su izgubile karakter renoviranje tokom vremena					
<b>14</b>	Dodavanje solarnih ćelija na velikim površinama povećava materijalnu vrednost zgrade					
<b>15</b>	Korišćenje solarnih ćelija kao dominantnog dela ukupnog izgleda zgrade određuje novi karakter za arhitektonsko delo					
<b>16</b>	Solarni sistem se može koristiti kao idejno rešenje od početka dizajna tako da bude uticajni u svim arhitektonskim idejama					
<b>17</b>	Instalacija solarnih ćelija na istorijskim zgradama utiče na njihov arhitektonski karakter					
<b>18</b>	Ukrasne ćelije se mogu instalirati na fasadama koje nisu izložene suncu, radi izgradnje koordinisane fasade					
<b>19</b>	Varijacije oblika solarnih ćelija (pravougaoni - kvadrat - kružni – trouglasti) utiče na arhitektonsku konfiguraciju objekta slika 4					
<b>20</b>	Transparentne solarne ćelije pomažu da unutrašnji prostor dobije novi duh u pogledu osvetljenje i boja, slike,7,8,10					

**Peto: Nivoi uticaja tipova i oblika solarnih čelija na arhitektonskom obliku zgrade**

**Kako utiče instaliranje solarnih čelija na arhitektonsku konfiguraciju zgrade kod svakih sledećih situacija?**

Br.	Predmet	100%	80%	60%	40%	20%
1	Vidljive čelije na krovu zgrade slika 1					
2	Čelije na krovu slika 2					
3	Zidovi solarnih čelija na fasadama sl.3					
4	Korišćenje čelija različitih oblika (kružnog, trougl. kvadrat.)sl.4					
5	Vidljive čelije- kosi krov (alternativna crepa)sl.5					

<b>6</b>	Svi blokovi u zgradi su solarne čelije sl.6					
<b>7</b>	Korišćene su različite boje čelija sl.7					
<b>8</b>	Zamenjeni su stakleni prozori solarnim čelijama sl.8					
<b>9</b>	Solarne čelije su korišćene za odbijanja sunca sl.9					
<b>10</b>	Solarne čelije su korišćene kao pokrivači za terasu sl.10					
<b>11</b>	Solarne čelije su korišćene kao zaštitna ograda za terase sl.11					

Tabela (9) prikazuje koeficijent korelacije između svakog paragrafa polja "Opšta pitanja o upotreba solarnih čelija "i vrednost verovatnoće, što pokazuje da su prikazani koeficijenti korelacije funkcija na značajnom nivou kod  $\alpha \leq 0.05$ , i prema tome, polje se smatra validnim onoga što se meri.

Tabela (9) Koeficijent korelacije između svakog paragrafa polja "Opšta pitanja o upotrebi solarnih čelija" i vrednost verovatnoće.

Broj	Pitanje	Pirsonov koeficijenti korelacije	Sig. vrednost verovatnoće
<b>1</b>	Pojava i postavljanje solarnih čelija u stambenih zgrada su upеčatljivi	0.311	*0.016
<b>2</b>	Solarne čelije se smatraju pomoćnim rešenjem problema električne energije u Libiji	0.684	*0.000
<b>3</b>	Vlada ohrabruje instalaciju solarnih čelija u stambenim zgradama	0.589	*0.000
<b>4</b>	Korišćenje solarnih čelija je prikladnije od korišćenja benzinskog i dizel generatora	0.697	*0.000
<b>5</b>	Upotreba solarnih čelija za proizvodnju električne energije je izvodljiva ekonomski	0.664	*0.000
<b>6</b>	Upotreba solarnih čelija je civilizovani fenomen koji zaslužuje pažnju	0.435	*0.001

7	Solarne ćelije doprinose rešavanju problema buke i zagadenja vazduha	0.416	*0.002
---	--	-------	--------

U tabeli (10) prikazan je koeficijent korelacije između svakog paragrafa "Uticaj instalacije sistema solarnih ćelija na stambene zgrade" i vrednost verovatnoće, što ukazuje da su prikazani koeficijenti korelacije značajni na  $\alpha \leq 0.05$ , i prema tome, polje se smatra validnim onoga što se meri.

Tabela 10 prikazuje koeficijent korelacije između svakog od paragrafa u oblasti "Uticaj instalacije solarnog sistema na stambene zgrade" i vrednosti verovatnoće.

Broj	Pitanje	Pirsonov koeficijent korelacije	Sig.
1	Preferira se instaliranje solarne ćelije na diskretan način na krovu stambenih zgrada	0.608	*0.000
2	Poželjno je instalirati solarne ćelije na fasadama okrenutoj suncu	0.721	*0.000
3	Instalacija solarnih ćelija na fasadama utiče na ideju i arhitektonskog karaktera zgrade	0.347	*0.008
4	Instalacija prozirne solare ćelije na prozore ne utiče na oblik zgrade slika 8	0.469	*0.000
5	Solarne ćelije može da se koriste za odbijanje sunčevog zraka ili za senčenja prozora slika 9.10	0.534	*0.000
6	Solarne ćelije može da se koriste kao alternativna zamena za crep kod strmih krovova slika 5	0.397	*0.003
7	Poželjno je instalirati solarne ćelije na krov zgrade i ne zameniti ih sa osnovnim elementima zgrade	0.589	*0.000
8	Tamne ili transparentne solarne ćelije su poželjne kao materijal za pokrivanje spoljašnje i unutrašnje prostore	0.393	*0.003
9	Poželjno je koristiti solarne ćelije različitih tipova kao alternativu materijalima završne obrade	0.487	*0.000
10	Instalacija obojenih solarnih ćelija pomaže razvoju nivo modulacije i lepota u stambenoj	0.610	*0.000

	zgradi slika 7		
<b>11</b>	Solarne čelije mogu biti korisni kada su instalirane na određenim otvorima što obezbeđuje privatnosti unutrašnjeg prostora	0.541	*0.000
<b>12</b>	U zgradama koje nose specifičan istorijski karakter preferira se instalacija nevidljive solarne čelije	0.306	*0.017
<b>13</b>	Solarne čelije dodaju novi savremeni karakter zgradama koje su izgubile karakter renoviranja tokom vremena	0.684	*0.000
<b>14</b>	Dodavanje solarnih čelija na velikim površinama povećava materijalnu vrednost zgrade	0.463	*0.000
<b>15</b>	Korišćenje solarnih čelija kao dominantnog dela ukupnog izgleda zgrade određuje novi karakter za arhitektonsko delo	0.435	*0.001
<b>16</b>	Solarni sistem se može koristiti kao idejno rešenje od početka dizajna tako da bude uticajni u svim arhitektonskim idejama	0.499	*0.000
<b>17</b>	Instalacija solarnih čelija na istorijskim zgradama utiče na njihov arhitektonski karakter	0.608	*0.000
<b>18</b>	Ukrasne čelije se mogu instalirati na fasadama koje nisu izložene suncu radi izgradnje koordinisane fasade	0.652	*0.000
<b>19</b>	Varijacije oblika solarnih čelija (pravougaoni - kvadrat - kružni – trouglasti) utiče na arhitektonsku konfiguraciju objekta slika 4	0.402	*0.002
<b>20</b>	Transparentne solarne čelije pomažu da unutrašnji prostor dobije novi duh u pogledu osvetljenje i boja, slike,7,8,10	0.460	*0.001

Tabela 11 prikazuje koeficijent korelacije između svakog od paragrafa "nivoa efekata - tipova solarnih čelija i oblika na arhitektonskoj strukturi zgrade" i vrednost verovatnoće, ukazujući da su prikazani koeficijenti korelacije značajni na  $\alpha \leq 0.05$ . Prema tome, polje se smatra istinom onoga što se meri.

Tabela 11 prikazuje koeficijent korelacije između svakog od paragrafa "nivoa efekata - tipova solarnih celija, i oblika na arhitektonskoj strukturi zgrade, i vrednost verovatnoće.

<b>Br.</b>	<b>Predmet</b>	<b>Pirsonov koeficijenti korelacija</b>	<b>Sig.</b>
<b>1</b>	Vidljive solarne celije na krovu zgrade slika 1	0.371	*0.005
<b>2</b>	Celije na krovu slika 2	0.697	*0.000
<b>3</b>	Zidovi solarnih celija na fasadama sl.3	0.601	*0.000
<b>4</b>	Korišćenje celija različitih oblika (kružnog, trougl. kvadrat.)sl.4	0.589	*0.000
<b>5</b>	Vidljive celije- kosi krov (alternativna crepa)sl.5	0.295	*0.021
<b>6</b>	Svi blokovi u zgradi su solarne celije sl.6	0.608	*0.000
<b>7</b>	Korišćene su različite boje celija sl.7	0.646	*0.000
<b>8</b>	Zamenjeni su staklene prozore solarnim celijama sl.8	0.709	*0.000
<b>9</b>	Solarne celije su korišćeni za odbijanja sunca sl.9	0.856	*0.000
<b>10</b>	Solarne celije su korišćeni kao pokrivači za terasu sl.10	0.721	*0.000
<b>11</b>	Solarne celije su korišćeni kao	0.643	*0.000

## 7.2. Strukturni integritet

Strukturni integritet je mera validnosti instrumenata koji meri stepen do kojeg su ciljevi instrumenta postignuti, i pokazuje koliko je svaka oblast istraživanja povezana sa paragrafima pitanja sa vrednosti verovatnoće.

Tabela 12 pokazuje da su svi koeficijenti korelacija u svim domenima upitnika bili statistički značajni na nivou  $\alpha \leq 0.05$ . Stoga se sve oblasti upitnika smatraju autentičnim za ono što su osmišljene da mere.

Tabela 12 pokazuje Koeficijent korelacije između stepena svakog polja upitnika i vrednosti verovatnoće

Domain	Pearsonov koeficijenti korelacija	Vrednost (Sig.) Verovatnoća
Opšta pitanja o upotrebi solarnih celija.	0.856	*0.000
Uticaj instalacije sistema solarnih celija na stambene zgrade	0.535	*0.000
Nivoi uticaja tipova i oblika solarnih celija na arhitektonski oblik zgrade.	0.999	*0.000

## 7.3. Pouzdanost upitnika

Pouzdanost upitnika znači da će upitnik dati iste rezultate ako se ponavlja nekoliko puta (Al-Jerjavi 2010). To se takođe odnosi i na stepen do koje mere se dobija blisko očitavanje svaki put kada se koristi, ili stepen konzistentnosti i kontinuiteta, kada se ponavlja u različitim vremenima.

Istraživač je potvrdio pouzdanost upitnika kroz Alfa Kronbahov koeficijenti i rezultati su prikazani u tabeli (13).

Tabela (13) Alfa Kronbah koeficijent za merenje pouzdanosti anketa

Domain	Broj pitanja	Alfa koeficijent Kronbah	Tačnost
Opšta pitanja o upotrebi solarnih čelija.	7	0.660	0.812
Uticaj instalacije sistema solarnih čelija na stambene zgrade	20	0.708	0.841
Nivoi uticaja tipova i oblika solarnih čelija na arhitektonski oblika zgrade.	11	0.831	0.911
<b>Ukupno</b>	38	0.786	0.886

Jasno je iz tabele da je vrednost Alfa Kronbah koeficijent za svaku disciplinu visoka (0.660-0.831) dok je srednja vrednost je 0.786. Takođe, vrednost tačnosti je visoka (0.812-0.911), međutim, srednja vrednost je 0.886 što znači da je koeficijent tačnosti visok.

#### 7.4.Primenjene statističke metode

- Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).
- Test normalnosti distribucije.

Primenjen je Kolmogorov-Smirnov Test, a rezultati testa su prikazani u tabeli 5-6.

Tabela 14. Rezultata testa normalnosti distribucije

<i>Domain</i>	<i>Vrednost verovatnoće (Sig.)</i>
<i>Opšta pitanja o upotrebi solarnih čelija.</i>	0.236
<i>Uticaj instalacije sistema solarnih čelija na stambene zgrade</i>	0.358
<i>Nivoi uticaja tipova i oblika solarnih čelija na arhitektonskog oblika zgrade.</i>	0.430
<b><i>ukupno</i></b>	<b>0.649</b>

Iz rezultata prikazanih u tabeli (14) jasno je da je vrednost verovatnoće (Sig) za sva polja istraživanja veća od nivoa značajnosti 0,05, tako da distribucija podataka za ova polja sledi normalnu distribuciju, tako da su primenjeni testovi za odgovor na postavljane hipoteze.

Korišćeni su sledeći statistički alati:

1. Frekvencije i procenti za opis uzorka studije.
2. Aritmetička sredina i relativna aritmetička sredina.
3. Kronbah-ov Alfa test, da bi se utvrdila pouzdanost anketa.
4. Kolmogorov-Smirnov Test (K-S) da bi se utvrdilo da li podaci prate prirodnu distribuciju ili ne.
5. Pearsonov koeficijent korelacija za merenje stepena korelacije: Korišćen je za izračunavanje unutrašnje konzistentnosti, i strukturne pouzdanost upitnika.

6. T- Test da se vidi da li je prosečan odgovor dostigao neutralni nivo od 3 ili više ili manje. Korišćen je da se utvrdi srednja vrednost svakog paragrafa upitnika.
7. Testirajte analizu varijanse One Way Analysis of Variance - ANOVA da biste videli da li postoje razlike statističke značajnosti između tri grupe, ili više podataka. Istraživač je koristio to za razliku, koja se pripisuje varijabli, koja uključuje tri ili više grupa.

### **7.5. Analiza podataka**

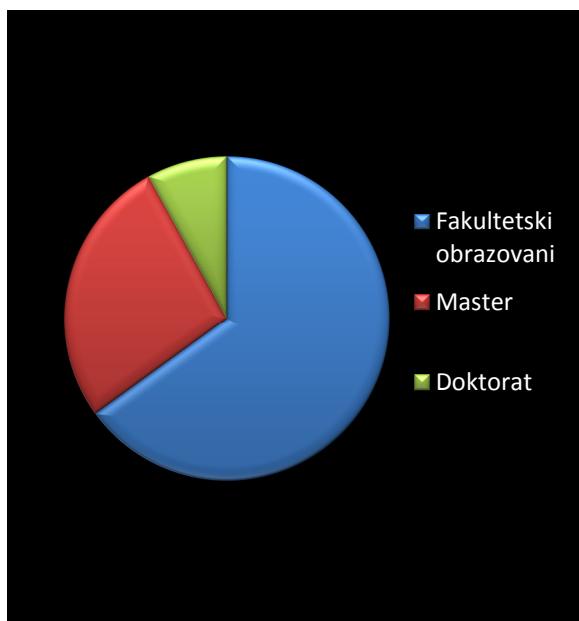
Ova glava obuhvata analizu podataka i pregled glavnih rezultata upitnika, koji su dobijeni kroz analizu njihovih paragrafa, i pronalaženje opštih informacija koje uključuju (stepen obrazovanja, pol, god.starosti, radno mesto, fizičko stanje, godine iskustva). Prikupljeni su podaci i primenjena je SPSS metoda za dobijanje rezultata istraživanja, predstavljena i analizirana, u ovom glavu.

### **7.6. Statistička deskripcija uzorka istraživanja prema opštim informacijama**

Karakteristike uzorka istraživanja prikazane su u skladu sa opštim informacijama

Distribucija uzorka istraživanje po stepenu obrazovanja: Tabela 5-7 pokazuje da 64,6% uzorka ima diplomu, 27,1% ima master a 8,3% imaju doktorata.

Tabela 5-7. Distribucija prema obrazovanju



Akademski kvalifikacija	Broj	%
Fakultetski obrazovani	31	64.6
Master	13	27.1
Doktorat	4	8.3
<b>Ukupno</b>	<b>48</b>	<b>100.0</b>

Column2

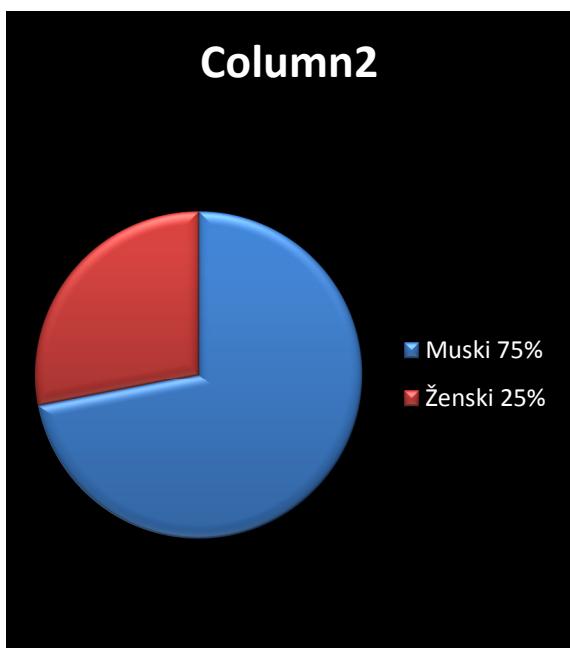


Tabela 14 Distribucija prema polu

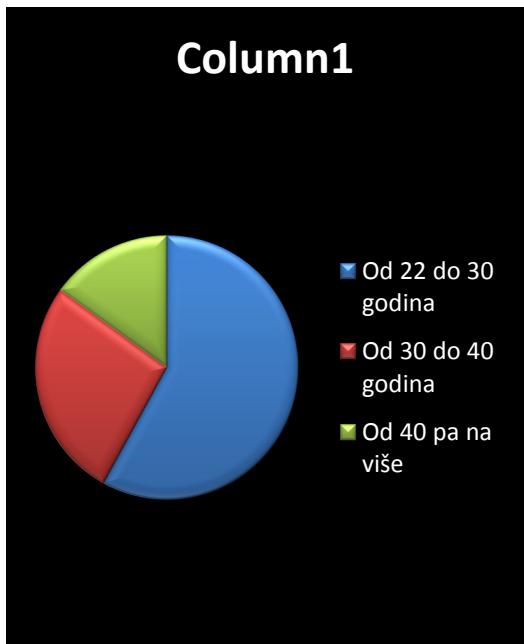
Pol	Broj	%
Muški	36	75.0
Ženski	12	25.0
<b>Ukupno</b>	<b>48</b>	<b>100.0</b>

- Distribucija prema polu: Iz tabele 14 je jasno da je 75,0% uzorka su muškog pola, dok je 25,0% ženskog pola. A to su proporcije koje odgovaraju zajednici gde je obavljena veći od broja žena.

Distribucija uzorka studije prema starosti:

Tabela 15 pokazuje da je 58,3% ispitanika starosti između 22-30 i 27,1% staro između 30-40 godina, dok 14,6% imaju preko 40 godinu.

Tabela16.Distribucija prema god.starost



- Od 22 do 30 godina
- Od 30 do 40 godina
- Od 40 pa na više

#### Distribucija prema položaju na poslu

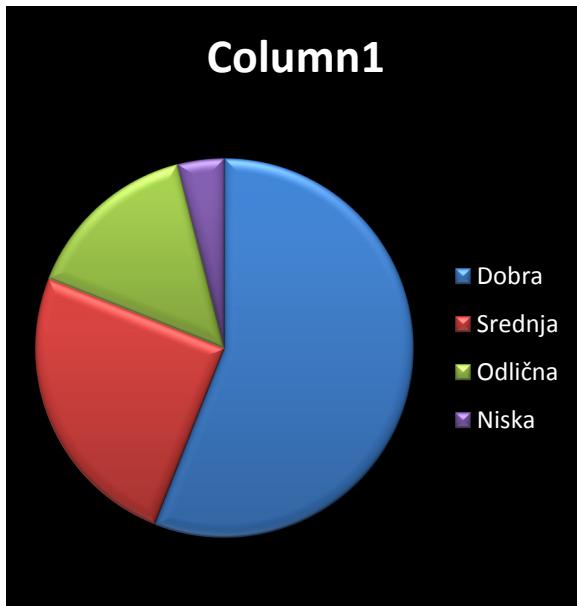
Iz tabele 15-16 jasno je da 27.1% uzorka ima status fakultetsko obrazovanih, 6.3% su šefovi odeljenja, 18.8% su menadžeri projekta, 39.6% su projektanti i 8.3% su inženjeri lokacije. To znači da postoji različitost u poziciji na poslu, i to daje upitniku veću moć.



Naziv posla	Broj	%
<b>Fakultetsko obrazovani</b>	13	27.1
<b>Šef odeljenja</b>	3	6.3
<b>Direktor projekta</b>	9	18.8
<b>Projektant</b>	19	39.6
<b>Inženjer na terenu</b>	4	8.3
<b>Ukupno</b>	48	100.0

#### Materijalno stanje:

Iz tabele 5-11 je jasno da 14.6% uzorka imaju odlično materijalno stanje, 56.3% ima dobro materijalno stanje, 25.0% ima prosečno materijalno stanje i 4.2% ima slabo materijalno stanje. Ovo je jasno zato, što je uzorak koji je potreban za popunjavanje upitnika kategorija inženjera, tako da rezultat pokazuje da je većina njih u dobrom finansijskom stanju.



Distribucija uzorka studije prema radnom iskustvu:

Tabela 17 pokazuje da 37,5% uzorka ima manje od 5 godina iskustva, dok 31,3% ima 5-10 godina iskustva i imaju takođe 11 godina iskustva. Ovde vidimo skoro jednake proporcije, tj. dve trećine uzorka su iskusni inženjeri (više od 5 godina), i to daje veću vrednost rezultatima istraživanja.

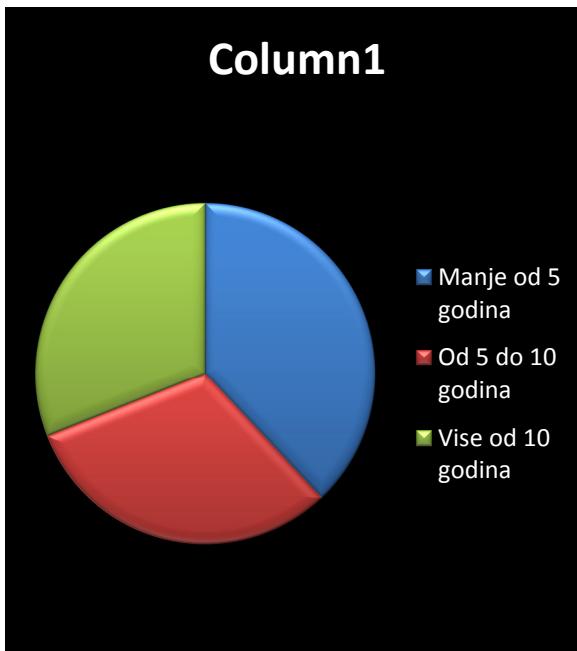


Tabela 5-12.Distribucija prema radnom iskustvu

Radno iskustvo	Broj	%
Manje od 5	18	37.5
5-10	15	31.3
Više od 10	15	31.3
<b>Ukupno</b>	<b>48</b>	<b>100.0</b>

## Analiza paragrafa upitnika

Kako bi se analizirali upitnici "prvog i drugog domena", korišćen je T test, kako bi se utvrdilo da li prosečni rezultat odgovora dospao neutralnu ocenu 3 ili nije. Ako je  $Sig > 0,05$ , nulta hipoteza se ne može odbaciti i u ovom slučaju, onda prosečni rezultat odgovora o ovoj pojavi se ne razlikuje značajno od stepena neutralnosti 3.

Međutim, ako je  $Sig < 0,05$  u tom slučaju odbacuje se nulta hipoteza i prihvata se alternativna hipoteza, koja tvrdi da se srednja vrednost odgovora pojedinaca značajno razlikuje od stepena neutralnosti 3, i u ovom slučaju je moguće utvrditi, da li se prosečan odgovor značajno povećava ili se smanjuje u odnosu na stepen neutralnosti 3, pomoću vrednosti testa. Ako je vrednost testa pozitivna, to znači da aritmetička sredina odgovora prelazi stepen neutralnosti i obrnuto.

1. Analiza odeljka "Opšta pitanja o upotrebi solarnih celija".

T test je korišćen da bi se odredilo da li je prosečni rezultat odgovora dospao neutralnu ocenu 3 ili nije. Rezultati su prikazani u tabeli 17

Tabela. 17Aritmetička sredina i vrednost verovatnoće *Sig* za svaki paragraf, opštih pitanja o upotrebi solarnih celija

Figura	Pitanje	Aritm. sredina	Rel. aritm. sredina	T-test	Sig	Rang.
1	Pojava i postavljanje solarnih celija u stambenim zgradama su upečatljivi	4.21	84.17	11.27	*0.000	5
2	Solarne celije se smatraju pomoćnim rešenjem problema električne energije u Libiji	4.31	86.25	11.32	*0.000	4
3	Vlada podstiče instalaciju solarnih celija u stambenim zgradama	2.33	46.67	-7.33	*0.000	7
4	Korišćenje solarnih celija je prikladnije od korišćenja benzinskog	4.40	87.92	11.46	*0.000	3

	i dizel generatora					
<b>5</b>	Upotreba solarnih čelija za proizvodnju električne energije je izvodljiva ekonomski	4.06	81.25	8.55	*0.000	6
<b>6</b>	Upotreba solarnih čelija je civilizovani fenomen koji zaslužuje pažnju	4.67	93.33	24.24	*0.000	1
<b>7</b>	Solarne čelije doprinose rešavanju problema buke i zagađenja vazduha	4.65	92.92	17.94	*0.000	2
<b>Ukupno</b>		4.09	81.79	21.44	*0.000	2

Iz tabele 18 možemo zaključiti:

- ✓ Aritmetička sredina šestog paragrafa " Upotreba solarnih čelija je civilizacijski fenomen vredan pažnje" iznosi 4,67% od ukupnog broja bodova 5, tj. relativna aritmetička sredina je 93,33, atestna vrednost T je 24,24, a vrednost verovatnoće i Sig je 0,000., što znači da se članovi uzorka slažu sa ovim paragafom.
- ✓ Aritmetička sredina iz trećeg paragrafa " Vlada podstiče instalaciju solarnih čelija u stambenim zgradama," iznosi 2.33, tj. relativna aritmetička sredina je 46.67%, vrednosti T testa je -7.33, a vrednost verovatnoće Sig je 0.000. To znači da nema prigovora sa strane članova uzorka, na ovom paragrfu.

Uopšteno, možemo konstatovati da je prosečna aritmetička sredina je 4,09, relativna aritmetička sredina je 81,79%, vrednost T testa je 21,44, a vrednost verovatnoće Sig je 0,000. Zbog toga su, parografi opštih pitanja o upotrebi solarnih čelija značajni, kod nivoa značajnosti  $\alpha \leq 0.05$  što znači da postoji saglasnost, članova uzorka sa ovim paragrafima.

Istraživač pripisuje postojanje stvarne krize u Libiji zbog stalnog prekida snabdevanjem građana sa električnom energijom, na drugoj strani, inženjeri i edukovani sloj libijaca su ubeđeni da postoji druga alternativna i praktično rešenje za rešavanje problema nestanka struje u Libiji. Na osnovu izloženog možemo konstatovati i dati odgovor na postavljena pitanja da je sistem solarnih čelija jedno od najboljih rešenja za ovaj problem, i to zbog više faktora. Među prvim i najznačajnim faktorima je to što je takav sistem ekološki prihvatljiv, jer ne izaziva buku kao što su generator, i ne izazivaju zagađenje vazduha kao što su druga sredstva, koja zavise od goriva. Na

kraju, postoji jasan konsenzus da je sistem solarnih ćelija civilizovani fenomen, koji doprinosi unapređenju arhitekture i privrede, u celini.

Istraživač ističe da postoji jasan prigovor u trećem paragrafu (vlada podstiče instalaciju solarnih ćelija u stambenim zgradama), razlog tome je što članovi uzorka ne vide interes vlade za podsticanje instalacije sistema solarnih ćelija, zbog nedostatka podsticaja ili motivaciju ljudi da ih instaliraju kroz pružanje finansijske pomoći, ili donošenja neophodnih zakona. Pored toga, razlog može biti nedovoljno poznavanje koristi i prednosti instaliranja solarnih ćelija od strane vlade i građana Libije, i odsustva stabilnosti vlade, zbog političkih podela i neslaganja koja se dešavaju u Libiji.

Na kraju, istraživač konstatuje, da sistem solarnih ćelija predstavlja jedno od najboljih rešenja za rešavanje problema, nestanka električne energije u Libiji.

## 2. Analiza odeljka "Uticaj instalacije solarnog sistema na stambene objekte":

T test je korišćen da bi se odredilo da li je prosečan odgovor bio neutralan tj. 3 ili ne . Rezultati su prikazani u Tabeli 19

Tabela 19. Aritmička sredina i vrednosti verovatnoća Sig za paragafe uticaj instaliranja solarne ćelije, na stambenim zgradima

Broj	Pitanje	Aritm. sredina	Rel. aritm. sredina	T-test	Sig	Rang
1	Preferira se instaliranje solarne ćelije na diskretan način na krovu stambenih zgrada	3.46	69.17	3.63	*0.000	17
2	Poželjno je instalirati solarne ćelije na fasadama okrenutoj suncu	4.23	84.58	13.58	*0.000	5
3	Instalacija solarnih ćelija na fasadama utiče na ideju i arhitektonskog karaktera zgrade	3.83	76.67	5.35	*0.000	12
4	Instalacija prozirne solarne ćelije na prozore, ne utiču na oblik zgrade slika 8	3.69	73.75	4.70	*0.000	16
5	Solarne ćelije može da se koriste	4.33	86.67	13.93	*0.000	2

	za odbijanje sunčeveg zraka ili za senčenja prozora slika 9.10					
<b>6</b>	Solarne čelije mogu da se koriste kao alternativna zamena za crep kod strmih krovova slika 5	4.33	86.67	11.83	*0.000	2
<b>7</b>	Poželjno je instalirati solarne čelije na krov zgrade i ne zamjeniti ih sa osnovnim elementima zgrade	3.29	65.83	1.96	*0.028	19
<b>8</b>	Tamne ili transparentne solarne čelije su poželjne kao materijal za pokrivanje spoljašnji i unutrašnji prostora	4.17	83.33	12.19	*0.000	6
<b>9</b>	Poželjno je koristiti solarne čelije različitih tipova kao alternativu materijalima završne obrade	3.33	66.67	2.61	*0.006	18
<b>10</b>	Instalacija obojenih solarnih čelija pomaže razvoju nivo modulacije i lepota u stambenoj zgradi slika 7	4.00	80.00	7.51	*0.000	8
<b>11</b>	Solarne čelije mogu biti korisne kada su instalirane na određenim otvorima što obezbeđuje privatnosti unutrašnjeg prostora	3.81	76.25	6.90	*0.000	13
<b>12</b>	U zgradama koje nose specifičan istorijski karakter preferira se instalacija nevidljive solarne čelije	4.52	90.42	16.16	*0.000	1
<b>13</b>	Solarne čelije dodaju novi savremeni karakter zgradama koje su izgubile karakter renoviranje tokom vremena	3.96	79.17	9.72	*0.000	11
<b>14</b>	Dodavanje solarnih čelija na velikim površinama povećava materijalnu vrednost zgrade	3.73	74.58	5.03	*0.000	15
<b>15</b>	Korištenje solarnih čelija kao dominantnog dela ukupnog izgleda zgrade određuje novi karakter za arhitektonsko delo	3.81	76.25	6.00	*0.000	13
<b>16</b>	Solarni sistem se može koristiti kao idejna rešenja od početka dizajna tako da bude uticajna u svim arhitektonskim idejama	4.27	85.42	13.68	*0.000	4
<b>17</b>	Instalacija solarnih čelija na	4.00	80.00	7.33	*0.000	8

	istorijskim zgradama utiče na njihov arhitektonski karakter					
<b>18</b>	Ukrasne čelije se mogu instalirati na fasadama koje nisu izložene suncu radi izgradnje koordinisane fasade	3.25	65.00	1.32	*0.097	20
<b>19</b>	Varijacije oblika solarnih čelija (pravougaoni - kvadrat - kružni – trouglasti) utiče na arhitektonsku konfiguraciju objekta slika 4	3.98	79.58	9.31	*0.000	10
<b>20</b>	Transparentne solarne čelije pomažu da unutrašnji prostor dobije novi duh u pogledu osvetljenje i boja, slike,7,8,10	4.15	82.92	11.61	*0.000	7
	<b>Ukupno</b>	3.91	78.15	18.58	*0.000	

Iz tabele 20. možemo konstatovati:

- ✓ Aritmetička sredina dvanajstog paragrafa " U zgradama koje nose specifičan istorijski karakter preferira se instalacija nevidljive solarne čelije " jednaka je 4,52 od ukupne ocene 5, relativna aritmetička sredina je 90,42%, test vrednost T je 16,16 i vrednost verovatnoće Sig je 0,000, što znači pristanak članova uzorka na ovaj paragraf.
- ✓ Aritmetička sredina 18. paragrafa " Ukrasne čelije se mogu instalirati na fasadama koje nisu izložene suncu, radi izgradnje koordinisane fasade " jednaka je 3.25, tj. relativna aritmetička sredina 65.00, vrednost T testa je 1.32, a vrednost verovatnoće Sig je jednaka 0.097, što znači da su članovi uzorka, neutralni na ovom paragrafu. To je zbog toga što neki ljudi nisu ubedeni u instaliranje ukrasnih čelija, koje su u stanju da zadržavaju harmoniju i lepotu zgrade.
- ✓ U opšte, prosečna aritmetička sredina jednaka je 3,91, relativna aritmetička sredina je 78,15%, vrednosti testa je 18,58, a vrednost verovatnoće Sig je 0,000. Prema tome, polje "uticaj instalacije sistema solarnih čelija na stambene zgrade" je statistički značajno kod nivoa značajnosti  $\alpha \leq 0.05$ , što znači da postoji saglasnost članova uzorka, sa ovim paragrafima.

Istraživač ističe da među arhitektima postoji jasna saglasnost da sistem solarnih čelija ima jasan efekat na arhitektonsku strukturu zgrade, što ilustruje raznolikost pitanja u pogledu tipa čelije,

oblika, strukture i njihove integracije sa zgradom, i ukupna saglasnost ispitanika o njihovim instaliraju i njihov uticaj na zgrade.

Neznatno smanjenje u odgovorima ispitanika u pojedinim paragrafima kao što je paragraf 1 (Preferira se instaliranje solarne ćelije na diskretan način na krovu stambenih zgrada), može se objasniti zbog nedostatka definicije tipa zgrade, a tip i dizajn zgrade smatraju se najvažnijom determinantom dizajna ćelijskog sistema, i njegove integracije sa zgradom. Jer kada se određuje tip zgrade kao što je u dvanajstom paragrafu "u zgradama sa istorijskim karakteristikama ili imaju karakterističan karakter, radi se plasman nevidljivih solarnih ćelija," bio je jasan konsenzus da se snažno dogovore o vrsti instalacije i predloženom načinu.

Ovi rezultati su bili u skladu sa ranijim studijama koje su imale za cilj integraciju solarnih ćelija sa zgradom, sve do te mere da je postao globalni sistem sa imenom i posebnim znakom BIPV.

3. Analiza paragrafa polja "Nivoi uticaja tipova i oblika solarnih ćelija na arhitektonskom obliku zgrade".

Srednja vrednost i standardna devijacija su korišćeni za određivanje stepena odobravanja ispitanika u paragrafima. Rezultati su prikazani u Tabeli 5-15.

Tabela 5-15 Aritmetička sredina i standardna devijacija za svaki od paragrafa "Nivoi uticaja tipova i oblika solarnih ćelija, na arhitektonskom obliku zgrade".

Br.	Predmet	Aritmetička sredina	Standardna devijacija	Rang.
1	Vidljive solarne ćelije na krovu zgrade slika 1	52.92	29.32	11
2	Ćelije na krovu slika 2	67.08	23.52	9
3	Zidovi solarnih ćelija na fasadama sl.3	77.50	20.47	4
4	Korišćenje ćelija različitih oblika (kružnog, trougl. kvadrat.)sl.4	82.08	17.13	2
5	Vidljive ćelije-kosi krov (alternativna crepa)sl.5	86.67	16.16	1
6	Sve blokovi u zgradi su solarnе ćelije sl.6	73.33	22.34	5
7	Korišćene su različite boje ćelija sl.7	69.58	23.33	8
8	Zamenjeni su stakleni prozori solarnim ćelijama sl.8	78.33	22.91	3

<b>9</b>	Solarne ćelije su korišćene za odbijanja sunca sl.9	71.67	24.00	7
<b>10</b>	Solarne ćelije su korišćeni kao pokrivači za terasu sl.10	72.92	21.63	6
<b>11</b>	Solarne ćelije su korišćeni kao zaštitnu ogradu za terase sl.11	59.58	24.23	11
	Ukupno	71.97	13.73	

Tabela 5.15 pokazuje da najviši stepen saglasnosti o uticaju tipova solarnih ćelija i oblika na arhitektonskom obliku, objekta su:

1. Slika 5, celi blokovi u zgradi su solarne ćelije 86,67%
2. Slika 4, zidovi solarnih ćelija na fasadama 82,08%
3. Slika 8: Upotreba različitosti u bojama ćelija 78,33%
4. Slika (3) Upotreba ćelija u različitim oblicima (kružni - trouglasti - kvadratni). 77.50% .
5. Oblik 6 vidljivih ćelija nagnutog krovnog sistema (zamena cigle) 73.33%
6. Slika (10) Koristi se za odbijanje sunčeveg zraka.
7. Slika (9) Zaštita za terase 71,67% Slika
8. Zamena staklenih prozora solarnim ćelijama 69,58%
9. Slika 5, vidljive ćelije na krovu zgrade 67.08%
10. Slika 11, koristi se kao zaštitna ograda 59.58% .
11. Slika 1, ćelije na krovu zgrade 52.92% .

Navedeni rezultati jasno pokazuju efekat metoda instalacije sistema solarnih ćelija u pogledu tipa, oblika i mesta ugradnje na arhitektonsku strukturu zgrade, i da instalacija solarnih ćelija na krovne površine imaju manji uticaj, a imaju veći efekat prilikom upotrebe kao dodatni elemenat u zgradi kao što su prozori, odbijaće sunčave zrake, zaštitnici ili terasne ograde dok najveći uticaj imaju kada se koristite kao zidovi, ili kao kompletne celine u zgradi.

U suštini, intenziteta efekta ćelija uslovljen lokacijom instalacije i vidnim poljem, jer se ćelije na prednjem delu zgrade (fasada) nalaze direktno ispred pogleda ljudi, dok one koje se nalaze na krovu, su manje vidljive (vidi se samo sa lokacije koja se nalazi iznad te zgrade)

- **Prepostavke koje povezuju određene informacije uzorka sa osnovnim oblastima upitnika:**

### **1. Hipoteza o zanimanju na poslu sa oblastima upitnika**

Ne postoji statistički značajna razlika između prosečnih procena uzorka istraživanja o ulozi solarnih ćelija u uštedi energije, i arhitektonskoj konfiguraciji stambenih objekata u Libiji na nivou značajnosti  $\alpha \leq 0.05$ , koja se odnosi na zanimanje na poslu.

Od rezultata prikazanih u Tabeli 5-16, pokazano je da je verovatnoća Sig koja odgovara testu mono-varijanse veća od nivoa značajnosti  $\alpha \leq 0.05$  za sva polja i stoga se može zaključiti da ne postoje statistički značajne razlike između proseka procene uzorka istraživanja na tim poljima, koja se odnose na zanimanje na poslu.

(Rezultati "Mono-varijanse" testa - Zanimanja na poslu - Tabela) - 5-16

Tabela 5-16 Rezultati testa Jednostrane varijacije - Zanimanja na poslu

<b>Predmet</b>	<b>Zanimanja na poslu</b>					<b>T-vrednost</b>	<b>Vrednost verovatnoće (SIG).</b>
	Fakultetsko obrazovanje	Šef odeljenja	Direktor projekta	Projektant	Inženjer lokacija		
<b>Opšta pitanja o upotrebi solar. ćelija</b>	4.05	4.29	3.95	4.12	4.21	0.752	0.562
<b>Uticaj instalacije sistema solarnih ćelija na stambenim zgradama.</b>	3.83	3.68	3.86	3.97	4.18	1.375	0.258
<b>Nivoi uticaja tipova i oblika solarnih ćelija na arhitektonskom izgledu</b>	65.03	61.82	76.57	75.41	75.45	2.012	0.110

Iz rezultata jednostrane varijacije jasno je da zanimanje na poslu nije uticalo na odgovore ispitanika, nasuprot tome odgovori su bili bliski, bez obzira na naziv radnog mesta i prirodu posla, bilo da se radi o diplomiranom građaninu, projektantu ili inženjeru.

## **2. Hipoteza materijalne strane iz upitnika**

Ne postoji statistički značajna razlika između srednje vrednosti uzorka istraživanja o ulozi solarnih čelija u uštedi energije i arhitektonskoj konfiguraciji stambenih zgrada u Libiji, kod nivoa značajnosti  $\alpha \leq 0.05$  koja ukazuju na materijalnu stranu.

Od rezultata prikazanih u tabeli 5.17 pokazano je da je odgovarajuća vrednost verovatnoće Sig za "mono varijansu" veća od nivoa  $\alpha \leq 0.05$  kod svih oblasti, i stoga se može zaključiti da ne postoje statistički značajne razlike između srednjih vrednosti procene uzorka istraživanja na ovim područjima, koja ukazuju na materijalnu stranu.

Tabela 5-17. Rezultati testa Jednostrane varijacije-Materijalna strana

<b>Predmet</b>	<b>Materijalna strana</b>				<b>T-Vrednost</b>	<b>Vrednost verovatnoće (SIG).</b>
	Odlično	Dobro	Srednje	Niska		
<b>Opšta pitanja o upotrebi solarnih čelija.</b>	4.18	4.03	4.19	4.00	0.819	0.491
<b>Uticaj instalacije sistema solarnih čelija na stambenim zgradama</b>	3.81	3.95	3.92	3.63	0.754	0.526
<b>Nivoi uticaja tipova i oblika solarnih čelija na arhitektonskom izgledu</b>	64.94	73.06	73.94	70.00	0.753	0.526

Iz rezultata jednostrane varijacije jasno je da materijalna strana nije uticala na odgovore iz upitnika, naprotiv, odgovori su bili bliski bez obzira na materijalnu stranu, razlog tome je što su ispitanici ubedeni u ekonomsku izvodljivost solarnog sistema koja je dugoročno ekonomski isplativa, i kao alternativa za završnim tradicionalnim materijalima solarni sistem je ekonomski isplativiji, pored njegove funkcionalne i estetske namene.

## **GLAVA VIII. ZAKLJUČCI I PREPORUKE**

Ovaj deo rada obuhvata rezultate istraživanja u teorijskoj i praktičnoj oblasti, nakon izučavanja predmetnog istraživanja prema metodologiji koju je istraživač pripremio za sprovođenje istraživanja. Izvršena je analiza realnosti instaliranje sistema solarnih čelija, njihov uticaj na arhitektonsko projektovanje objekata u Libiji, i njihova funkcionalna, vizuelna i estetska karakteristika. A na osnovu teoretskog dela i rezultata analize upitnika i drugih opštih informacija, istraživač je predstavio rešenja i predloge, kao i rad na eksploraciji estetskih i funkcionalnih elemenata solarnih čelija, i njihovu integraciju sa objektima na najpogodniji način.

Nakon istraživanja teorijskog dela, analize upitnika i sagledavanja opštih informacija prema metodologiji koju je istraživač izradio za sprovođenje potrebne studije, dobijeni su sledeći rezultati:

- ✓ Energija ima razne oblike obnovljive i neobnovljive energije, i transformiše se iz jednog oblika u drugi, a njihovog porekla potiče od sunca koje se može direktno koristiti za generisanje toplote, ili za generisanje električne energije pomoću solarnih čelija. Objasnili smo i ranije probleme vezane za konstantan nestanak električne energije u Libiji, koji se pojavio zbog slabog sistema upravljanja energetskog potencijala, i nestabilne političke situacije, što je uticalo i na aktuelnu ekonomiju u Libiji. Zbog toga, je preporučeno da se solarne čelije iskoriste radi korišćenja neiscrpljive sunčeve energije, koja postoji skoro sve vreme.
- ✓ Sistem solarnih čelija je vrlo značajan element u tehnologiji čiste energije koji se više ne mogu zanemariti, jer, i ako oni koštaju mnogo novca na početku njihove izgradnje, njihovi dugoročni prihodi donose stvarnu koristi kako u smislu štednje, tako i smanjenja zagađenja. Sistem solarnih čelija predstavlja savršenog prijatelja životne sredine, i veoma je uspešan na Bliskom istoku, jer će, uprkos tome što su područja Bliskog istoka jedna od najvećih mesta na svetu u solarnoj energiji, uštedeti mnogo novca na drugim izvorima energije, uglavnom naftom i prirodnim

gasom. Zbog toga, sistem solarnih ćelija predstavlja jedno od najjednostavnijih rešenja, koje može pomoći u rešavanju energetskog problema u Libiji.

- ✓ U Libiji postoji jasan interes za korišćenje solarnih ćelija kao pomoćno rešenje problema prekida napajanja električnom energijom, mada nije široko rasprostranjen, ali je počeo da privlači pažnju nakon što su ga mnogi uočili na krovovima zgrada, i ako u malim količinama.
- ✓ Određen broj arhitekata u Libiji su prihvatili ideju o integraciju sistema solarnih ćelija sa zgradom, da bi stvorila novi karakter i model sa funkcionalnim ciljevima, u smislu proizvodnje energije i estetskih ciljeva u smislu formiranja oblika zgrade.
- ✓ Nema ohrabrenja od strane vlade i odsustvo bilo kakvih podsticajnih mera koje motivišu ljude da instaliraju solarne ćelije da bi rešili problem električne energije u Libiji, što zahteva snažan stav zvaničnika.
- ✓ Dizajn efikasne energetske izgradnje treba da bude holistički u razmišljanju. Ideje treba da budu svesne sve ukupnih dizajnerskih razmatranja, tako što će pronaći opštu koordinaciju.
- ✓ Instalacija i klasifikacija solarnih ćelija se obavlja u zgradama na horizontalnim i kosim površinama, kao i na vertikalnim i kosim fasadama, i arhitektonskim detaljima.
- ✓ Korišćenje tehnologije solarnih ćelija kao spoljnih završnih materijala u arhitektonskoj proizvodnji povezano je sa jednom od glavnih ideja integracije, to su:
  - Prilagođavanje solarnih modula kompenzacije za spoljne završne materijale. Umesto korišćenja solarnih modula i konvencionalnih materijala za završetak, solarni moduli se koriste samo nakon što su projektovani kao spoljni završni materijali, kako bi se smanjila količina materijala korišćenih u projektu.
  - Prilagodite solarne module za integraciju sa materijalima za zatvaranje, tako što ćete uključiti solarne ćelije tokom procesa proizvodnje.
  - Postoje mogućnosti integracije solarnih modula sa spoljnim površinama ili arhitektonskim detaljima, bez obzira, bile ove jedinice transparentne ili tamne, ili su površine ravne ili zakrivljene.

- ✓ Postoji nekoliko formalnih nivoa integracije između solarnih sistema i arhitektonskog izraza, i moguće je da arhitekta pristupi da postigne više od jednog nivoa, u isto vreme. Ove metode su klasifikovane na osnovu širine i rasta integracije solarnih čelija i arhitektonskog dizajna, ali to ne znači da će dodavanje čelija u zgradu na funkcionalan način, smanjiti značaj njihove funkcionalnosti. U projektima rehabilitacije zgrada istorijske prirode, koje zavise od obnovljivih izvora energije ne zahteva da solarne jedinice utiču na arhitektonski izraz, tako da prikazivanje solarnih panela u ovom slučaju nije prikladan, posebno u zgradama koje karakterišu istorijske arhitektonske karakteristike.
- ✓ Solarne čelije (kao novi integrisani element) moraju funkcionsati u proizvodnji energije, potrebne za rad zgrade. Ovo je ono što dizajner pokušava da dobije kada traži optimalno vođenje, međutim, proces projektovanja je fleksibilan, i zavisi od sposobnosti projektanta da proceni. Ponekad se prihvati mali gubitak količine proizvedene energije ako ovo može pozitivno da utiče na poboljšanje procesa integracije povećanjem estetske i ekonomske vrednosti zgrade, kroz novo telo za spoljni izgled, tj. funkcionalna diversifikacija čelija, pomoći će da se kompenzuje niska efikasnost.

- **Preporuke**

Istraživanjem je predstavljeno pitanje korišćenja sistema solarnih čelija i kako se direktno pretvara solarna energija u električnu energiju, kako da se iskoristi u arhitektonskom projektovanju objekata i stambene zgrade, da se doprinese rešavanju problema energije u savremenom arhitektonskom karakteru, i na kraju istraživač daje sledeće preporuke:

- Sa Vladinih aspekata

- ✓ Promovisati kulturu alternativne energije, posebno sistema solarnih čelija, i pojasniti njihovu važnost, ulogu i koristi za građane.

- ✓ Podrška i aktiviranje udruženja koja pomažu građanima da koriste solarne ćelije kako u smislu materijala, tako i u smislu edukacije, koja razjašnjava efikasnost i prednost ovog sistema.
- ✓ Razvijanje zakona koji doprinose korišćenju alternativne energije, i motivisati opštine koje obezbeđuju potrebne olakšice građanima, da usvoje ovaj sistem.
- ✓ Podsticaj Elektroprivrede i Energetske uprave u Libiji da aktiviraju sistem kupovine viška električne energije iz objekata u kome su instalirane solarne ćelije kao što se radi u drugim zemljama, koje pomažu ljudima da štede struju i pomažu im da veruju u ekonomsku izvodljivost solarne ćelije.
- ✓ Uspostavljanje olakšice za uvoz komponenti sistem solarnih ćelija kako bi postali jeftiniji, tako što omogućava veći deo građanima da instaliraju sistema solarnih ćelija bez razmišljanja, o visokim troškovima.
- ✓ Sprovoditi kontinuirani pristup planiranju životne sredine na različitim nivoima, uključujući lokalne, regionalne i nacionalne nivoe, koji zavise od kontinuiranih dinamičkih odnosa između ovih nivoa.

- Sa aspekta obrazovanja

- ✓ Usmeravanje kroz obrazovne procese, kako na nivou škole, tako i na višim nivoima, putem upoznavanja sa organizacijom solarne energije uopšte, a posebno sistema solarnih ćelija.
- ✓ Na nivou arhitekture, treba usmeriti studente da primene ove sisteme sa kreiranjem arhitektonskih rešenja, koja integrišu formu i sadržaj sa mislima sistema solarnih ćelija, uzimajući u obzir ekološke, dizajnerske i planske aspekte upotrebe ovih ćelija sa kompatibilnim dizajnom
- ✓ Aktiviranje sindikalne uloge, posebno sindikata inženjera, za sprovođenje kurseva i radionica za edukaciju inženjera za rad na projektima, potrebnim za podršku upotrebe solarnih ćelija.

- Sa aspekta projektanta

- ✓ Postupiti sa zgradom kao integriranim građevinskim sistemom i izbor ideje projekta, njegovih unutrašnjih elemenata, obrade spoljne površine (fasada i krova), na integriran način.
- ✓ Uspostaviti najadekvatnija arhitektonska rešenja na fasadama i uspostaviti razne konfiguracije na fasadama, kako bi služili smeru solarnih ćelija, a istovremeno ih iskoristili u pružanju estetskih aspekata zgrade.
- ✓ Iskoristiti sistem solarnih ćelija ne samo za obezbeđivanju energije i lepote, već i u materijalne aspekte koristeći ih kao alternativne završne materijale umesto tradicionalne materijale, kao i koristiti ih u drugim funkcijama kao što su toplotna izolacija, koristiti kao kišobrane, ili za odbijanje sunčevih zraka na ulazu, otvoru i prozorima.
- ✓ Na nivou planiranja, potrebno je odrediti prioritete planiranja životne sredine tako da se planovi zasnivaju na očuvanju životne sredine uz istovremeno smanjenje zavisnosti od tradicionalnih izvora energije, zbog njihovog negativnog uticaja na životnu sredinu.

Solarni sistem se smatra jednim od najboljih metoda za rešavanje problema vezani za nedostatak električne energije u Libiji, jer je karakterističan u nekoliko aspekata u smislu funkcionalnosti, kao što je proizvodnja čiste električne energije koja nije štetna za okolinu. A sa ekonomski strane, i bez obzira na relativno visoke cene u odnosu na druge metode za obezbeđivanje energije, ali dugoročno gledano, to je ekonomski isplativije. Na kraju, sa estetske strane, instaliranje solarnih ćelija predstavlja jednu od najsavremenijih metoda u arhitektonskoj formaciji, koja utiče na opšti oblik zgrade, spoljašnjeg i unutrašnjeg prostora što dodaje opipljive boje i odražava modernost i napredak.

Potencijali solarnih sistema prelaze funkcije pretvaranja tradicionalnih zgrada u savremene efikasne zgrade u potrošnji energije, zahvaljujući sposobnosti dizajnera da ih učini integriranim kao arhitektonskim elementima, koji imaju dominantan uticaj na dizajn zgrade. Estetska vrednost koja je potrebna postići je vrlo značajno pitanje, a savremena tehnologija pokušava danas da obezbedi potencijal za arhitektonsko projektovanje. Međutim, u mnogima to zavisi od toga kako

dizajner može da koristi ovu tehniku, kako bi zgrada dobila estetski karakter, unapred osmišljen i isplaniran sa strane dizajnera kao mentalnu sliku, za budući izgled strukture objekta.

Izbor dizajnera za način na koji on želi da koristi solarni sistem uglavnom zavisi od specifikacija solarnog sistema, a njegove instrumente je ono što tehnologija nudi u vidu mogućnosti kroz raznolikost oblika, tela, veličine, boje i vizuelnog efekta na fasade zgrade, to su pitanja od velikog značaja za arhitekte jer imaju ogroman efekat na prihvatanje konačnog oblika dizajna.

## Literatura

1. Alahras Usama (2014), Sve što je potrebno znati o solarnim ćelijama, Amman publishing house, Jordan.
2. Al-Jadri Ihsan Ali i Junis Mahmoud M. Selim (2016), Uticaj primene tehnologije solarnog sistema u arhitektonskoj proizvodnji, Dar altibaah, Tripoli,
3. Al-Jarjavi Ziad (2017), Metodološka pravila za izradu upitnika, drugo izdanje, Al-Jarrah Press, Palestina.,
4. Al-Juhu Issa Mohammed(2011), Izvori energije, Biblioteka Arapskog društva, Kairo.
5. Al-Hamdani, Muvaffak (2014), Naučne metode istraživanja, Institut za izdavaštvo Al-Vakr, Amman, Jordan.
6. Alhajat Mohamed Mustafa (2014), Energija (izvori - vrste - koristi), Dar Alarab, Kairo.
7. Arsenijević, D. (1977). Zaštita i unapređenje životne sredine, Niš, Institut za dokumentaciju zaštite na radu.
8. Altavil Fadi Naim (2015), Procena funkcije potražnje za potrošnjom električne energije za porodični sektor u Palestini, Nablus publishing, Palestina.
9. Abdul Razek Najil Kamal, Skuadron Favzi Abbas(2015), Formiranje stambenih kompleksnih fasada i njegov uticaj na urbani pejzaž grada Bagdada, *Časopis za tehniku i tehnologiju*, br.2, Bagdad.
10. Aveida Nihad Mohamed Mahmoud(1999), Konstrukcije i istina o arhitekturi, Magistarski rad, Tehnički fakultet - Univerzitet u Kairu, , Kairo.
11. Antonio Luque, & Steven Hegedus(2003), "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering", John Wiley & Sons Ltd.
12. Anderson Jhoan, American Architecture(2004), The British press, London.
13. Azarshar Feizi Azarshahr (2013),"New Technologies in Modern Architecure and its interaction with traditional architecture", University of Tehran,.
14. ADEG Projekat: Napredni decentralizirani sistemi proizvodnje energije u zemljama zapadnog Balkana, Izvještaj 1, Mašinski fakultet Sarajevo, 2005.
15. Akcioni plan Federacije BiH za korištenje obnovljivih izvora energije (APOEF), Federacija Bosne i Hercegovine, Federalno Ministarstvo energije, rudarstva i industrije, 2014.

16. Ben Duraib M. Fahd Bin Sultan(1996),"Solarna energija", Časopis za nauku i tehnologiju, 34.izdanje, Kuvajt.
17. Cristina Maria Munari Probst, Christian Roecker (2007), "Towards an improved architectural quality of building integrated / solar thermal systems.
18. Calkins, Meg (2009)," Materials of Sustainabl Sites", John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, Canada.
19. Curtis, William J. R. (1997), Modern Architecture Since 1900, "Technology, Abstraction and Ideas of Nature", London.
20. Čučić, G; Stanje iskorištenosti obnovljivih izvora energije u FBiH, Seminarski rad iz predmeta Osnove energetike, Travnik, 2015.
21. Dalija Samir (2015), Predstavljanje uticaj tehnološkog razvoja na arhitektonske formacije. Magistarski rad, Tehnički fakultet - Univerzitet u Kairu.
22. Daraji, Rana Majed Iaseen(2006), Strategije solarne arhitekture unutar statičke i dinamičke strukture, magistarski rad arhitekture, Tehnički fakultet Univerziteta u Bagdadu.
23. Damjanović, D., Gluščević, M., Grujić, M. (2010). Racionalno korišćenje energije u funkciji razvoja lokalnih zajednica, Beograd, Palgo centar
24. Despotović, Ž., Jovanović, M., Stevanović, I. (2016). Primena mobilnih solarnih jedinica u ratarstvu i stočarstvu, Beograd, Institut Mihajlo Pupin, Univerzitet u Beogradu.
25. Directive 2009/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. Official Journal of the European Union, 5.6.2009.
26. Evin Robert(2011), Punjać naša budućnost sa energijom, Pristup održivoj energiji, prevod: Faisal Hardan, Almatbaah Alarabija, Amman.
27. EPIA(2013), Photovoltaic energy electricity from the sun, European Photovoltaic Industry Association.
28. Esko Miettinen(2015)," Sustainable Architecture with Stainless Steel" the conference creative architecture with Stainless Steel jointly organized by Euro Inox, Brussels, Belgium, and Cedinox.
29. Energy Sector Study in BIH, The Consortium: Energy Institute Hrvoje Požar, Croatia; Soluziona, Spain; Economics Institute Banjaluka, BIH; Mining Institute Tuzla, BIH, 2008.

30. Energetski potencijal u BiH, Centar za istraživačko novinarstvo, 2015.
31. Fischer, Ernest(1964), The Necessity of Art: A marixt Approach. Translated by: Anna Bostok, Penguin Books Ltd.,New York.
32. Ferera, F., (1970). Fizika, Ljubljana, Mladinska knjiga
33. Gor, A. (2010). Našizbor, Beograd, Geopoetika
34. Gunther, Thomas Schmitz(1999), Living Spaces- Ecological Building and Design, Slovenia.
35. Gumaste, Krishnakedar. S. (2006), "Embodied Energy Computations In Buildings", Advances in Energy Research, San Francisco.
36. Holtshausen, H.J. (2007), "Embodied Energy and its impact on Architectural Decisions ", Faculty of Art and, Design and Architecture, University of Johannesburg.
37. Irfan Sami (2014), Funkcionalna teorija u arhitekturi, Dar Al Ma'arif, Kairo.
38. IPCC (2011), "SPECIAL REPORT ON RENEWABLE ENERGY, New York.
39. Jencks, Charles(1981), The Language of Post-Modern architecture, Academy Editions, London.
40. Jones, Anna Ray(2000), "Sustainable architecture in Japan- the green buildings of nikken sekkei", Wiley academy, UK.
41. Kim, Jong-Jin(1998), "Sustainable Architecture Module: Qualities, Use and Examples of Sustainable Building Materials", The University of Michigan, USA.
42. Kranzberg, Melvin(1967),Technology in Western Civilization, Oxford University press, New York.
43. Kasravi, Samah Mustafa Mohammed (2005), Uloga napredne tehnologije u formiranju savremene arhitekture, Fakultet za visoke studije, Univerzitet u Jordanu, Amman.
44. Kimura Ken, Ichi (2000),"Solar Architecture for the Happiness of Mankind" *Solar Energy*, New York.
45. Krawietz. Silke A. (2011), Sustainable Buildings and BIPV An international perspective, London.
46. Končar-Đurđević, S. (1977). Prečišćavanje zagadenih otpadnih gasova, Be-ograd, Rad
47. Kosorić, V. (2007). Aktivni solarni sistemi, Beograd, Građevinska knjiga; 12(2), 21-23
48. Kosorić, V. (2008). Ekološka kuća, Beograd, Građevinska knjiga.

49. Kostić, M., Jovanović Tončev, M., Vukadinović, P., (2014). Iskorišćenost obnovljive geotermalne energije, Beograd, Univerzitet Singidunum
50. Ladriere, Jean (1977), The Challenge Presented to Culture by science and Technology, The UNESCO press.
51. Lambić, M. (2002). Solarnogrejanje, Beograd, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
52. Larsen, Kari; End-of-life PV: Then What? - Recycling solar PV panels, Renewable Energy Focus Magazine, 2009.
53. Ljubomir Majdandžić, dipl. ing.; Fotonaponski sustavi, HSUSE - Hrvatska stručna udruga za sunčevu energiju, 2014.
54. Ljubić, V. (1977). Energija, životna sredina i naše sutra, Beograd, Rad.
55. Mahfouz M. Mohammed bin Salim(1996), "Solarna energija" (*Journal of Science and Technology*,4. izdanje, Katar.
56. Mohsen Ahmed Salameh(2006), Ekološki prihvatljivi sistemi koji koriste elektrostatičke sisteme u zgradama, *Al Omran Magazine*, Issue 5, Kuvajt.
57. Mohamed El Mabrouk(2010), Ekonomija solarne energije u Saudijskoj Arabiji, Centar za istraživanje, Dar Alarab, Rijad.
58. Mandour Ahmed, Ramadan Mohamed (2012), Ekonomija prirodnih i ljudskih resursa, Aldar Aljamii, Bengazi.
59. Meiss, piene Von(1992), Elements of architecture: From form to place, E and FN Spon, Champman and Hall, London.
60. Majid, Mostafa, Reza (2015), "The characteristics of suitable home from islam point of view in comparison with modern architecture", Amman publishing house, Amman.
61. Mendler, Sandara &odell, William (2000), "The hok guide book to sustainable design", John Wiley and Sons Inc., USA.
62. Muschett, F. Douglas (2000), "Principi održivog razvoja", Prevod: Bahaa Shaheen, Međunarodna kuća za kulturnu investiciju, Prvo izdanje, Kairo.
63. McGraw-Hill (1974). Encyclopedia of Environmental Science, New York, McGraw-Hill Book Company

64. Mikić Bojović, J. (2018) Upotreba obnovljivih izvora energije u funkciji zaštite životne sredine, Master rad, Univerzitet Privredna akademija u Novom Sadu, Fakultet za ekonomiju i inženjerski menadžment u Novom Sadu
65. Milićević, D., Marković, D., Nikolić, J., Lazarević, B., Radičević, A., Grmuša, M., Radivojević, M., Jevtić, S., BrkovićJ., (2014). Program energetske efikasnosti zaperiod od 205-2018 .godine, Kruševac.
66. Martinović, T. ; Mitrović, M. ; Elaborat: Uticaj solarnih elektrana na elektro energetski sistem BiH, Finalni izvestaj za NOSBiH 287546A Rev 1 Parsons Brinckerhoff, Decembar 2014.
67. Nesbitt, Kate(1996), Theorizing a new agenda for Architecture, An Anthology of Architectural Theory 1965-1995, “*Tectonic Expression*”, New York.
68. Norbert lechner (2001), “Heating ,cooling lighting, design methods for architect”, Wiley John & sons Inc, New Jersey.
69. Obaidat Zoukan, Adas Abdul Rahman, Abdul Hak Kaied (2017), Naučno istraživanje, koncept, alati i metode, izdavaštvo i distribucija Dar Al Fikr, Amman.
70. Omerović, T., (2016). Solarne elektrane: Oprema za monitoring solarne elektrane i pripadajućeg električnogpostrojenja, Sarajevo, Elektrotehnički fakultet, Univerzitet u Sarajevu.
71. Obnovljivi izvori energije, <http://obnovljiviizvorientije.rs/energijasun-ca/fotovoltaik/>
72. Solarni sistemi po zahtevu i meri, <http://www.gradnja.rs/solarni-sistemi-po-zahtevu-i-meri/>
- Obnovljivi izvori energije, <http://obnovljiviizvorientije.rs/energija-sun-ca/solarna-energija/>
73. Ponting, K. (2009). Ekološka istorija sveta: životna sredina i propast velikih civilizacija, Beograd, Odiseja.
74. Prasad Leo, Mark snow (2005), "Designing with solar power", Images publishing, New York.
75. Pank,Will Girardet,Herbert & Cox Greg (2014),“Tall Buildings and Sustainability”, London.
76. Pavlović, M. Tomislav; Čabrić, D. Branislav; Fizika i tehnika solarne energetike, 2. izdanje, Građevonska knjiga, Beograd, 2007, ISBN 86-395-0505-5

77. Pravilnik o metodologiji o načinu utvrđivanja zajamčenih otkupnih cijena električne energije iz postrojenja za korištenje obnovljivih izvora energije i učinkovite kogeneracije, Regulatorna komisija za energiju u FBiH - FERK, 2014.
78. Randall Thomas (2001), " Photovoltaics and Architecture", Routledge, London, GBR
79. Robert Farrington(1993), Building-Integrated Photovoltaics, John Wiley & Sons Ltd., New Jersey.
80. Ridab Ahmed Mahmoud (2015), "Inteligentne orbitalne zgrade, studija uticaja tehničke integracije na životnu sredinu ", Magistarski rad, Tehnološki univerzitet, Tripoli.
81. Raghad Nematallah Hamdallah(2014), "Tehnologija i oblik - uticaj moderne tehnologije na oblik stanovanja", Naučna knjiga, Bagdad.
82. Randall, Thomas(2006),"Environmental Design (An Introduction for Architects and Engineers)" Taylor & Francis e-Library, San Francisco.
83. Reddy Venkatarama (2004),“Sustainable building technologies”, Department of Civil Engineering & Centre for Sustainable Technologies, Indian Institute of Science, *Current Science*, Vol. 87, No. 7, 10 Oct., Bangalore, India.
84. Rajić, D., (2016). Kreativna ekologija, Beograd.
85. Roaf, Sue Fuentes, Mannel and Stephanic Thomas (2007), “Eco House: A Design Guide”, John Wiley & Sons Ltd, Oxford, UK.
86. Salim Mohammed, Jounis Mahmood (1997), Uticaj izveštaja o klimatskom dizajnu i kontroli solarne energije za grad Bagdad, Magistarski rad, Univerzitet u Bagdadu.
87. Safadi Mohamed Fares (2015), Sve o suncu, Shorouk Press, Aman.
88. Salahuddin Ehab (2016), Energija i izazovi budućnosti, Alhadi publishing, Katar.
89. Sigulda, Latvia (2010), International training“Energy efficiency of buildings and ecological construction materials”, Images publishing, New Jersey.
90. Sinapis Kostas, Menno van den Donker (2013), State of the art in Building Integrated Photovoltaics,(BIPV REPORT), London.
91. Snyder Daniel (2014), Facts about Residential Solar Power Systems, John Wiley & Sons Ltd, London.
92. Salingaros, Nikos(2004), Architectural Theory and the Work of Bernard Tschumi, Architectural publishers, London.

93. Salvadori, Mario(1963), Structure in architecture, Prentice-Hall International series, New Jersey.
94. Semper, Gottefried, Der stil(1981), Architcctural Design, John Wiley & Sons Ltd, Oxford.
95. Saks, Dž. D. (2014). Doba održivog razvoja, Beograd, CIRSD.
96. Solaris energy, <http://www.solarisenergy.co.rs/solarna-energija-u-srbiji/>
97. Solar power, Europe <http://www.solarpowereurope.org/live-map/>
98. Solar Projekt, <http://solarprojekt.weebly.com/blog-o-energiji/solarna-energija>
99. Schneider, Daniel R.; et al.; Mapping The Potential For Decentralized Energy Generation Based On Res In Western Balkans; UDC: 621.316:620.97, Thermal Science: Vol. 11, 2007.
100. Strateški plan i program razvoja energetskog sektora Federacije BiH, Federalno ministarstvo energije, rударства и индустрије, 2009.
101. Šimić, Z., Šljivac, D. (2009). Obnovljivi izvori energije - najvažnije vrste, potencijal i tehnologija, Zagreb.
102. Torroja, Eduardo(1962), Philosophy of structure, University of California press, Berkeley, Los Angeles.
103. Tomić, A. (2012). Ekološki menadžment, Valjevo, Valjevoprint.
104. Uredba o poticanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih izvora energije i učinkovite kogeneracije i određivanju naknada za poticanje, Vlada Federacije BiH, 2014.
105. Vaziri, Jahja (2016), "Ekološki arhitektonski prijateljski dizajn prema zelenoj arhitekturi", prvo izdanje, Madbouli Librari, Kairo.
106. Veljković, N. (2006). Indikatori održivog razvoja i upravljanje vodnim resursima, Beograd, Zadužbina Andrejević.
107. Wright, Frank Lloyd (1975), In the Cause of architecture, Architectural Record press, New York.
108. Weadock, Nick; WaterShed Project At The University of Maryland, 2011.
109. Wesoff Eric (2011), Can Microinverters and Optimizers Work in Large Solar PV Installations?, Images publishing, New York.
110. Zamil Ahmed(2016), The Glass Industries, Jabala Co. For Commercial Agencies, Jadria, Baghdad.

111.Zubaidi, Maha Sabah Salman(2017), "Uticaj održivost životne sredine u formiranju stambenih zajednica u Iraku", doktorska disertacija, Odsek za arhitekturu, Tehnički fakultet, Univerzitet u Bagdadu.

## CV

Ime i prezime: Khaled Khalefa Dagali

Datum rođenja, mesto, država: 10.02.1975, Tripoli, Libija

Mesto stalnog boravka: Tripoli- Libija, tel.061/3167336, [khaled.dagali@yahoo.com](mailto:khaled.dagali@yahoo.com)

Mesto, godina i naziv završenog fakulteta: Univerzitet u Novom Sadu, Fakultet za Inženjerski Menadžment, 2010/12.

Završio master studije odsek inženjerski menadžment na Univerzitet Singidunum u Beogradu 20.12.2013 god.

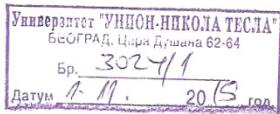
Zanimanje: Inženjer

Zaposlenje:

- Radio je u naftnoj kompaniji Aldawair,Tripoli, od 2005-2008.
- Zaposlen u Ministarstvu za rad- Tripoli- Libija.

Objavio dva naučna rada: prvi je M-52 a drugi rad je Sci-lista

Govori Engleski i Arapski jezik.



Прилог 1.

## Изјава о ауторству

Потписани-а Khaled K. Salem Dagali

број уговора са датумом потписивања: 1934 од 07. 08. 2015. год.

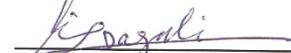
### Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Методе архитектонске интеграције соларних ћелија на моделском примеру  
материјализације омотача енергетски ефикасних објеката у Либији

- 
- 
- резултат сопственог истраживачког рада,
  - да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
  - да су резултати коректно наведени и
  - да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

  
Khaled K. Salem Dagali

У Београду, 01. 11. 2019. год.

Прилог 2.

## Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора: Khaled K. Salem Dagali

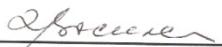
Број уговора са датумом потписивања: 1934 од 07. 08. 2015. год.

Студијски програм: менаџмент одрживог развоја

Наслов рада:

Методе архитектонске интеграције соларних ћелија на моделском примеру  
материјализације омотача енергетски ефикасних објеката у Либији

Ментор: проф. др Драгана Василски

Потпис ментора 

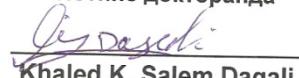
изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла Универзитетској библиотеци Универзитета „Унион-Никоа Тесла“ у Београду.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета „Унион- Никола Тесла“ у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 01. 11. 2019. год.

  
Khaled K. Salem Dagali

Прилог 3.

## Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку Универзитет „Унион-Никола Тесла“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета унесе моју докторску дисертацију под насловом:

**Методе архитектонске интеграције соларних ћелија на моделском примеру материјализације омотача енергетски ефикасних објеката у Либији**

која је моје ауторско дело.

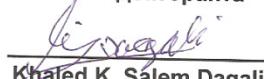
Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета „Унион-Никола Тесла“ могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанта

  
Khaled K. Salem Dagali

У Београду, 01. 11. 2019. год.

1. Ауторство - Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
5. Ауторство – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцима, односно лиценцима отвореног кода.