

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу

Неда Д. Радевић

Примена соларних система у зградарству

Мастер рад

Крагујевац, 2017.

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Енергетика и процесна техника

Предмет: Соларна техника

Број индекса: 379/2015

Неда Д. Радевић

Примена соларних система у зградарству
Мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Данијела Николић - доцент
2. _____
3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да проучи препоручену и ширу литературу која се односи на примену постојећих соларних система у зградарству, првенствено фотонапонских система, а потом и соларних колектора. Неопходно је да се представе до сада развијене фотонапонске технологије, типови соларних колектора, системи у којима се користе соларни колектори у зградарству, и на крају интеграција соларних система у омотач зграде, као један од најсавременијих трендова у зградарству, који се односи на енергетски ефикасне зграде. Осим тога, потребно је дати и критички осврт на могућности уградње и исплативост уградње соларних система.

Препоручена литература:

- [1] Др Небојша Лукић, др Милун Бабић, *Соларна енергија*, Монографија, Машински факултет у Крагујевцу, 2008.
- [2] A. K. Athienitis, M. Santamouris, *Thermal Analysis and Design of Passive Solar Buildings*, James and James, 2002.
- [3] Tomas Markvart, *Solar Electricity*, Wiley, 2 edition, 2000.
- [4] Љ. Стаменић, G. W. Ingham, *Solar Photovoltaic Revolution*, Sunology International Inc., Vancouver, B.C., 1995.
- [5] IEA SHC Task 41: *Solar Energy and Architecture*, Report T.41.A.1, *Building integration of Solar Thermal and Photovoltaics: barriers, needs, strategies*

Крагујевац, фебруар 2017. године

Ментор:
Др Данијела Николић, доцент

РЕЗИМЕ

У овом раду је описана могућност подизања нивоа енергетске ефикасности зграда употребом соларне енергије. Осим елементарних појмова о соларној енергији, њеном интензитету и примени у стамбеним објектима, у раду је разматрана употреба различитих соларних система у зградама: фотонапонских система за генерисање електричне енергије, система соларних колектора за грејање санитарне топле воде, употреба соларних базена и пасивно соларно загревање - Тромбов зид.

Кључне речи: зграде, енергетска ефикасност, соларна енергија, фотонапонски системи, соларни колектори.

Abstract

This paper describes the possibility of increasing the level of energy efficiency in buildings using solar energy. In addition to presenting the basic concepts of solar energy, its potency and application of solar energy in residential buildings, this paper presents the use of various solar systems in buildings: photovoltaic systems to generate electricity systems of solar collectors for heating domestic hot water, the use of solar pools and passive solar heating - Tromb wall.

Keywords: building, energy efficiency, solar energy, photovoltaic systems, solar collectors.

САДРЖАЈ

1. УВОД	3
1.1 ЕНЕРГИЈА СУНЦА	3
1.1.1 ЗЕМЉИН СЈАЈ - ТЕРМОДИНАМИЧКА РАВНОТЕЖА СУНЦЕ - ЗЕМЉА	5
1.1.2 ЕФЕКАТ СТАКЛЕНЕ БАШТЕ	6
1.1.3 ИНСОЛАЦИЈА	7
2. СИСТЕМИ И ТЕХНОЛОГИЈЕ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ	8
2.1 ФОТОНАПОНСКЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ	8
2.1.1 ВРСТЕ И МАТЕРИЈАЛИ ФН ТЕХНОЛОГИЈА	11
2.1.1.1 Фотонапонске соларне ћелије од монокристалног силицијума	12
2.1.1.2 Фотонапонске соларне ћелије од поликристалног силицијума	14
2.1.1.3 Соларне ћелије од аморфног силицијума	16
2.1.2 ПРИНЦИП РАДА ФН ЋЕЛИЈЕ (ФОТОНАПОНСКИ ЕФЕКАТ)	19
2.1.3 КОНСТРУКЦИЈА ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА	19
2.1.4 ЕФИКАСНОСТ ФН ЋЕЛИЈЕ	20
2.2 СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ	21
2.2.1 РАВАН ЗАСТАКЉЕНИ СОЛАРНИ КОЛЕКТОР	21
2.2.2 ВАКУУМСКИ СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ	23
2.2.3 КОНСТРУКЦИЈА И ИЗРАДА ПЛОЧАСТИХ КОЛЕКТОРА	25
2.2.4 ТЕРМОСИФОНСКИ ЕФЕКАТ	26
2.2.5 ЕФИКАСНОСТ СОЛАРНОГ КОЛЕКТОРА	27
2.2.6 ПОРЕЂЕЊЕ ЕФИКАСНОСТИ РАЗЛИЧИТИХ ТИПОВА ПСЕ	28
2.3 ХИБРИДНИ СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ	29
3. ПРИМЕНА СОЛАРНИХ СИСТЕМА У ЗГРАДАМА	33
3.1 ФОТОНАПОНСКИ СОЛАРНИ СИСТЕМИ И ТЕХНОЛОГИЈЕ ЗА ГЕНЕРИСАЊЕ И ПРОИЗВОДЊУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ	33
3.1.1 МРЕЖНО СПОЈЕНИ ФН СИСТЕМИ (ON-GRID)	33
3.1.2 САМОСТАЛНИ ФН СИСТЕМИ (OFF-GRID)	35
3.2 СОЛАРНИ СИСТЕМИ ЗА ГРЕЈАЊЕ ТОПЛЕ ВОДЕ	38
3.3 СОЛАРНИ БАЗЕНИ	41
3.4 АКУМУЛАТОРИ ТОПЛОТЕ ЗА ГРЕЈАЊЕ ПОМОЋУ СОЛАРНИХ СИСТЕМА	45
3.5 ПАСИВНО КОРИШЋЕЊЕ СУНЧЕВЕ ЕНЕРГИЈЕ - ТРОМБОВ ЗИД	48
3.5.1 ТРОМБОВ ЗИД	49
4. ИНТЕГРАЦИЈА СОЛАРНИХ СИСТЕМА У ОМОТАЧ ЗГРАДЕ	51
4.1 УГРАДЊА И ИНТЕГРАЦИЈА ФН ПАНЕЛА	53
4.1.1 КРОВОВИ	53
4.1.2 СПОЉАШЊИ ЗИДОВИ И ФАСАДЕ	55
4.1.3 СТАКЛЕНИ КРОВОВИ	58
4.1.4 ЗАСЕНЧЕЊА	58
4.2 СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ ИНТЕГРИСАНИ У ОМОТАЧ ЗГРАДЕ	60
5. ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ ГРАЂЕВИНСКИХ ОБЈЕКТА И ЊИХОВА СОЛАРНА АРХИТЕКТУРА	62
5.1 АКТИВНО СОЛАРНО ГРЕЈАЊЕ	63
5.2 ПАСИВНО СОЛАРНО ГРЕЈАЊЕ	64
5.2.1 ПРИМЕР ПАСИВНЕ СОЛАРНЕ ЗГРАДЕ	68
6. МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ И ИСПЛАТИВОСТ УГРАДЊЕ СОЛАРНИХ СИСТЕМА	70
6.1 ЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛ СУНЧЕВОГ ЗРАЧЕЊА У СВЕТУ	70
6.2 ПОТЕНЦИЈАЛ ИСКОРИШЋЕЊА СОЛАРНИХ СИСТЕМА У СРБИЈИ	73
6.3 ОСНОВНИ РАЗЛОЗИ КОРИШЋЕЊА СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ	75
7. ЗАКЉУЧАК	76
8. ЛИТЕРАТУРА	77

1. УВОД

Клима је примарни енергетски ресурс чијим дејством су настали и фосилни ресурси угаљ и нафта. Данашње човечанство углавном енергију производи сагоревањем угља, изградњом великих брана или из нуклеарних централа и на тај начин троши необновљиве ресурсе, загађује околину и живи у сталном страху од могућих нових нуклеарних катастрофа [1].

Енергија Сунца представља један од најзначајнијих обновљивих извора енергије, оних чија се емисија енергије може одвијати истом брзином којом се троши. У групу обновљивих извора енергије спадају: енергија Сунца, ветра, биомасе, хидроенергија, геотермална енергија. Постоје још неки видови обновљивих извора енергије, али су они за сада далеко од економске исплативости (енергија плиме и осеке, енергија таласа,...) [1].

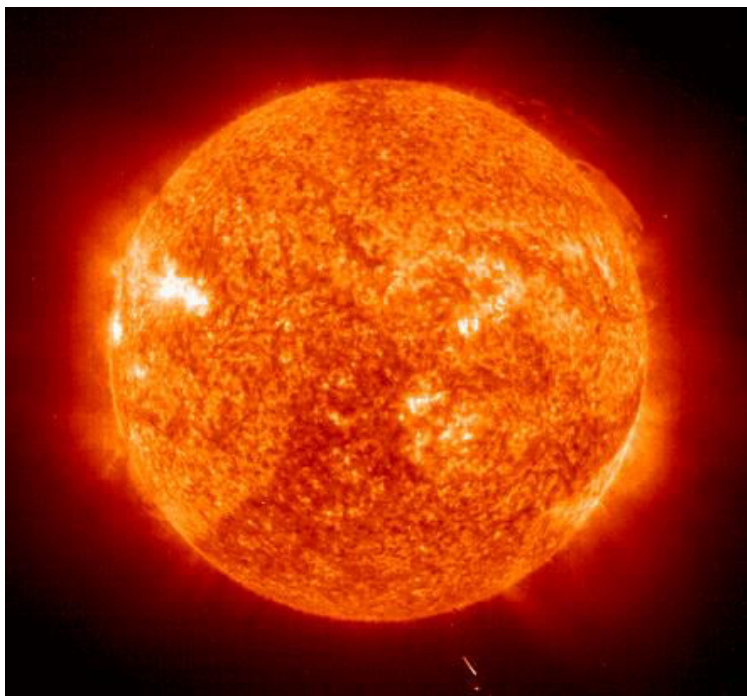
Карактеристика обновљивих извора енергије је да се током коришћења њихове залихе не смањују као код фосилних горива, има их у огромним количинама и што је веома важно, не загађују околину. Енергија ветра и Сунца спадају у највише коришћене обновљиве изворе енергије данас у свету. Поред тога што се ради о еколошки чистим и прихватљивим облицима енергије, битан фактор за значајну експанзију је и чињеница да је експлоатација обновљивих извора енергије постала и економски конкурентна. Последњих година је у читавом свету, а нарочито у Европској унији, дошло до наглог пораста примене свих облика обновљиве енергије. Директно коришћење обновљивих извора енергије не представља једини начин побољшања енергетске ситуације. Све већа тежња у новије време, у циљу постизања енергетске ефикасности, укључује низ метода који се баве рационалном употребом и штедњом енергије, односно, све више се користи соларна енергија која смањује губитке енергије [1].

1.1 ЕНЕРГИЈА СУНЦА

Соларна енергија (енергија Сунца) је енергија сунчевог зрачења коју примећујемо у облику светла и топлоте коју примамо од највећег извора енергије на Земљи, Сунца. Сунчево зрачење је одговорно и за стално обнављање енергије ветра, морских струја, таласа, водених токова и термалног градијента у океанима. Већ деценијама се соларна енергија користи за генерисање топлоте, у смислу загревања воде, животног простора, а такође и за хлађење. Употреба соларне енергије има вишеструке предности. То је тих, чист и поуздан извор енергије. Због растуће цене фосилних горива, као и због јачања свести о потреби очувања животне средине, све више расте интерес за коришћење сунчеве енергије [1].

Сунце има обим сфере пречника око 1 400 000 km. Маса Сунца је око 330 000 пута већа од масе Земље и износи око 99% масе нашег планетарног система. Око 75% масе Сунца је водоник, 24% хелијум, а остатак чине остали познати елементи. Површина Сунца која се види са Земље назива се фотосфера и има просечну температуру 6 000°C и притисак од 0,01 bar, а дебљине је неколико стотина километара. Са спољне стране фотосфере је хромосфера, дебљине 3 000 до 10 000 km, а састоји се од ужареног водоника [1].

Изнад хромосфере је корона, развучен омотач од гасова мале густине, чији слој варира од више стотина хиљада до преко милион километара. У дубини сунчеве масе одвијају се бројне термонуклеарне реакције. Температура од 15×10^6 K, са притиском од 70×10^9 атмосферског притиска, омогућава фузију лаких честица (језгро водоника) и стварање течних честица (језгра хелијума). Фузијом се сматра процес у коме се честице атома водоника спајају, формирајући један атом хелијума, уз губитак мање количине масе, која се појављује у другој форми према Ајнштајновој релацији $E = mc^2$ [2].



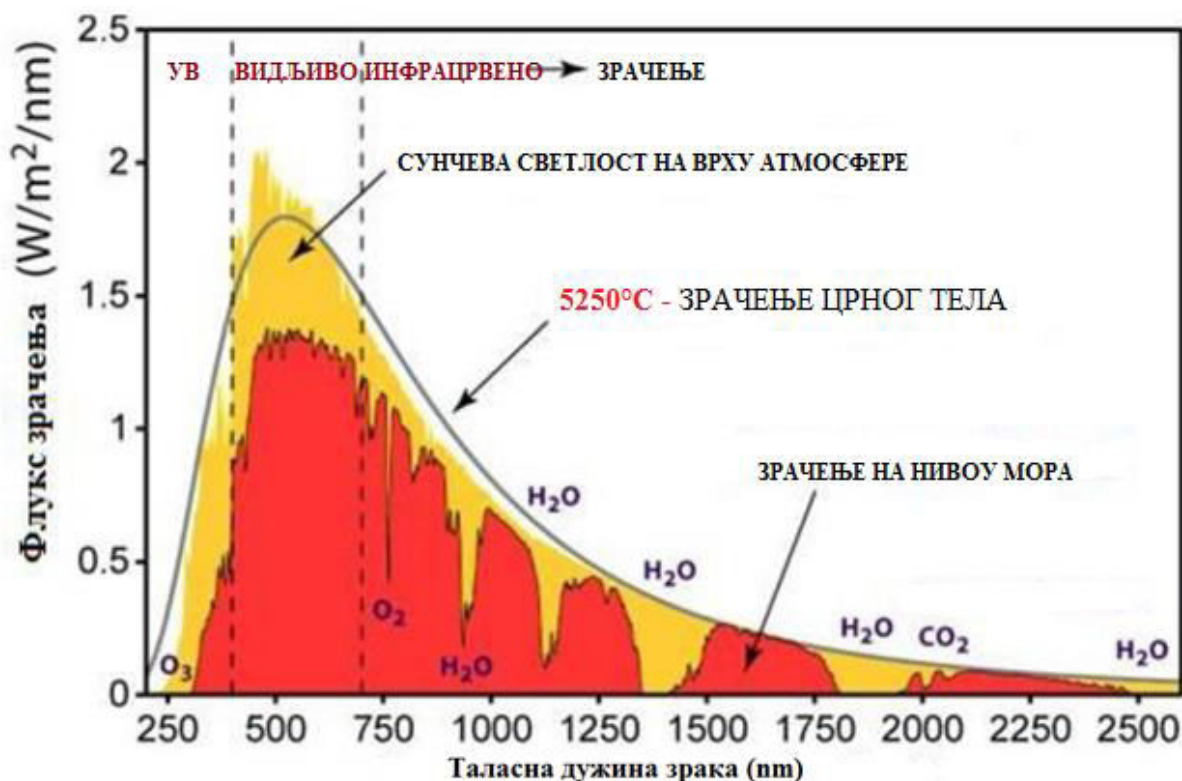
Слика 1. Сунце [2]

Сунце је заједнички извор свих обновљивих извора енергије, чији капацитет можемо сматрати неограниченим. Сунчева енергија је ресурс који је, зависно од климатског подручја, у већој или мањој мери доступан свим људима. Снага Сунца коју прима Земља износи око $1,8 \times 10^{11}$ MW што вишеструко превазилази све енергетске потребе. Ова енергија се може користити како за производњу електричне, тако и топлотне енергије. Већина облика енергије на Земљи настала је и настаје деловањем Сунчевог зрачења. Употребом Сунчеве енергије смањује се потреба за фосилним горивима, па се смањује и загађење околине, тј. соларна енергија не изазива глобално загревање и не ствара радиоактивни отпад [2].

Сунчев спектар садржи зрачења таласних дужина мањих од 100 nm, па све до 3 μ m. Основна подела електромагнетног зрачења је на јонизујуће ($\lambda < 100$ nm, γ и χ зраци) и нејонизујуће зрачење ($\lambda > 100$ nm). На срећу, разорно јонизујуће зрачење не продира кроз Земљину атмосферу [1].

Средњи топлотни флуks Сунчевог зрачења на површини Земљине атмосфере назива се соларном константом и износи $I_S = 1367 \text{ W/m}^2$ [1].

Нејонизујуће зрачење са Сунца се може поделити на ултравиолетно, видљиво и инфрацрвено зрачење.



Слика 2. Спектар сунчевог зрачења [3]

Сунчева светлост изазива температурне промене које покрећу ветрове и океанске струје, опстанак биљног и животињског света и неопходна је за одржавање воденог циклуса река и мора. Без Сунца, наша планета не само да не би могла одржавати живи свет, већ не би ни била довољно топла да одржава геотермалне изворе под земљом. Чак и фосилна горива, која еколози некада зову још и "старом биомасом", акумулирала су енергију Сунца. Важност Сунца у нашој свакодневници је, такође, врло значајна. Због Сунца нам нису потребне батеријске лампе по цели дан, нити морамо да грејемо своје домаћинство током одређених годишњих доба, можемо сушити веш напољу итд. [3].

1.1.1 ЗЕМЉИН СЈАЈ - ТЕРМОДИНАМИЧКА РАВНОТЕЖА СУНЦЕ - ЗЕМЉА

Сву енергију коју Земља прими од Сунца, мора да врати назад у васиону. Једино занемарљиви део (око 0,1%) Сунчевог зрачења остаје везан на земљи процесом фотосинтезе.

Максимум Земљиног сјаја налази се на таласној дужини зрака од 18 μm . Од укупног годишњег Сунчевог зрачења, које износи просечно 343 W/m^2 , 30% се рефлектује назад са облака и земљине површине (Земљин алbedo - α), 11,7% се израчи директно са Земљине површине, 10,2% израче облаци, а за 48,1% Земљиног сјаја су заслужни гасови стаклене баште. Овај део зрачења се поновно враћа на Земљу и после њеног загревања је напушта [1].

Од стране Сунца, на површини атмосфере Земља прими E_s (W) [1]:

$$E_s = I_s \pi R_E^2 (1 - \alpha),$$

где је:

$R_E = 6\,371$ km - Земљин полупречник. Са друге стране, у стационарном стању, Земља мора да израчи у васиону исту количину енергије [1]:

$$E_s = 4 \pi R_E^2 \sigma T_E^4,$$

где су:

$\sigma = 5,67 \times 10^{-8} (\text{W/m}^2\text{K}^4)$ - Стефан-Болцманова константа апсолутно црног тела,

T_E (K) - еквивалентна температура Земље као апсолутно црног тела.

Након ових наведених израза, може да се израчуна неопходна температура Земљине површине - T_E , да би она вратила у Космос дозрачену Сунчеву енергију:

$$T_E = \left[\frac{I_s(1-\alpha)}{4\sigma} \right]^{1/4} = 255 \text{ K } (-18^\circ\text{C}).$$

Познато је да је просечна температура Земљине површине 288 K (15°C). Ова разлика се објашњава присуством гасова стаклене баште у Земљиној атмосфери [1].

1.1.2 ЕФЕКАТ СТАКЛЕНЕ БАШТЕ

Ефекат стаклене баште настаје због тога што Земља и молекули у атмосфери апсорбују Сунчеву топлоту. Топлота која стиже са Сунца пада на Земљу, одатле се одбија и највећим делом одлази далеко од Земље. Коришћењем све већег броја различитих хемијских једињења у свакодневном животу, људи су променили састав гасова у атмосфери наше планете. Ова промена хемијског састава атмосфере довела је до тога да, уместо да пропушта топлоту одбијену са површине, атмосфера задржава одбијену топлоту. На овај начин се цела атмосфера све више загрева. Многи научници су забринуте и сматрају да ефекат стаклене баште може довести до глобалног загревања које би имало катастрофалне последице на живот на планети. Анализе су показале да је од 1800. године просечна температура порасла за 0,7°C [4].



Слика 3. Ефекат стаклене баште 1 [4]

Стакло је најпознатији чврст материјал који пропушта Сунчево зрачење (таласне дужине од 0,3 до 3 μm) и то у просечном износу од 90%. Како се површина иза стаклене плоче загрева, она емитује инфрацрвено дуготаласно зрачење. За разлику од видљиве светлости и краткоталасног инфрацрвеног зрачења, ово зрачење стакло апсорбује и затим емитује назад на површину, а делом и у околину [1].



Слика 4. Ефекат стаклене баште 2 [5]

Ефектом стаклене баште може се значајно увећати температура површине на којој се успоставља термичка равнотежа - примљена количина топлоте једнака предатој. На тај начин, нпр., тамна метална површина на мирној атмосфери, изложена Сунцу, може се загрејати и од 60 до 80°C. Коришћењем стакленог прекривача, иако се губи 10% Сунчевог зрачења, температура површине се може повећати до 90°C. Ефекат стаклене баште један је од основних ефеката који се примењује за конструкцију соларних колектора [5].

1.1.3 ИНСОЛАЦИЈА

Просечно Сунчево зрачење, на годишњем нивоу, на јединичну хоризонталну површину, назива се осунчаност или инсолација. То зрачење садржи највише апсорбоване енергије у облику краткоталасног зрачења и светла. Само један део краткоталасног зрачења доспева до земљине површине, а преостали део енергије се рефлектује, расипа или је упија атмосфера.

Количина Сунчевог зрачења на површини Земље зависи од много фактора: географске ширине места, годишњег доба, доба дана, чистоће атмосфере, облачности, оријентације и нагиба површине.

Просечна годишња инсолација у Европи износи 1096 kWh/m², а у Србији око 1400 kWh/m², при чему просечна дневна вредност износи око 3,8 kWh/m². У Србији, за време бивше СФРЈ, у оквиру СХМЗ је до 1987. године радио Републички центар за Сунчеву радијацију. Међутим, после њеног укидања, у Србији не постоје поуздани, прецизни, систематски сређени подаци о инсолацији, тако да меродавни подаци су они мерени до 1987. године [1].

2. СИСТЕМИ И ТЕХНОЛОГИЈЕ ЗА КОРИШЋЕЊЕ СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Савремена научна достигнућа и стечена искуства, на пољу технологије коришћења Сунчеве енергије, показала су да се соларна енергија може користити у трансформисаном облику који може успешно заменити примену класичних облика енергије. Из фазе експерименталног коришћења соларне енергије, многе привредно развијене земље у свету прешле су на масовно коришћење соларне енергије (активно и пасивно), нарочито у задовољењу потреба становништва и привреде код загревања, климатизације и осветљавања стамбених и пословних просторија. Поред тога, веома је изражен тренд пројектовања енергетски ефикасних зграда.

Конверзија сунчеве енергије се врши помоћу фотонапонских ћелија, термалних соларних колектора и хибридних соларних колектора. Термални соларни колектори служе за добијање топле воде и загревање простора, а фотонапонске ћелије се користе за директно добијање електричне енергије из сунчеве енергије. Експанзија фотонапонских ћелија омогућена је значајним технолошким напретком у току последње деценије и њихов коефицијент корисног дејства је удвостручен са око 7% на 15%.

ПОДЕЛА ПРИЈЕМНИКА СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Подела пријемника соларне енергије се према начину трансформације може извршити на [1]:

- фотонапонске ћелије,
- соларне колекторе,
- хибридне соларне колекторе.

Према врсти радног флуида који се користи, соларни колектори се деле на [1]:

- водене,
- ваздушне,
- који користе друге течне флуиде (термичка уља).

2.1 ФОТОНАПОНСКЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ

Фотонапонски системи (ФН системи) представљају електричне системе који сунчеву енергију директно претварају у електричну енергију. Нагли развој фотонапонских ћелија почиње 1954. године када су Пеарсон, Фулер и Чапин направили прву фотонапонску ћелију од монокристалног силицијума. Почев од лансирања првог сателита 1958. године, фотонапонске ћелије представљају незаменљив извор електричне енергије на сателитима, космичким бродовима и свемирским станицама. У земаљским условима од самог почетка развоја фотонапонске ћелије су нашле примену на објектима као што су: светионици, аеродроми, истраживачке платформе на мору, стамбени и индустријски објекти и сл..

Данас, ФН технологије су једна од најбржих растућих технологија обновљиве енергије и очекује се да ће играти главну улогу у будућој глобалној производњи електричне енергије [6].

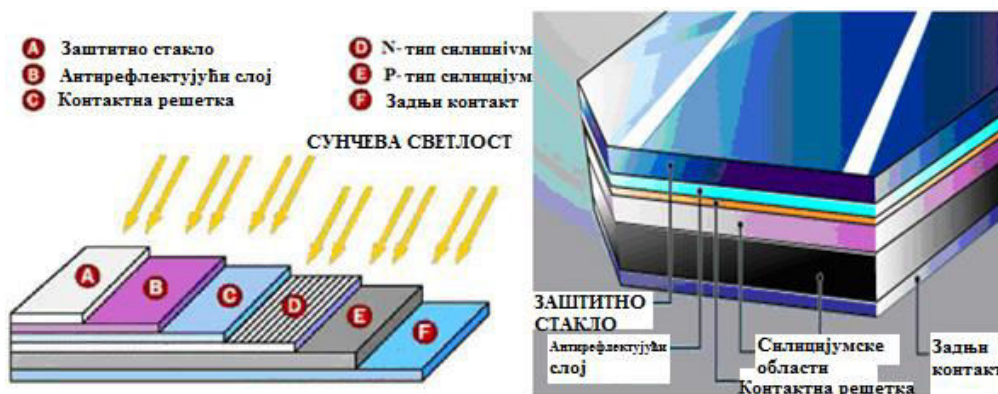


Слика 5. Фотонапонски панели [7]

Предности коришћења фотонапонских панела:

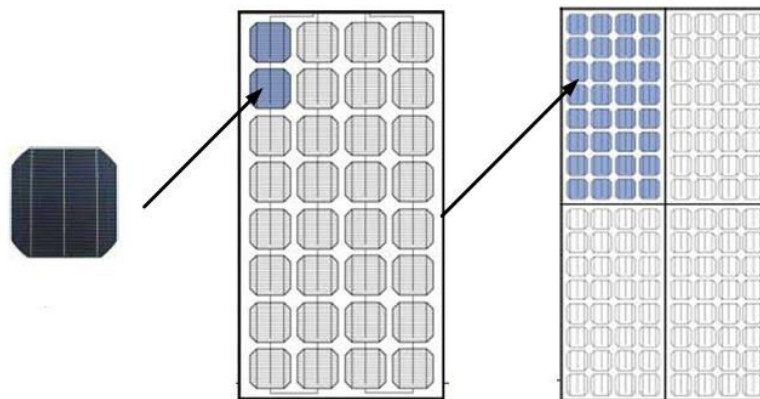
- користи Сунце - обновљиви извор енергије,
- неограничени потенцијал,
- применљиво на сваком месту,
- доприноси смањењу CO_2 емисије,
- за рад нису потребна фосилна горива,
- ниски трошкови одржавања,
- независност од растућих цена енергената.

ФН технологија се заснива на коришћењу ФН или соларних ћелија. Соларне ћелије се израђују из више слојева. Први слој је заштитно стакло тј. SiO_2 , које штити ћелију од спољашњих утицаја. Испод је антирефлектујући слој који смањује рефлексију светлости и обезбеђује да што више енергије доспе до полупроводника (повећава се искоришћење ћелије). Затим се налази систем транспарентних електрода. Тај систем контролише полупроводник са р-п спојем у коме се врши захватање фотона Сунчеве светлости. Са доње стране је метализација-задњи контакт.



Слика 6. Попречни пресек соларне ћелије [8]

Максимални излазни напон индивидуалне соларне ћелије износи око 600-700 mV , па се ћелије серијски повезују како би се добио жељени напон. Најчешће се око 36 ћелија серијски повезује стварајући модуле номиналног напона од 12 V . Снага коју производи једна фотонапонска ћелија је релативно мала, па се у пракси више ћелија повезују у групу чиме се формира фотонапонски модул. Према пројектованој снази модули се спајају редно и/или паралелно, чиме се формира фотонапонски панел који производи струју, напон и снагу знатно већег интензитета [8].



Слика 7. а) соларна ћелија, б) модул, в) соларни панел [8]

Када се интегрише више панела добија се поље ФН модула или соларна електрана. Данас се инсталирају соларне електране великих снага од 1 MW, па чак и до 790 MW.



Слика 8. Соларна електрана [8]

2.1.1 ВРСТЕ И МАТЕРИЈАЛИ ФН ТЕХНОЛОГИЈА

Фотонапонске ћелије могу бити израђене од различитих типова полупроводничких материјала који могу бити сложени у различите структуре, због постизања што боље ефикасности трансформације енергије сунчевог зрачења у електричну енергију. Стандардне силицијумске фотонапонске ћелије су дебљине реда 200-500 μm . Други тип су фотонапонске ћелије направљене од танкослојног материјала, филмова, дебљине од свега неколико микрона реда 1-10 μm . Овакве ћелије захтевају мање полупроводног материјала и једноставније су за производњу. За њихову израду најчешће се користе аморфни силицијум, поликристални материјали, кадмијум-телурид (*CdTe*) и други.

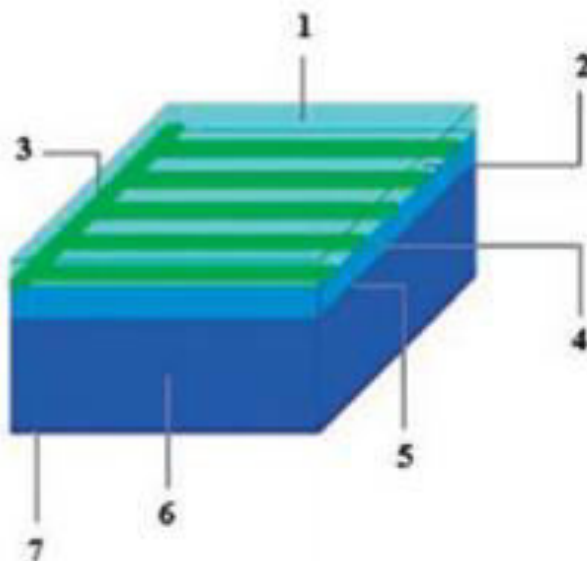
Технологије производње фотонапонских ћелија и модула могу се, на основу типа силицијумског материјала, класификовати као монокристалне, поликристалне и аморфне.

- силицијум (*Si*) - укључујући монокристални силицијум (c-Si), поликристални силицијум (p-Si) и аморфни силицијум (a-Si),
- поликристални танкослојни материјали - (поликристални танки филм) - укључујући CIS спој полупроводничких материјала (Bakar-Indijum-Diselenid), CdTe (Kadmijum-Telurid) и танкослојни силицијум (већином аморфни силицијум),
- монокристални танкослојни материјали - (монокристални танки филм) већином изведени од галијум-арсенида (Ga-As),
- multijunction (вишеслојна) структура материјала - комбинације разних полупроводничких материјала.

Силицијумске ФН технологије су врло доминантне за производњу електричне енергије. Највећи део ФН ћелија заснива се на монокристалном и поликристалном силицијуму. Ћелија дебљине 0,20 до 0,25 mm обликује се од кристала силицијума веома велике чврстоће, тако да јој се једна страна обогаћује атомима бора, чиме настаје тзв. p - страна, док се са друге стране дифузијом фосфора формира n - страна, па се такве ћелије називају n - p фотонапонским ћелијама.

2.1.1.1 Фотонапонске соларне ћелије од монокристалног силицијума

Соларне ћелије од монокристалног силицијума састоје се од полупроводника p - типа, дебљине око $300\ \mu\text{m}$, p - n споја и полупроводника n - типа, дебљине око $0,2\ \mu\text{m}$, металних контаката (електрода) и антирефлексионог слоја.



Слика 9. Шематски приказ попречног пресека монокристалне Si соларне ћелије [9].
(1-стакло, 2-антирефлексиони слој, 3-предња електрода, 4- n слој, 5- p - n спој, 6- p слој, 7- задња електрода)

Поступак израде соларне ћелије од монокристалног силицијума састоји се у припреми плочице од монокристалног силицијума, допирању плочице, припреми задње стране плочице, метализацији контаката и наношењу антирефлексионог слоја. Од монокристала силицијума исеку се плочице дебљине $200\text{--}300\ \text{mm}$. Након сечења, плочице се полирају и чисте у разблаженом раствору хлороводоничне и азотне киселине. За добијање полупроводника n - типа допирање силицијума се врши фосфором, а за добијање полупроводника p - типа допирање се врши бором [9].

За допирање силицијума и образовање p - n споја користе се следеће методе: дифузија из гасне фазе, дифузија из чврстог стања, епитаксијални раст допирајућег слоја, јонска имплантација, итд..

Приликом формирања монокристала силицијума, поступком дифузије из гасне фазе, растопу силицијума се додаје бор, тако да је унутрашњи део плочице од монокристалног силицијума полупроводник p типа. Плочице силицијума налазе се у кварцној цеви на температури од $800\text{--}900^\circ\text{C}$. Под дејством гаса, који се упушта у раствор POCl_3 , долази до испаравања POCl_3 и преласка фосфора у кварцну цев, у којој се фосфор дифузијом уграђује у површинске делове плочица силицијума. После двадесет минута концентрација фосфора у површинским деловима плочица од монокристалног силицијума знатно је већа од концентрације бора, тако да се на површини плочица формира полупроводник n - типа. Уклањање n - слоја са задње стране и бочних страна плочице врши се хемијским и механичким путем [9].

Пошто је задња страна плочице од монокристалног силицијума удаљена од $p - n$ споја, а тиме и од утицаја унутрашњег електричног поља, јавља се проблем прикупљања наелектрисања на њој. Ово се решава тако што се задња страна плочице од монокристалног силицијума допира јаче од предње стране. Уколико је основни материјал p - типа, задња страна ће бити богатије допирана ($p+$), тако да се добије ћелија n^+pp^+ типа, која је позната под називом БСФ ћелија или ћелија са пољем уз задњу страну.

Метални контакти се формирају вакуумским напаравањем одговарајућих метала на плочицу од монокристалног силицијума. За ту сврху обично се користи $Ti/Pd/Ag$ превлака. На силицијум се прво наноси Ti слој који има добру адхезију са силицијумом, затим се преко њега наноси Pd слој, а изнад овога Ag слој. У циљу побољшања контакта између плочице од монокристалног силицијума и $Ti/Pd/Ag$ и да би метални контакт имао што мању контактну отпорност, плочица са металним контактом извесно време се излаже температури од $500-600^\circ\text{C}$ [9].

Антирефлексионни слој се користи за смањење рефлексије и брзине површинске рекомбинације наелектрисања. Због високог индекса преламања силицијума, рефлексија Сунчевог зрачења са соларне ћелије од монокристалног силицијума износи 30-60%. За антирефлексионни слој могу се користити материјали са индексом преламања од 1,5 - 2. У такве материјале спадају: SiO , SiO_2 , TiO , TiO_2 , Ta_2O_3 , итд..



Слика 10. Соларни модули од монокристалног силицијума [9].

Соларне ћелије од монокристалног силицијума осетљиве су у области таласних дужина од $0,4-1,1 \mu\text{m}$, а максимум њихове осетљивости налази се на таласним дужинама између $0,8-0,9 \mu\text{m}$, који се не поклапа са максимумом спектралне дистрибуције Сунчевог зрачења. Из тог разлога монокристални силицијум није идеалан материјал за израду соларних ћелија [9].

2.1.1.2 Фотонапонске соларне ћелије од поликристалног силицијума

Соларне ћелије од поликристалног силицијума састоје се од поликристалног p - n споја, антирефлексионог слоја и предње и задње електроде. Израђују се у разним облицима и димензијама.

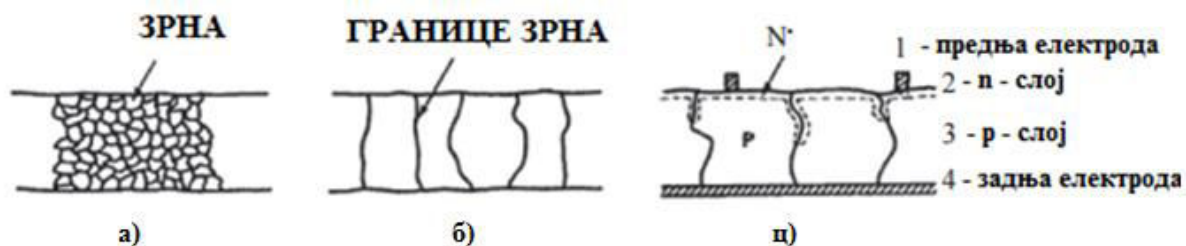
Соларне ћелије од поликристалног силицијума се производе од поликристалног силицијума полупроводничке чистоте у облику траке, које је могуће добити на више различитих начина: методом раста траке са дефинисаном ивицом, методом дендритног умрежавања, методом хоризонталног, вертикалног и косог извлачења траке, растом силицијума на керамици, методом ротирајућег калупа, итд..

Метода раста траке са дефинисаном ивицом заснива се на ефекту површинског напона растопа који подиже растопљени силицијум у алату уређаја за извлачење траке.

Приликом уношења монокристалне клице силицијума у растоп, на додиру клице и растопа се формира менискус са јасно израженом горњом и доњом ивицом. Трака поликристалног силицијума се формира померањем кристалне клице увис константном брзином од 10 cm/min и хлађењем траке дебљине 0,02 cm и ширине до 10 cm. Добијена трака се сече на одговарајуће димензије и користи се за израду соларних ћелија од поликристалног силицијума [9].

Припрема поликристалне траке за добијање соларних ћелија врши се хемијским нагризањем њене површине, при чему се на површини траке формира пирамидална структура са висином пирамида од 10 nm.

Захваљујући пирамидалној структури површине траке поликристалног силицијума, упадна светлост се вишеструко рефлектује и апсорбује на њој. Уз одговарајућу антирефлексиону превлаку губици ефикасности соларне ћелије од поликристалног силицијума, услед рефлексије са њене површине, сведени су на најмању меру.



Слика 11. Поликристални силицијум а) зрна поликристалног силицијума, б) границе зрна поликристалног силицијума, ц) попречни пресек соларне ћелије на бази поликристалног силицијума

Величина зрна поликристалног силицијума износи неколико микрометара до неколико милиметара. Код поликристалних соларних ћелија веома су значајна гранична подручја између зрна поликристалног материјала. Граница између два зрна понаша се као серијски отпор који се супротставља кретању електрона. На граници између зрна јавља се електрично поље слично пољу које постоји на граници споја метал - полупроводник [9].

За израду соларних ћелија погоднији је поликристални силицијум са границама зрна које су приказане на Слици 11б) од поликристалног силицијума приказаног на Слици 11а). Границе зрна могу се посматрати као дефекти у кристалу силицијума са енергетским нивоима у забрањеној зони. Ови нивои представљају рекомбинационе центре за електроне који су избачени из атома под дејством упадног Сунчевог зрачења. Допирање поликристалног силицијума, формирање споја, наношење електричних контаката и антирефлексионог слоја врши се слично као у случају соларних ћелија од монокристалног силицијума.

У циљу значајнијег смањења губитака струје, до којих долази услед рекомбинације наелектрисања на границама зрна, зрна би требало да буду дуга неколико милиметара. Независно од овога, дебљина комерцијалних соларних ћелија од поликристалног силицијума је мања од 1 mm.



Слика 12. Соларни модул од поликристалног силицијума

За разлику од монокристалног силицијума, који има кристалну структуру, поликристални силицијум састоји се од више малих „кристалита“ - зрна. Границе између зрна спречавају кретање електрона што доводи до њихове рекомбинације са шупљинама и до смањења излазне снаге овог типа соларних ћелија [9].

2.1.1.3 Соларне ћелије од аморфног силицијума

Соларне ћелије од аморфног силицијума могу да се формирају на стаклу, пластичној основи, челичном лиму и алуминијуму. Аморфни силицијум има већи коефицијент апсорпције Сунчевог зрачења од монокристалног силицијума, тако да је за израду соларних ћелија од аморфног силицијума потребна знатно мања количина материјала. Дебљина соларне ћелије од аморфног силицијума мања је од 1 μm .

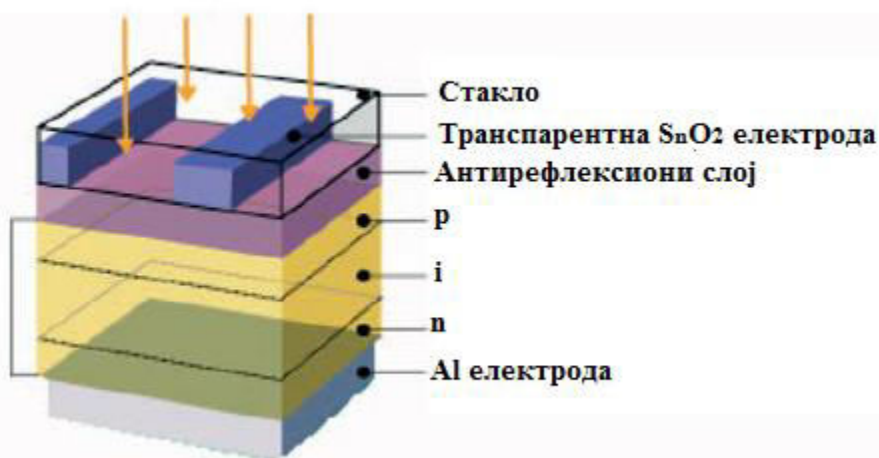
Соларне ћелије од аморфног силицијума се састоје од горњег p - слоја (0,008 μm), i - слоја (неутрални слој дебљине 0,5-1 μm) и доњег n - слоја (0,02 μm). Таква структура соларне ћелије назива се $p-i-n$ структура.

С обзиром на то да је горњи p - слој танак и релативно транспарентан, један део Сунчевог зрачења ће директно проћи кроз њега и у i - слоју ће створити слободне електроне. У том случају p и n слој стварају електрично поље кроз i - слој, што доводи до кретања електрона кроз тај слој [9].

Соларне ћелије од аморфног силицијума на стаклу

Соларне ћелије од аморфног силицијума на стаклу могу бити нетранспарентне и семитранспарентне.

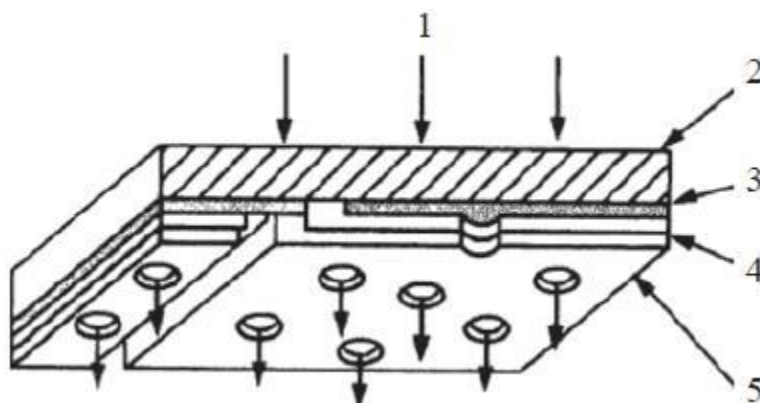
Нетранспарентне соларне ћелије од аморфног силицијума на стаклу састоје се од стакла, транспарентне SnO_2 електроде, $p-i-n$ слојева и Al електроде. Дебљина соларне ћелије од аморфног силицијума на стаклу износи од 0,7-1,00 μm , а дебљина $p-i-n$ слојева износи 0,5-0,7 μm .



Слика 13. Шематски приказ попречног пресека соларне ћелије од аморфног силицијума на стаклу

Соларне ћелије од аморфног силицијума на стаклу имају највећу осетљивост у области таласних дужина 400-600 nm , где је највећи интензитет Сунчевог зрачења. Осетљивост соларне ћелије од аморфног силицијума на стаклу нагло се смањује са повећањем таласне дужине изнад 600 nm [9].

Семитранспарентне соларне ћелије од аморфног силицијума на стаклу по својој структури су једнаке нетранспарентним соларним ћелијама од аморфног силицијума на стаклу.

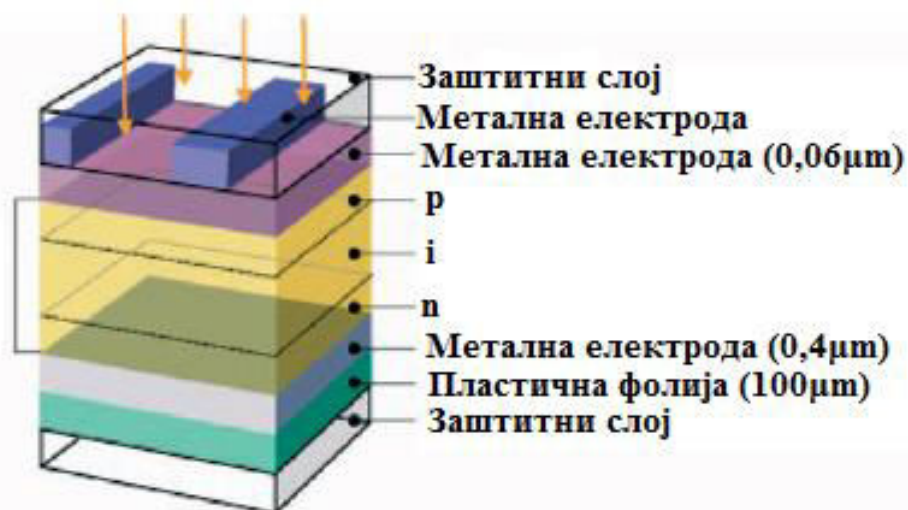


Слика 14. Шематски приказ семитранспарентне соларне ћелије од аморфног силицијума на стаклу:
1) Сунчево зрачење, 2) стакло, 3) транспарентна електрода 4) $a\text{-Si}$ слојеви и 5) метална електрода

Јапанска компанија *Sanyo* производи семитранспарентне соларне ћелије од аморфног силицијума на стаклу које пропуштају 30% упадног Сунчевог зрачења, а остали део Сунчевог зрачења се користи за конверзију у електричну енергију [9].

Соларне ћелије од аморфног силицијума на пластичној основи

Соларне ћелије од аморфног силицијума на пластичној основи састоје се од пластичне основе на коју је нанета метална електрода, изнад које се налазе слојеви од аморфног силицијума, транспарентна електрода, метална електрода и горњи заштитни слој.



Слика 15. Шематски приказ попречног пресека соларне ћелије од аморфног силицијума на пластичној основи

Соларне ћелије од аморфног силицијума на пластичној основи су флексибилне, лаке и могу да се савијају у круг најмањег пречника од 5 cm.



Слика 16. Изглед соларне ћелије од аморфног силицијума на пластичној основи

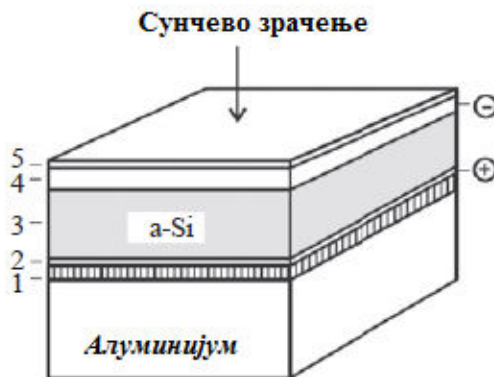
Соларне ћелије од аморфног силицијума на челичном лиму

Соларне ћелије од аморфног силицијума на челичном лиму састоје се од челичне основе на којој је нанесен полимерни изолаторски слој, изнад кога се налази метална електрода, $p-i-n$ слојеви и са предње стране транспарентна S_nO_2 електрода.

Соларне ћелије од аморфног силицијума на алуминијуму

Прва соларна ћелија од аморфног силицијума на хемијски обрађеном алуминијуму формирана је у Јапану 1986. године. Прву соларну ћелију од аморфног силицијума на анодно оксидованом алуминијуму формирали су Б. Лаловић и Т. Павловић са сарадницима 1987. године.

Соларне ћелије од аморфног силицијума на алуминијуму састоје се од Al основе, Al_2O_3 изолаторског слоја, Al електроде, $p-i-n$ слојева, транспарентних S_nO_2 електрода и транспарентног заштитног слоја.



Слика 17. Шематски приказ попречног пресека соларне ћелије од аморфног силицијума на алуминијуму:
1) Al_2O_3 изолаторски слој, 2) Al електрода, 3) $a-Si$ слојеви, 4) транспарентна S_nO_2 електрода,
5) транспарентни заштитни слој

Поред силицијума, за израду соларних ћелија користе се и други материјали као што су: галијум-арсенид ($GaAs$), кадмијум-телурид ($CdTe$), бакариндијум-диселенид $CuInS_2$ или CIS), бакар сулфид/кадмијум-сулфид (Cu_2S/CdS) итд. [9].

2.1.2 ПРИНЦИП РАДА ФН ЋЕЛИЈЕ (ФОТОНАПОНСКИ ЕФЕКАТ)

Фотонапонска (ФН) ћелија темељни је блок фотонапонског система. Представља р-п спој који помоћу фотонапонског ефекта сунчево зрачење претвара у електричну енергију.



Слика 18. Принцип рада фотонапонске ћелије [10]

Сачињена је од полупроводничког материјала (најчешће силицијума). Услед апсорпције сунчевог зрачења, у р-п споју се јављају парови електрон-шупљина. Приликом сунчевог зрачења унутар или у близини р-п споја, унутрашње електрично поље раздваја електроне и шупљине. При томе се електрони крећу према **n** страни, а шупљине према **p** страни р-п споја, и као последица тога јавља се потенцијална разлика, односно напон. Када се ФН ћелија повеже у струјно коло, кроз потрошач ће потећи струја [10].

2.1.3 КОНСТРУКЦИЈА ФОТОНАПОНСКИХ СИСТЕМА

Добијање и трошење енергије из фотонапонских система не одвија се увек истовремено, због тога је важно складиштити електричну енергију, тј. обезбедити поузданост њеног снабдевања. Произведена енергија током дана је често потребна тек у вечерњим сатима, нпр. за осветљење, тако да је неопходно складиштење (акумулирање) енергије. За то се најчешће по правилу користе оловни акумулатори, који се састоје из више ћелија напона по 2 V, које су смештене у заједничком кућишту до напона 12 V или 24 V. Серијским спајањем два соларна акумулатора напон се удвостручује (V), а паралелним спајањем удвостручује се капацитет (A/h).

Пример: За енергетске потребе од 1200 W/h, уз напон акумулатора од 12 V, потребан је капацитет акумулатора од:

$$1200 \text{ W/h} : 12 \text{ V} = 100 \text{ A/h}$$

Да би се у фотонапонском систему стандардни кућни апарати и остали уређаји могли снабдевати енергијом, користе се инвертори. Инвертор је електронски уређај који једносмерни напон са фотонапонског генератора, ако је спојен директно на панел, или соларног акумулатора од 12 V претвара у стабилни наизменични напон.

Излазна снага инвертора треба да одговара најмањој потребној снази свих уређаја које снабдева. Максимална снага треба да је два до три пута виша од потребне због краткотрајног преоптерећења и великих струја при укључењу уређаја са електромотором (усисивач, фрижидер).

2.1.4 ЕФИКАСНОСТ ФН ЋЕЛИЈЕ

Ефикасност (степен корисног дејства) ФН ћелије представља однос искоришћене и укупне енергије сунчевог зрачења која падне на ФН ћелију [11]:

$$\eta = \frac{I_m U_m}{G S} = \frac{F U_{ph} I_{ks}}{G S},$$

где је:

I_m, U_m – струја и напон у оптималној тачки,

G – интензитет сунчевог зрачења,

S – површина ФН ћелије,

U_{ph} – напон празног хода,

I_{ks} – струја кратког споја,

R_s – серијска отпорност.

$F = \frac{U_m I_m}{U_{ph} I_{ks}}$ - Овај однос је познат као фактор испуне или филлинг фактор ФН ћелије.

Да би ефикасност ФН ћелија била што већа потребно је да U_{ph} и I_{ks} буду што већи и да филлинг фактор буде што ближи јединици. Типичне вредности наведених величина за кристалне силицијумске ФН ћелије су [11]:

$$F = 0,82; R_s = 0,96 \Omega; U_{ph} = 0,57 \text{ V}; \eta = 12\%.$$

Табела 1. Различите врсте ФН технологија са различитим врстама материјала и поређење њихових главних карактеристика, у погледу ефикасности, површине, цене, животног века трајања [12].

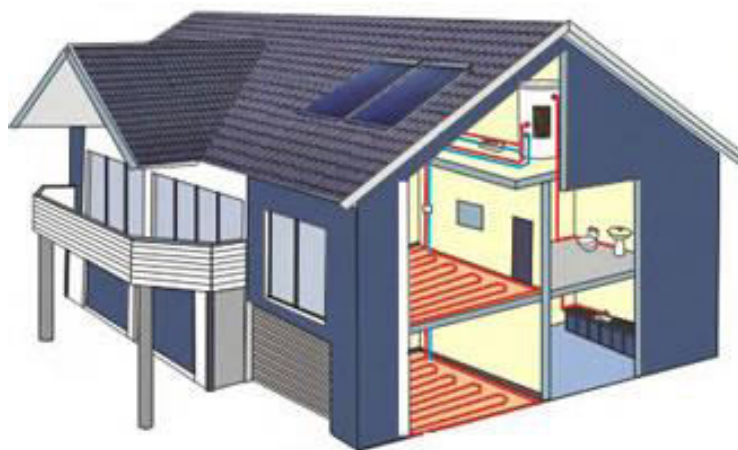
	Технологија				
	Монокристални	Поликристални	Аморфни	Кадмијум-Телурид	Бакар-Индијум-Диселенид
Ефикасност ћелије	16-19 %	14-15 %	4-8 %	8-11 %	7-11 %
Ефикасност панела	13-15 %	12-14 %			
Површина за 1 kW	7 m ²	8 m ²	14 m ²	11 m ²	10 m ²
Цена за 1 kW	1300 €		800 €	3000 €	5500 €
Животни век	25 год.		20 год.	15 год.	5 год.

2.2 СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ

Соларни колектор је елемент који генерише топлотну енергију из соларне енергије. Ради на принципу минијатурног стакленика који је смештен на крову. Топлотна конверзија соларне енергије представља тренутно најзаступљенији вид коришћења обновљивих извора енергије. Соларни колектори користе се за загревање санитарне воде или као испомоћ грејању. На овај начин трошкови за топлотном енергијом се смањују и до 80%. Четворочланом домаћинству је, за добијање топле санитарне воде, потребно 2 соларна колектора и бојлер од 200 l воде. Уколико се колектори користе за испомоћ грејању, систем је потребно димензионисати тако да површина колектора буде око 20% од укупне грејне површине. Тако нпр. за грејну површину 100 m² потребно је 10 соларних колектора. Површина једног соларног колектора је око 2 m² [13].

Одабир соларних колектора зависи од намене за коју се користе. Такође, пресудан фактор за одабир соларног колектора може бити положај објекта. Најбоља оријентација за постављање соларних колектора је југ, а нагиб може да одступа од 20 до 70 степени, у зависности од тога у ком годишњем добу се жели добити највише енергије. Постоје различити типови и технологије производње соларних колектора. Соларни колектори који се највише користе су:

- равни (плочасти) соларни колектори,
- вакуумски соларни колектори.



Слика 19. Соларни колектори уграђени на објекту [14]

2.2.1 РАВАН ЗАСТАКЉЕНИ СОЛАРНИ КОЛЕКТОР

Главни делови равног застакљеног соларног колектора су: апсорбер, провидни поклопац и изоловано кућиште. Апсорбер је обично слој високо топлотно проводног метала са интегрисаним или додатим каналима или цевима. Површина апсорбера је обојена или пресвучена у црно, како би се повећала апсорбција сунчевог зрачења. Провидни поклопац пропушта сунчево зрачење унутра на апсорбер, али и изолује простор изнад апсорбера, како би спречио улазак хладног ваздуха у кућиште. Изоловано кућиште представља ослонац за комплетан плочасти колектор и смањује топлотне губитке иза или са стране.



Слика 20. Плочасти соларни колектор [14]

АПСОРБЕР

Главни елемент плочастиг соларног колектора је апсорпциона плоча. Апсорпциона плоча покрива комплетну основу колектора и испуњава три функције: апсорбује максималне могуће количине сунчевог зрачења, преноси сакупљену топлоту на течност за трансфер топлоте и смањује топлотне губитке на минимум.

Сунчево зрачење пролази кроз провидни поклопац и апсорбује се директно у апсорберу. За пресвлачење апсорбера се користе материјали који добро апсорбују краткоталасне Сунчеве зраке (видљиву светлост). Обично је апсорбер раван, како би боље апсорбовао долазно зрачење из свих углова. Апсорпциона плоча се фарба или пресвлачи у црно, и стандардно апсорбер апсорбује преко 95% Сунчеве радијације која дође до њега.

ПРЕНОС ТОПЛОТЕ

На апсорпционој плочи се налазе цеви кроз које струји радни флуид и одвија акумулација топлоте. Течност за трансфер топлоте може бити течност (вода или вода помешана са антифризом) или гас (ваздух). Битна ставка при дизајну колектора је да се обезбеди довољна способност за пренос топлоте, у супротном топлотни губици на апсорпционој плочи би били високи.

ТОПЛОТНИ ГУБИЦИ

Пошто је температура површине апсорбера виша од температуре амбијента, површина апсорбера испушта део апсорбоване топлоте назад у окружење. Одабир материјала од којег ће се апсорбер направити, као и фарбе или пресвлаке којом се пресвлачи, може утицати на смањење топлотних губитака.

ПРОВИДНИ ПОКЛОПАЦ

Апсорбер је обично прекривен са једним или више провидних поклопаца, како би се смањили топлотни губици. Уколико нема провидног поклопца, топлота се губи као резултат не само дувања ветра, већ и природног струјања топлог ваздуха који се креће

вертикално навише. Поклопац задржава ваздух изнад апсорбера, значајно смањујући топлотне губитке. Међутим, губици топлоте услед природног струјања топлог ваздуха нису комплетно елиминисани уградњом поклопца, јер се топао ваздух и даље подиже са површине апсорбера и креће се ка поклопцу. Плочасти соларни колектори без поклопца се обично користе за загревање базена, где се захтевају мале температурне разлике у односу на температуру амбијента (обично 10°C).

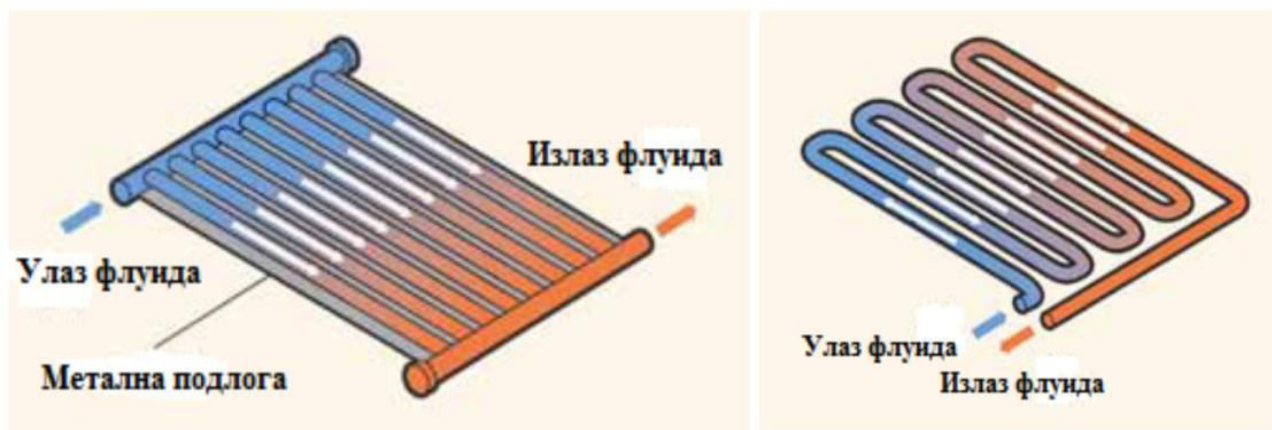
Повећавањем броја (слојева) провидних поклопаца, повећава се радна температура колектора. Један или два поклопца су уобичајена, док су колектори са три поклопца предвиђени за рад у екстремним климатским условима. Сваки додатни поклопац, повећава ефикасност колектора у раду на високим температурама, пошто смањује топлотне губитке, али смањује ефикасност при нижим температурама. У раду на нижим температурама много су ефикаснији вакуумски соларни колектори. Као материјал за провидни поклопац најчешће се користи стакло са ниским садржајем гвожђа, дебљине од 3,2 - 6,4 mm. Ово стакло има пропусност сунчевог зрачења преко 90% [13].

ПРИНЦИП РАДА

Кроз цеви плочастих колектора протиче течност за трансфер топлоте (вода или вода помешана са антифризом). Сунчево зрачење које пада на колектор пролази кроз провидни поклопац колектора и апсорбује се на апсорпционој плочи. Апсорпциона плоча је спојена са цевима соларног колектора и сакупљену топлоту преноси на цеви, која се даље преноси на радни флуид који циркулише у систему.

2.2.2 ВАКУУМСКИ СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ

Тржиште соларне технологије захтева проналажење што идеалнијих решења соларних колектора у смислу енергетске ефикасности и код мање повољних услова. Из тог разлога је конструисан соларни вакуумски цевни колектор, показујући своју надмоћнију снагу у сегментима где досадашњи плочасти соларни колектори губе своју енергетску ефикасност. Дакле, основна разлика ова два типа соларних колектора односи се на енергетску ефикасност [13].



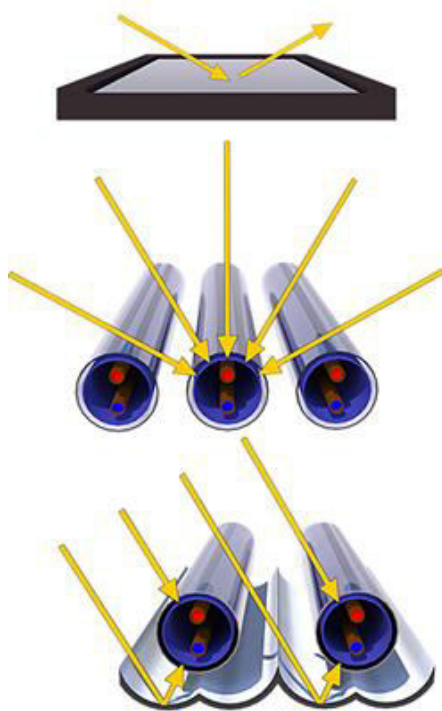
Слика 21. Вакуумски колектор а) са обликом снопа цеви б) у облику цевне змије [13]

Вакуумске цеви се праве од ниско емисионог боросиликатног стакла (стакла са веома ниским садржајем гвожђа које има супериорну дуговечност и отпорност на топлоту) и пресвучени су AL/N или AL слојем, који омогућава искоришћење комплетног спектра сунчевог зрачења за генерисање топлоте [13].

Код плочастих соларних колектора добар део енергије рефлектује се о површину колектора, што представља губитке. Вакуумски колектори, захваљујући вакууму, држе енергију заробљену унутар цеви, па самим тим имају минималне губитке.

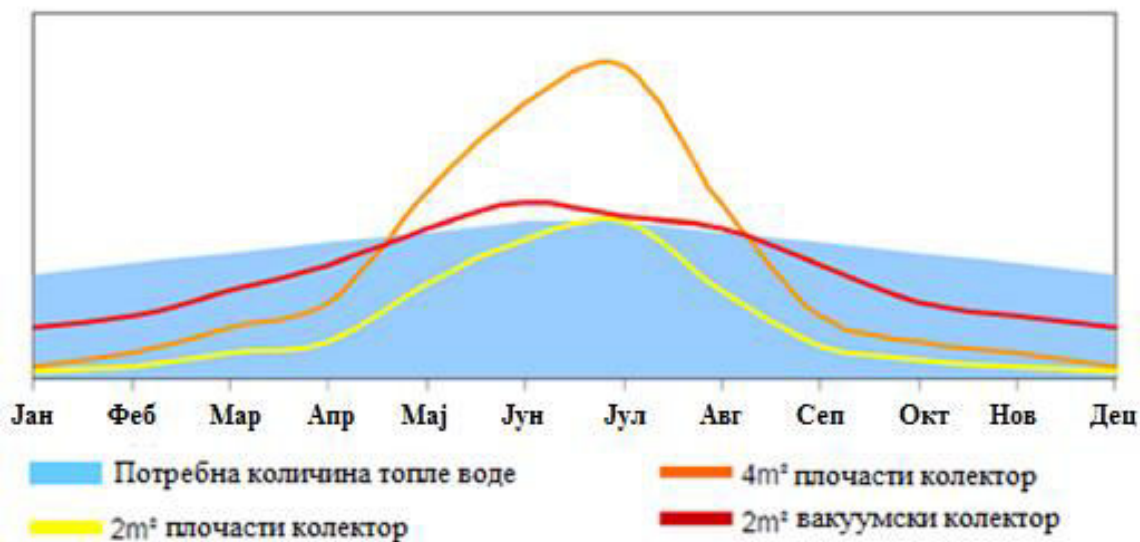
У новије време, да би се додатно повећала ефикасност вакуумских колектора, производе се ЦПЦ вакуумски колектори, који имају огледало које усмерава сунчеву топлоту ка цеви.

ЦПЦ колектори омогућавају ефикасније коришћење сунчевог зрачења, и у односу на класичне вакуумске колекторе, имају и до 30% већу ефикасност. Овај колектор омогућује топлотне приносе и са задње стране колектора, а истовремено има мање губитке енергије.



Слика 22. Приказ плочастог и вакуумског соларног колектора [13]

Вакуумски ЦПЦ колектори мање зависе од оријентације соларног колектора, пошто преко цеви и ЦПЦ огледала усмеравају сунчеву енергију директно на апсорбер. Тако ако нпр. вакуумске ЦПЦ колекторе инсталирамо на исток или запад они ће произвести око 80% енергије у односу на јужну оријентацију, док ће плочасти колектори произвести око 60% енергије [13].



Слика 23. Приказ производње топлотне енергије плочастих и вакуумских соларних колектора [13]

На Слици 23 се види однос производње топлотне енергије плочастих и вакуумских соларних колектора у току читаве године [13].

Соларни вакуумски колектор ће покривати потребе за топлотном енергијом у већем делу године. Плочасти колектор ће произвести довољно енергије лети, док ће производња у пролеће, јесен, а нарочито зими, бити значајно мања од вакуумског колектора [13].

2.2.3 КОНСТРУКЦИЈА И ИЗРАДА ПЛОЧАСТИХ КОЛЕКТОРА

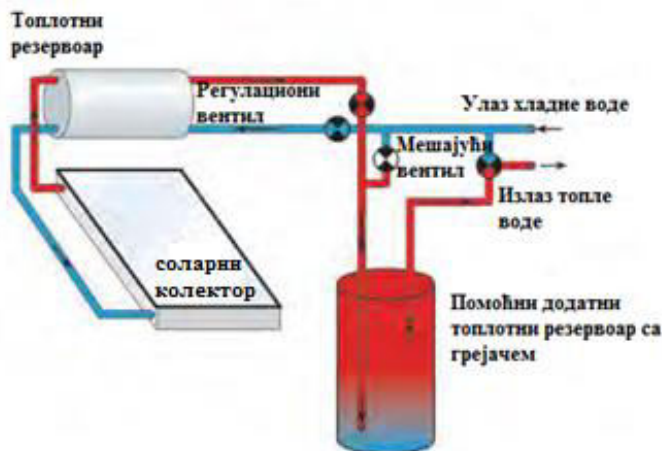
Начин како ће се направити кућиште колектора зависи пре свега од финансијске инвестиције у комплетан систем за добијање топле воде. Као материјал за израду може се користити дрво, као и алуминијум, који је отпоран на временске утицаје и има дужи век трајања, веома је лак и врло захвалан за употребу.

Да би конструкција система цеви за транспорт радног флуида могла да издржи високе температуре и притиске, неопходно је проверити квалитет лемљења. Након провере квалитета лемљења комплетну конструкцију са цевима треба поставити унутар кућишта плочастиг колектора. У току ове операције не треба скидати заштитну фолију, јер се умањује ефикасност при раду, а нечистоће трајно остају. Свакако, пре тога треба извршити припрему кућишта постављањем изолације. Да би изолација била отпорна на директни додир са врелом конструкцијом система цеви за транспорт радног флуида и апсорпционом плочом, треба изабрати пресовану камену вуну дебљине 5 cm.

2.2.4 ТЕРМОСИФОНСКИ ЕФЕКАТ

Најјефтинији соларни колектори раде на принципу пасивног система без пумпи или других покретних делова, користећи тзв. термосифонски ефекат. Ток течности за циркулацију топлоте ствара се уз помоћ температурних разлика.

У систем се уводи хладна вода која пуни цев и резервоар до врха. Сунце загрева воду која је унутар цеви плочастог колектора, а како се температура повећава, топла вода се природно креће ка врху, где излази из панела и доспева до резервоара са водом.



Слика 24. Принцип термосифонског ефекта [15]

С обзиром на то да вакуум не може да настане у цевима, топла вода која је напустила панел замењује се хладном водом из резервоара. Целокупни процес ствара прилично брз водени ток, чији проток износи од око 60 l/h. Овај ефекат се наставља све док је спољашња температура већа од оне у резервоару и панелу [15].

Поред губитака, термосифонски систем може да обезбеди више него довољно топле воде, при одговарајућим условима, а кружење радне течности између соларног колектора и резервоара (бојлера), обавља се уз природну циркулацију, тј. не постоје пумпе, нити било какви други покретни механички делови [15].

Постоје два типа соларног термосифонског система:

- отворени или директни систем - у коме се налази само вода,
- затворени или индиректни систем - у коме се осим воде налази и соларни флуид.

Предности соларних колектора су:

- погодни за рад на високим температурама,
- висока ефикасност.

2.2.5 ЕФИКАСНОСТ СОЛАРНОГ КОЛЕКТОРА

Степен корисности соларног колектора представља меру способности колектора (ПСЕ) да апсорбује што већу количину енергије зрачења Сунца која доспе на његову површину и у што већој мери претвори у топлотну енергију којом ће загрејати грејани флуид. Отуда се степен корисности ПСЕ¹ (η_{pse}) дефинише као однос топлотног протока предатог грејаном флуиду, тј. грејне снаге колектора (Φ_{gr}) и инсолације, тј. ирадијанције зрачења Сунца на површини Земље² (E_Z) [16]:

$$\eta_{pse} = \Phi_{gr} / E_Z$$

Енергетски губици ПСЕ једним делом настају као последица рефлексије (одбијања) једног дела енергије зрачења, тзв. оптички губици. Други део чине губици настали као последица разлика температура појединих елемената ПСЕ и температуре околине, тзв. топлотни губици. Оптички губици зависе само од вредности инсолације, тј. нису зависни од загрејаности ПСЕ. Да би ови губици (првенствено рефлексивност) били што мањи, примењују се различити поступци којима се смањује рефлексивност покривних стакала ПСЕ, чиме се повећава енергија зрачења која пролази кроз ПСЕ. Смањење рефлексивности постиже се на различите начине. Стандардни начин је примена стакла са ниским садржајем гвожђа или примена стакла са нагриженом површином, што се постиже потапањем стакла у базен са одређеним хемикалијама (пре склапања ПСЕ) или наношењем одговарајућих премаза, односно слоја на стакло током или по окончању поступка склапања ПСЕ [16].

Степен корисности ПСЕ обично се изражава као:

$$\eta_{pse} = \eta_0 - a_1(T_{sr} - T_{amb})/E_Z - a_2(T_{sr} - T_{amb})^2/E_Z$$

где је:

η_{pse} — степен корисности ПСЕ [—],

η_0 — максимални степен корисности³ [—],

a_1 — коефицијент губитака топлоте 1. степена [$W/(K m^2)$],

a_2 — коефицијент губитака топлоте 2. степена [$W/(K m^2)$],

E_Z — соларна ирадијанција на површини ПСЕ [W/m^2],

T_{sr} — средња температура радног флуида у колектору [K],

T_{amb} — температура спољашњег ваздуха [K].

У складу са дефиницијом степена корисности ПСЕ, следи да се топлотна снага колектора може израчунати као:

$$P_{pse} = A_{pse} E_Z \eta_{pse}$$

P_{pse} — грејна снага ПСЕ [W],

A_{pse} — површина ПСЕ [m^2].

¹ ПСЕ- пријемници соларне енергије

² У радним условима ирадијанција представља глобалну енергију зрачења Сунца

³ Максимални степен корисности се често назива и „оптички степен корисности“ и представља степен корисности идеално топлотно изолованог ПСЕ

2.2.6 ПОРЕЂЕЊЕ ЕФИКАСНОСТИ РАЗЛИЧИТИХ ТИПОВА ПСЕ

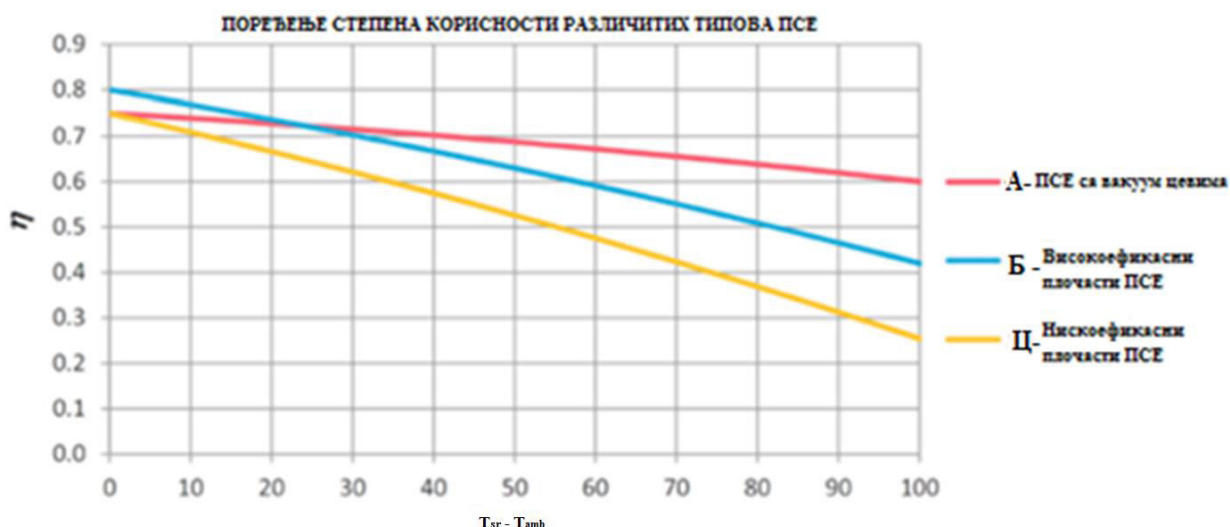
Утицај температурне разлике радног флуида и околине различито утиче на степен корисности појединих типова ПСЕ. У табели 1. дате су типичне вредности максималног степена корисности и коефицијената губитака топлоте 1. и 2. степена за ПСЕ са вакуум цевима, равног плочастог високоефикасног ПСЕ и обичног равног плочастог ПСЕ [16].

Табела 2. Вредности максималног степена корисности и коефицијената губитака топлоте 1. и 2. степена за ПСЕ са вакуум цевима, високоефикасног (са две покривке) равног плочастог ПСЕ и обичног (са једном покривком) равног плочастог ПСЕ [16].

ОЗНАКА ПСЕ	ТИП ПСЕ	η_0	$\alpha_1 [W/(K m^2)]$	$\alpha_2 [W/(K m^2)]$
А	ПСЕ са ВЦ	0,75	1,0	0,005
Б	Високоефикасни плочасти ПСЕ	0,80	3,0	0,008
Ц	Обични равни плочасти ПСЕ	0,75	4,0	0,010

У складу са подацима из табеле 2., на Слици 25 приказана је одговарајућа промена степена корисности ова три типа ПСЕ у функцији разлике температура радног флуида и околине. При томе је вредност степена корисности одговарајућих ПСЕ добијена под претпоставком вредности инсолације од $1000 W/m^2$. Са слике се јасно може уочити да се вредност степена корисности ПСЕ са вакуум цевима мало мења са разликом температуре, као и да се њена вредност креће од 75% до 60% [16].

Разлика температуре највише смањује степен корисности обичних плочастих ПСЕ (са једном покривком), која у случају разлике од $100^\circ C$ може пасти на свега 25% [16].



Слика 25. Типична промена степена корисности ПСЕ у функцији разлике температуре између средње температуре ПСЕ и температуре околног ваздуха: за ПСЕ са вакуум цевима, равне плочасте високоефикасне ПСЕ и обичне равне плочасте ПСЕ, под претпоставком вредност инсолације од $1000 W/m^2$.

2.3 ХИБРИДНИ СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ

До сада су постојали соларни колектори за производњу топле санитарне воде, тј. термички соларни колектори који су претварали сунчеву енергију у топлу воду и соларни фотоелектрични панели који су претварали ту исту енергију директно у електричну енергију. Соларни фотонапонски системи могу бити изведени и као хибридни системи с ветрогенератором, когенерацијом, а најчешће са генератором на дизел или биодизел гориво.



Слика 26. Приказ куће са инсталацијом соларних система [17]

Хибридни соларни колектори истовремено производе топлоту неопходну за грејање унутрашњег простора и електричну енергију. По својој структури, ови колектори представљају фузију, односно комбинацију воденог или ваздушног колектора и соларног фотонапонског модула. Монтирају се као интегрисани или независно инсталирани на фасадама или на крововима зграда. Уградња ових система захтева много мању површину крова, у односу на посебну уградњу топлководних и фотонапонских модула, па су у том случају и трошкови саме уградње нижи. Захтеви у погледу нагиба, оријентације и места инсталације исти су као код фотонапонских система.

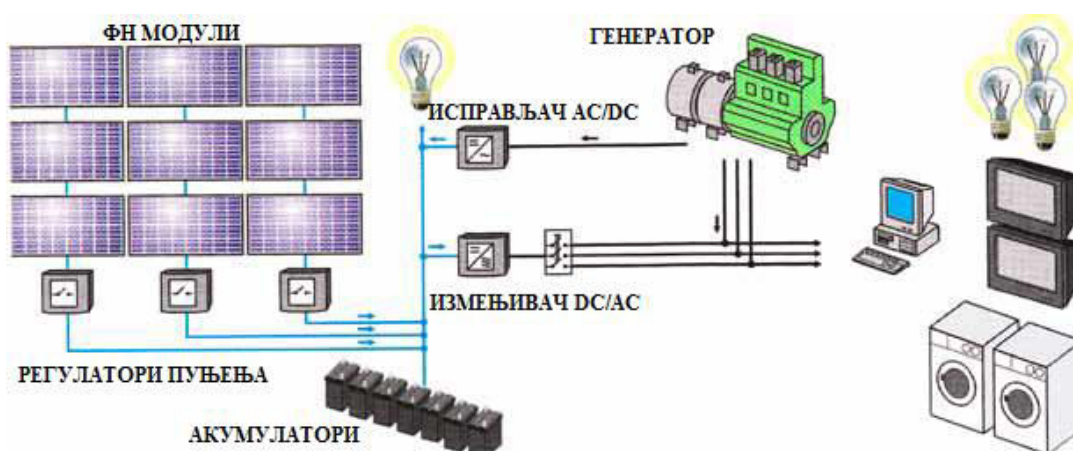


Слика 27. Постављање ФН система[18]

Расхладни медијум може бити вода или ваздух. Електрична енергија из фотоелектричног дела колектора прикључује се на електричну мрежу преко одговарајућих уређаја или на акумулаторске батерије, како би се по потреби користила касније. Топлотна енергија одводи се у соларни бојлер, топлотну пумпу и користи се по потреби.

У случају да не постоје захтеви за производњу електричне енергије соларним модулима или ветрогенератором, извор за напајање истосмерних или изменичних потрошача ће бити акумулатор. У случају да ни акумулатор више нема енергије за напајање потрошача, укључује се генератор на дизел или биодизел гориво.

На слици 28. приказана је шема самосталног хибридног фотонапонског система с генератором за напајање потрошача на истосмерну (DC) или изменичну струју (AC).



Слика 28. Шема самосталног хибридног система са генератором [19]

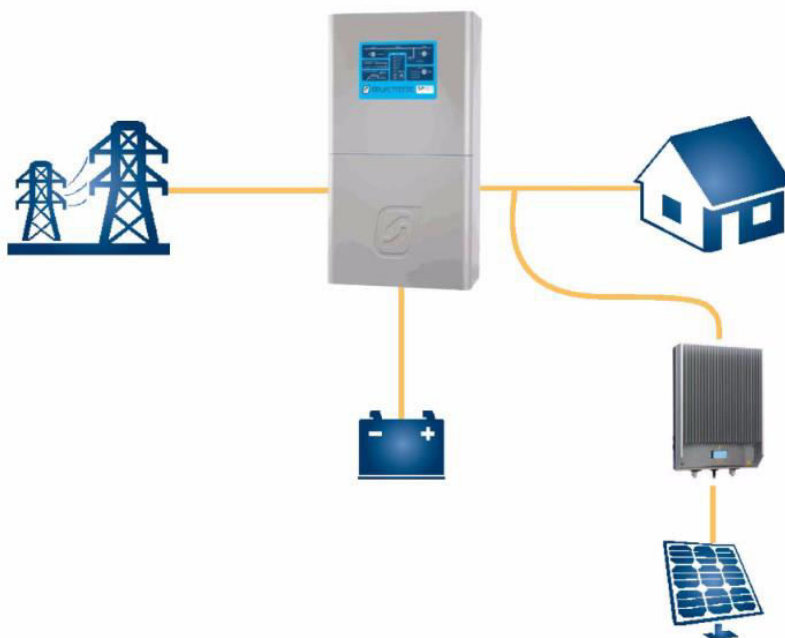
Сунце шаље широки спектар електромагнетних таласа различитих таласних дужина. За добијање термичке и електричне енергије веома су значајна два таласна опсега тог зрачења: "видљиви" део, таласне дужине 400-750 nm и "невидљиви" део - "инфрацрвени", таласне дужине 750 nm. Видљиви део спектра производи електричну енергију, а невидљиви део спектра производи топлотну енергију, односно топлу воду или топли ваздух. Удружени, ова два енергента повећавају степен искоришћења хибридног соларног колектора на 50-60%, што је знатно више од чисто термичког и чисто фотоелектричног колектора [19].

Хибридни колектори су заправо фотонапонски-термички колектори. Термички колектор има степен искоришћења око 45%, а фотоелектрични 15-18%. На основу досадашњег стања соларне технике, нови хибридни соларни колектори производе између 300-400 W енергије по m² површине колектора. Од тога на електричну енергију отпада 100-150 W, а остало је топлотна енергија у виду топле воде или топлог ваздуха [20].

Техничка решења за нови хибридни колектор могу бити двојака:

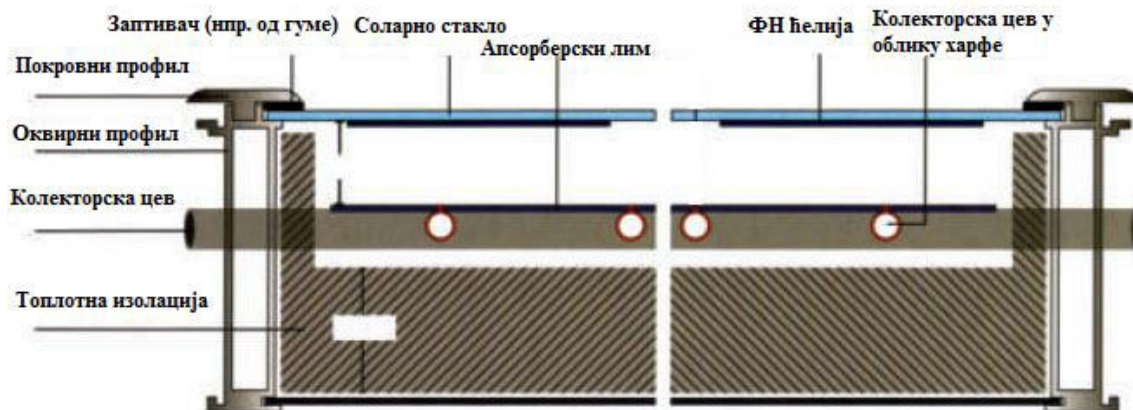
- сличан термичком колектору, тј. постављен у кућиште термичког колектора са заштитним стаклом, добром термичком изолацијом и фотоелектричним ћелијама испод заштитног стакла,
- изведба слична фотоелектричној ћелији, испод које се поставља термички колектор без заштитног стакла и термичке изолације.

Прва могућност се заснива на добијању санитарне топле воде, а друго на добијању електричне енергије. У оба случаја фотоелектричне ћелије се постављају изнад термичког дела колектора.



Слика 29. Основне компоненте и принцип функционисања хибридног соларног колектора [21]

Идеја да се изврши обједињавање два колектора у један није нова, али је сада изводљива захваљујући напретку технологије и примени бољих изолационих материјала. Иако сама идеја оваквих система није нова, ова технологија је релативно непозната и недовољно истражена. У неким Европским земљама постоје пилот пројекти с овом технологијом. Први хибридни колектор у Турској електричне снаге 3,55 kW, остварује годишњу производњу електричне енергије у износу од 3 808 kWh и годишњу производњу топлотне енергије од 14 064 kWh [22].



Слика 30. Пресек хибридног колектора [22]

ПРЕДНОСТИ ХИБРИДНИХ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА:

- 10-15% већи степен искоришћења у производњи електричне енергије, у односу на постојеће фотонапонске панеле,
- производња електричне енергије и топле воде обавља се у једној колекторској јединици (кућишту),
- нижа цена - (цена је већа 20-30% у односу на класичан ФН панел, али је зато мања, када би се рачунала цена посебно фотоелектричног панела и термичког колектора),
- искоришћење кровне површине је ефикасније, тј. мања је заузетост кровних површина [2].



Слика 31. Хибридни соларни колектори [22]

3. ПРИМЕНА СОЛАРНИХ СИСТЕМА У ЗГРАДАМА

Истраживања и усавршавање технологија за искоришћење обновљивих извора енергије спроводе се у многим подручјима људског деловања, па тако и у зградарству. С обзиром на то да зграде данас потроше око половину укупне произведене енергије, долази време када ће се куће све више посматрати као термодинамички, а не само као грађевински објекти.

Соларни системи у зградама могу се користити на три начина:

- применом фотонапонских соларних ћелија за производњу ел. енергије,
- активно - систем са соларним колекторима и бојлером топле воде,
- пасивно - за грејање и осветљавање простора.

Рационалном потрошњом енергије и постизањем задовољавајуће енергетске ефикасности зграда, употребом сунчеве енергије, значајно би се допринело привредном и просторном развоју, а посебно ублажавању енергетске и еколошке кризе [16].

3.1 ФОТОНАПОНСКИ СОЛАРНИ СИСТЕМИ И ТЕХНОЛОГИЈЕ ЗА ГЕНЕРИСАЊЕ И ПРОИЗВОДЊУ ЕЛЕКТРИЧНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Фотонапонски системи се генерално могу поделити у две основне групе:

- мрежно спојени ФН системи (ФН системи прикључени на јавну електроенергетску мрежу, тзв. On-Grid системи),
- самостални ФН системи (ФН системи који нису прикључени на јавну електроенергетску мрежу, тзв. Off-Grid системи).

3.1.1 МРЕЖНО СПОЈЕНИ ФН СИСТЕМИ (ON-GRID)

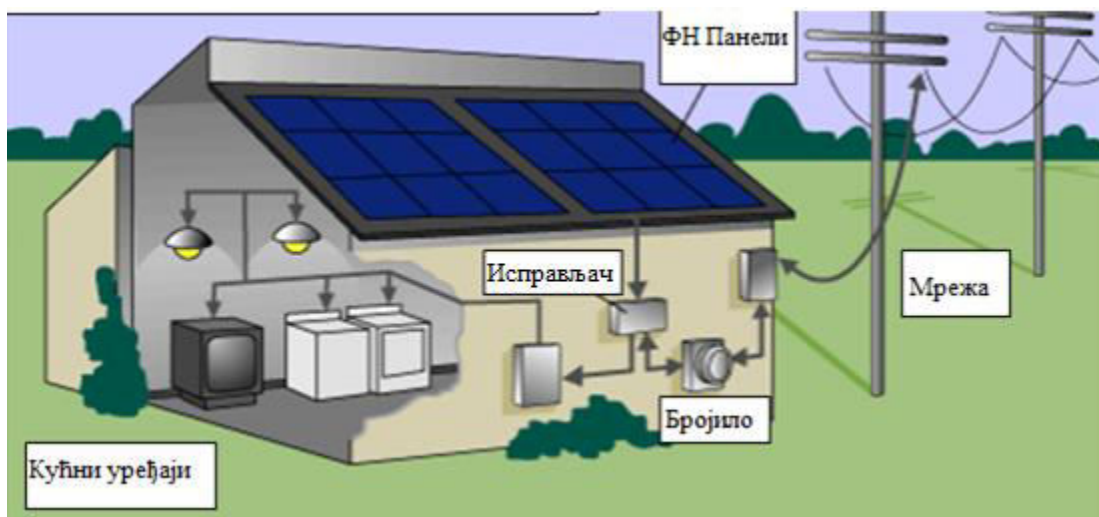
Соларни системи (On-Grid) који се могу прикључити на јавну електричну мрежу врло су једноставни и ефикасни обновљиви енергетски системи. Током дана, када има Сунца, систем генерише електричну енергију. Генерисана енергија може одмах да се користи у домаћинству. На тај начин ће се уштедети рачун за струју или се енергија враћа у јавну електричну мрежу. У овом случају регенерисана енергија се измери и касније се обрачуна између домаћинства и електродистрибуције.

Домаћинства најмање троше енергију у току дана, међутим, на нивоу државе управо се преко дана троши највише, и соларни системи помажу да се потражња за енергијом задовољи. Ако већ постоји довољан број соларног система у земљи, онда тај систем може да редукује рад загађујућих електрана које раде на традиционалан начин (на пример: термоелектране, нуклеарне електране, итд).

У односу на дан, током ноћи је потрошња много мања на нивоу државе. У то доба соларни систем не производи енергију, домаћинства троше енергију из традиционалних извора електричне енергије, коју наравно мери струјомер. То значи да постоји регенерисана и потрошена количина енергије и треба је само обрачунати по временским периодима.

Основни делови мрежно спојеног ФН система су:

- фотонапонски модули, фотонапонски исправљач, монтажна подконструкција, затим прикључно мерни ормар са заштитном и инсталираном опремом [23].



Слика 32. Делови on grid система [23]

Фотонапонски модули претварају сунчеву енергију у једносмерну струју, а фотонапонски исправљач прилагођава тако произведену енергију у облик у којем се може предати у јавну електроенергетску мрежу [23].

Фотонапонски исправљач се најчешће налази у згради у затвореном простору, иако постоје и исправљачи за спољно уграђивање, при чему треба пазити да нису директно изложени сунчевом зрачењу. Исправљачи производе квалитетну енергију одговарајућег напона и погодни су за мрежне фотонапонске системе. Мрежни исправљачи раде као и сваки други исправљачи, с том разликом да мрежни исправљачи морају да обезбеде напон који је у фази да напон који испоручују буде у фази с мрежним напоном [23].

Када се изгради On-Grid соларни систем потребно је уградити неколико додатних уређаја. Неопходан је прекидач и контролер система који ће услед нестанка струје наш систем укинути са мреже безбедно и према правилима. Тако се не угрожава живот радника на електричној мрежи. Потребни су акумулатори који ће премостити сате када нема сунчеве светлости. Потребан је много мањи број акумулатора него у систему који не може да сарађује са мрежом. Ова варијанта On-Grid система зове се хибридна соларна електрана.

Снага On-Grid система креће се од неколико стотина W до неколико MW снаге. За домаћинства најчешће се изграђују On-Grid ФН системи од 3 до 8 kW снаге. Са овим системима може се у потпуности задовољити употреба електричне енергије у домаћинствима. Малим и средњим фирмама, предузећима препоручују се On-Grid соларни системи од 10 до 50 kW снаге, а великим потрошачима, погонима, великим робним кућама соларни системи капацитета већих од 50 kW [24].

У сваком случају снагу соларног система треба прилагодити месечној или годишњој потрошњи електричне енергије. Годишња или месечна потрошња електричне енергије лако може да се одреди из рачуна за електричну енергију.

На основу досадашњег искуства код On-Grid соларних система на подручју Србије и околних земаља 1 kW соларни систем годишње ствара од 1150 до 1250 kWh електричне енергије [24].

3.1.2 САМОСТАЛНИ ФН СИСТЕМИ (OFF-GRID)

Off-Grid систем подразумева систем који ради самостално, независно, у поређењу са системом који мора бити прикључен на јавну електричну мрежу. У руралним подручјима, где не постоји електрична мрежа и припадајућа инфраструктура, користе се овакви системи. У off-Grid систему присутно је само онолико енергије колико ми сами произведемо, а ту енергију можемо да складиштимо у акумулаторима и одатле да је користимо.

Off-Grid систем функционише тако што су потрошачи спојени на spremник енергије, батерију (акумулатор), преко управљача пуњења и пражњања. Исправљач се такође може користити, како би се обезбедила изменична струја за потребе стандардних електричних уређаја и апарата.

Типичне самосталне фотонапонске инсталације се користе како би омогућиле доступност електричне енергије у удаљеним местима (планинска места, рурална подручја у развоју). Рурална електрификација подразумева малу кућну фотонапонску инсталацију која покрива основне потребе за електричном енергијом у домаћинству или већу фотонапонску инсталацију која обезбеђује довољно електричне енергије за неколико домаћинстава [23].

Основне компоненте Off - Grid система су [25]:

- фотонапонски панели,
- електроника за пуњење акумулатора,
- акумулатор,
- инвертор/исправљач



Произведена енергија се складишти путем електронике за пуњење акумулатора у акумулаторима. Из акумулатора можемо трошити енергију на више начина. Ако су у питању мањи системи често се дешава да не употребљавамо регулатор, јер се ради о једноставном и малом потрошачу. Ако овакви системи раде на 12 или 24 V напона, онда једна боља електроника за пуњење преусмерава систем, штитећи потрошаче, самог себе као и акумулаторе од штетних оптерећења [25].

Ако се користе традиционалне утичнице за потрошњу, онда мора да се обезбеди напон од 230 V. За ово је већ потребан претварач/инвертор. Постоје јефтинији и скупљи апарати. При избору морамо узети у обзир потрошњу. Многи електрични апарати морају да добијају синусоидни напон, иначе ће се покварити. Код јако јефтиних регулатора њихов знак често уопште није синусоидан, па није увек погодан за снабдевање енергијом и електрични мотори могу прегорети [25].

За коришћење самосталних система током целе године неопходно је инсталирати и додатни извор енергије - ветрогенератор или резервни агрегат. Соларни колектори (фотонапонски панели) у комбинацији са ветро - генераторима обезбеђују довољну сигурност напајања електричном енергијом на местима која немају могућност напајања из јавне мреже.

Такође, потребно је знатно умањити инсталирану снагу нпр. у домаћинству, да бисмо успешно могли да се снабдевамо електричном енергијом из ових система. На тзв. добрим локацијама инвестиција је исплатива релативно брзо, али такве локације су ретке. Поред наведеног агрегата, могу да се користе системи са додатним генераторима, погоњеним мотором са унутрашњим сагоревањем [23].



Слика 34. Самостални ФН системи [23]

Соларна електрична енергија може да допринесе енергетској понуди уз истовремену помоћ у спречавању глобалне промене климатских услова. Приближно 75% енергије која се користи у развијеном свету троши се у градовима, од чега се око 40% троши у зградама. ФН системи могу да се уграде у скоро сваку грађевинску структуру, од аутобуских станица до великих пословних зграда, па чак и у баште, паркове итд. [26].

Иако тачна прогноза фотонапонског учинка у зградама захтева пажљиву анализу фактора, као што су количина сунчевог зрачења које пада на зграду, електричне стабилности електро-дистрибутивне мреже итд., лако је схватити да оваква технологија има велике могућности и велики број карактеристика [26]:

- низови соларних ФН панела се најчешће накнадно уграђују на постојеће зграде, обично се монтирају на врху постојеће кровне конструкције или на постојећим зидовима,
- алтернативно, ФН панели могу бити смештени одвојено од објекта, али треба да буду повезани каблом за напајање зграде,
- више од четири петине од 9 000 MW инсталираних ФН панела у Немачкој 2010., било је инсталирано на крововима зграда,
- од недавно се производе и црепови са интегрисаним фотонапонским ћелијама.

Са архитектонског, техничког и финансијског аспекта, ФН системи интегрисани у грађевинске елементе имају следеће особине [26]:

- не захтевају додатно земљиште и додатне инфраструктурне инсталације, и могу се користити у густо насељеним урбаним срединама,
- обезбеђују електричну енергију у току највеће потражње и на тај начин смањују оптерећење електричне мреже,
- могу да смање губитке током преноса и дистрибуције електричне енергије,
- могу у потпуности или делимично да обезбеде електричну енергију за одговарајућу зграду,
- могу да замене конвенционалне грађевинске материјале и на тај начин обезбеде двоструку улогу која може вишеструко да се исплати,
- пружају нове естетске могућности на иновативан начин,
- могу се повезати са одржавањем, контролом и функционисањем других инсталација и система у згради,
- могу да обезбеде смањење планираних трошкова.

Пошто фасадни фотонапонски модули могу да замене класичне грађевинске материјале, разлика у цени између соларних елемената по јединици површине и материјала које могу да замене је од посебног значаја. Тако је цена по јединици површине фасадног ФН система, повезаног на дистрибутивну мрежу, скоро иста као и цена најквалитетнијих фасадних материјала, као што су мермер или украсни камен [26].

Од 1990. године индустрија фотонапонске конверзије показује константан годишњи привредни раст од преко 20%, а почевши од 1997. године и преко 33% годишње. За време 2000. године, укупни инсталирани капацитети у свету прешли су 1000 MW, а у земљама у развоју више од милион домаћинстава користи електричну енергију произведену помоћу фотонапонских система [26].

3.2 СОЛАРНИ СИСТЕМИ ЗА ГРЕЈАЊЕ ТОПЛЕ ВОДЕ

У зградама намењеним боравку и раду људи неопходан технички систем, поред система грејања, хлађења, вентилације и климатизације, јесте и систем за припрему санитарне топле воде. У зависности од намене зграде разликује се и потреба за потрошњом топле воде, што утиче и на избор самог система.

За наше климатско поднебље соларни системи се углавном користе за припрему топле санитарне воде. Када су у питању системи грејања, веома је тешко извести соларни систем који може да покрива губитке топлоте током целе грејне сезоне без неког допунског извора топлоте. Постоји и варијанта спреге соларних колектора и топлотне пумпе, када се могу добити нешто више температуре грејног флуида, али је и у том случају потребан додатни извор топлоте, у периодима јако малих интензитета зрачења Сунца и веома ниских температура спољног ваздуха.

У 80% случајева примене системи за грејање, који као примарну енергију користе енергију зрачења Сунца, користе се за загревање потрошне топле воде (ПТВ) . Разлог за то је што је потрошну воду потребно загрејати до релативно мале температуре (40-60°C), као и што су потребе за потрошном топлотом сталне током целе године, па чак и нешто повећане током летњег периода. Мале потребне температуре потрошне топле воде и мале разлике у односу на температуру спољашњег ваздуха, обезбеђују висок степен искоришћења соларне енергије, нарочито лети када ове енергије има највише.

Постоје различите врсте соларних колектора. Једни од њих су незастакљени водени колектори. Код њих се вода пумпа кроз црне пластичне покриваче и обично се користи за грејање базена. Овом методом постиже се температура од 30°C до 50°C [16].

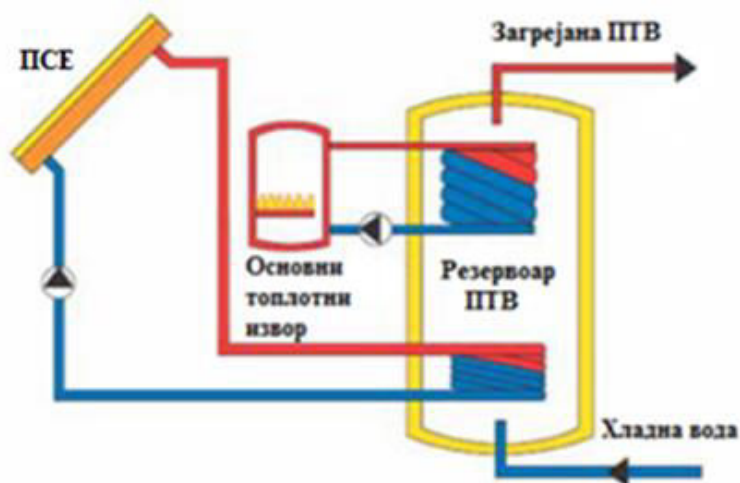
Веома чести у употреби су застакљени соларни колектори са равном плочом. Код њих се соларни апсорбер, који конвертује соларно зрачење у топлотну енергију, налази у изолованом стакленом кућишту да би се смањили топлотни губици. Равни застакљени соларни колектори углавном постижу температуру између 60°C и 90°C [16].

Соларни системи за загревање потрошне топле воде могу бити са принудном циркулацијом радног флуида и са природном циркулацијом радног флуида. По правилу, систем за ПТВ са принудном циркулацијом састоји се од [16]:

- пријемника соларне енергије (ПСЕ),
- резервоара за топлу воду са предајником топлоте,
- цевовода,
- циркулационе пумпе,
- експанзионог суда,
- припадајуће арматуре и
- регулационо-управљачког система.

Треба споменути и флуид у соларном кругу гликол, односно антифриз, јер у случају коришћења воде у соларном кругу долази до њеног смрзавања у цевима током зимског коришћења система када је систем у фази мировања, а све то због тоталне облачности

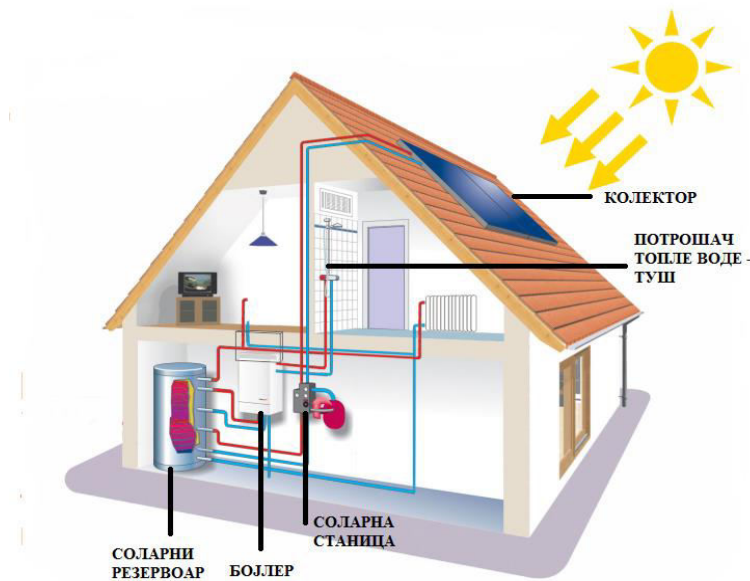
неба и немогућности продирања сунчеве светлости, чак и у минималном обиму. Из тог разлога користи се атестирани, неотровни гликол, како не би дошло до нежељених последица.



Слика 35. Систем за загревање топле воде [16]

На Слици 35 приказана је шема активног система за загревање потрошне топле воде помоћу енергије зрачења Сунца. Соларно топлотни енергетски системи за загревање воде су дизајнирани тако да су у топлијој половини године комплетно одговорни за загревање воде.

У зимским месецима топла вода се обезбеђује бојлерима који раде на нафту, гас или дрво, а сунчаним данима подржава га соларно топлотни енергетски систем. То значи да се сваке године око 60% захтеване топле воде може остварити соларним топлотним енергетским системима [16].



Слика 36. Соларно топлотни енергетски систем [27]

За разлику од соларног грејног система (СГС) са принудном циркулацијом, системи са природном циркулацијом радног флуида немају циркулациону пумпу. Циркулација радног флуида у овим системима остварује се на основу разлике густина, која настаје као последица разлике између температура загрејаног и хладног флуида. Релативно тешко регулисање и управљање овим системима главни су разлози да се они по правилу примењују као унапред склопљене компактне јединице са само једним или два ПСЕ.

СГС за ПТВ је оптимално димензионисан ако годишњи удео искоришћене соларне енергије у укупно потребној енергији за припрему потрошне топле воде код мањих система износи 55-65%, односно код средњих 35-45%. У случају већих удела искоришћења соларне енергије систем би био предимензионисан (нарочито лети), а однос инвестиционих трошкова и енергетских добитака неповољан [16].

У случају правилно димензионисаног система, количина топлоте коју обезбеђује СГС довољна је да у летњим месецима задовољи укупне потребе за загревањем потрошне топле воде. Важно је знати да се помоћу СГС енергија Сунца може прикупити и претворити у топлотну само за време сунчаних дана, односно када има Сунца. У случају облачног времена и кишних дана СГС неће моћи да обезбеди довољну количину енергије за грејање. За велике прекиде дозрачивања соларне енергије, који се обично дешавају током зимских месеци, неопходно је да сваки СГС за загревање ПТВ буде опремљен и конвенционалним системом за загревање воде (електрична енергија, природни гас итд.). Да би се премостили краћи ноћни прекиди и евентуални дневни прекиди у снабдевању соларном енергијом, који се јављају и током летњих месеци, као незаобилазан елемент у сваки СГС уграђује се и акумулациони резервоар за топлу воду [16].

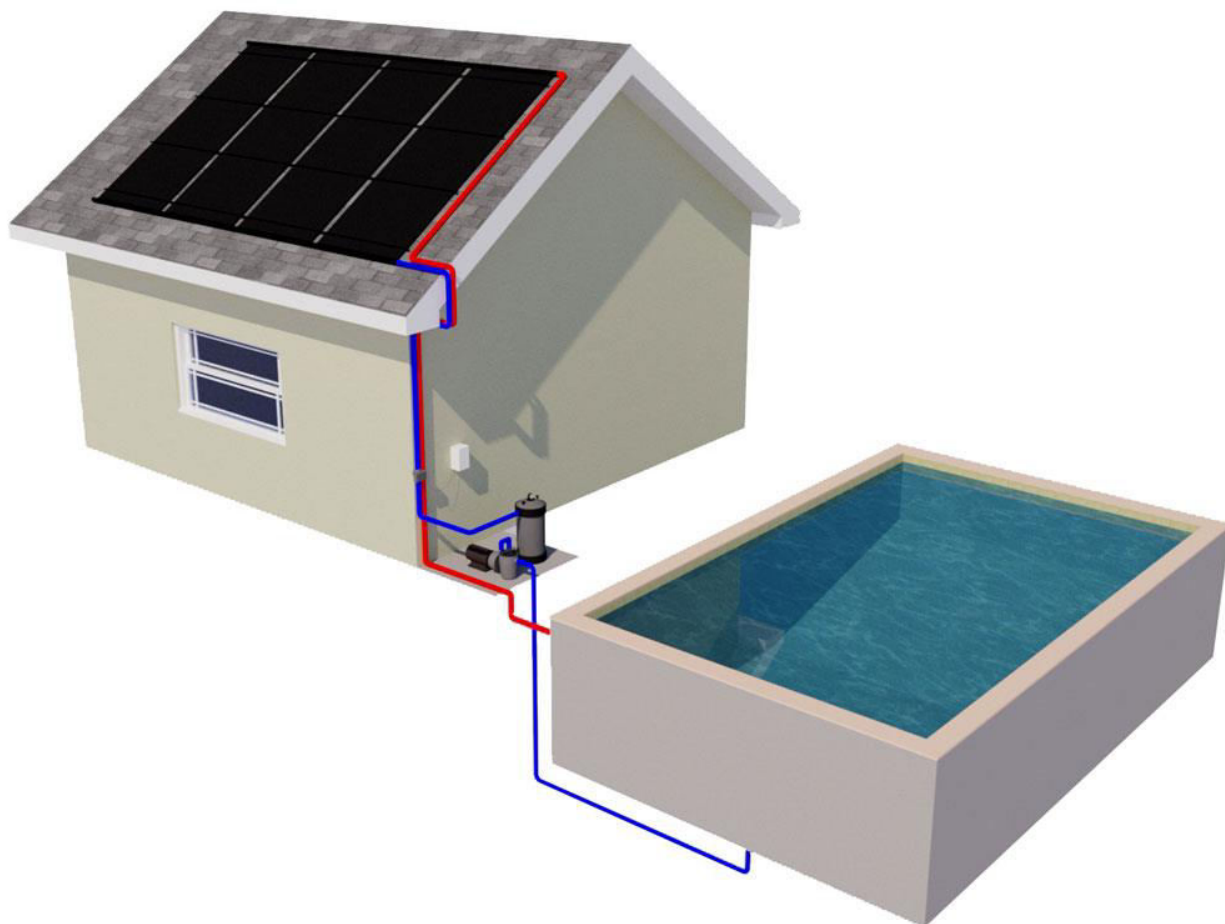
Да би СГС за загревање ПТВ могао поуздано и квалитетно да ради, потребно је пажљиво димензионисати сваку његову компоненту. Предимензионисани системи, осим што не могу да оправдају инвестициона средства, могу створити и одређене техничке проблеме у раду система. Најчешће су то проблеми везани за прегревање радног флуида, проблем његовог претераног ширења, угрожавање рада сигурносног вентила и трајности радног флуида [16].

Постоји низ инсталацијских, техничких и практичних предности соларних колектора за загревање воде:

- искоришћењем сунчеве светлости пружају јединствен осећај сигурности и угодности, јер је то неисцрпан енергент на располагању сваком кориснику,
- њихови трошкови одржавања су безначајни у односу на век експлоатације и само се једном плаћају код уградње система,
- енергија сунца штеди друге енергенте који се плаћају, а инвестиција се враћа за две до пет година,
- није потребно да је објект унапред пројектован за потребе инсталације таквог система грејања. Соларне колекторе је лако интегрисати у било који већ постојећи систем грејања у било ком објекту. Просечан систем у домаћинству смањује емисију CO_2 за око 350 kg годишње.

3.3 СОЛАРНИ БАЗЕНИ

Температура воде у базенима може се регулисати помоћу соларних система за загревање воде чиме се постиже продужетак сезоне купања и уштеде конвенционалних облика енергије. Системи за загревање воде могу се применити у домаћинствима и туристичким објектима за загревање простора, као и за загревање воде у базенима. Користе се за различите величине базена, од отворених који су у функцији само у летњим месецима, до великих затворених олимпијских базена који раде током целе године. Принцип загревања воде у базенима је исти као и код система за загревање воде у домаћинству, с том разликом што сам базен представља топлотно складиште.

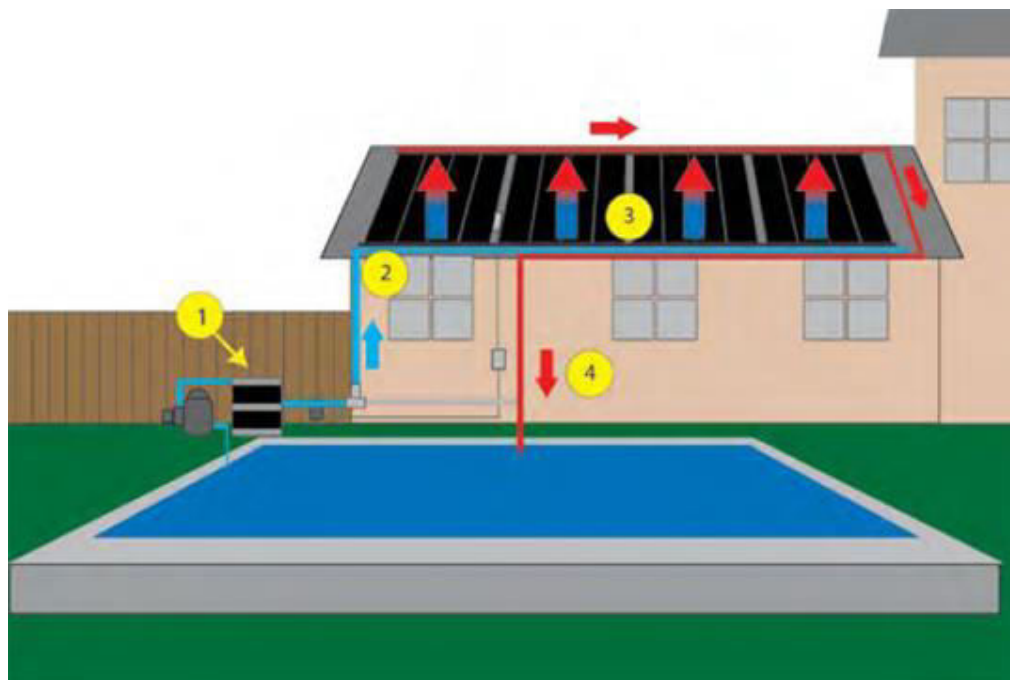


Слика 37. Принцип загревања воде у базену [28]

Соларни систем обавља три функције, а то су:

- акумулација: соларни колектори акумулирају Сунчево зрачење,
- дистрибуција: циркулациони пренос енергије радног флуида до резервоара; циркулација може бити природна (термосифонски систем) или принудна помоћу пумпе,
- складиштење: топла вода се складишти у машинској соби или на крову, уколико је у питању термосифонски систем, док не дође време за њено касније коришћење.

Соларни системи за грејање воде у базену ће уштедети новац на једноставан начин. Базен се може на овај начин загревати јефтино и ефикасно, уз штедњу енергије. Системи су једноставни и релативно јефтини, а могу се направити самостално, уз мало воље и упорности. Сам базен ће бити веома користан, а пумпа за филтрирање базенске воде ће омогућити и одржавати воду чистом. Вода ће уз помоћ овог система циркулисати кроз соларне колекторе [29].



Слика 38. Делови система за загревање базена [30]

1- пумпа која одводи воду до соларних колектора, 2- хладна вода која је усмерена ка соларном колектору, 3- загревање воде која струји кроз систем цеви колектора, 4- повратак загрејане воде у базен.

Пре уградње соларног система, потребно је обезбедити поклопац за базен. То је најјефикаснији и најсигурнији метод којим се могу смањити трошкови грејања базена и смањити емисије гасова стаклене баште. Поклопац на базену ће смањити испаравање воде, што чини око 70% од трошкова за грејање базена. Такође, поклопац ће дозволити бољу соларну апсорпцију [29].

У врућим климатским условима колектор се такође може користити за хлађење базена током летњих месеци, циркулишући воду кроз колектор ноћу. Неки системи укључују сензоре и аутоматско или ручно okreћу вентил да би скренули воду кроз колектор када је температура колектора већа од температуре базена.

Када су температуре изнад нуле, онда ће вероватно бити потребан неглазирани систем колектора. Неглазирани колектори не укључују застакљивање, већ су углавном направљени од тешке гуме или пластике, третиране са ултраљубичастом заштитом, како би продужили трајање панела. Због својих јефтиних делова и једноставног дизајна, неглазирани колектори су обично јефтинији од глазираних колектора. Чак, и ако мора да се угаси систем током хладног времена, неглазирани колектори могу бити много ефикаснији него инсталирање скупљих застакљених система колектора [29].

Соларни колектори за грејање базена треба да буду оријентисани географски и постављени тако да максимизирају количину дневне и сезонске соларне енергије која се прима. У принципу, оптимална оријентација за соларни колектор на северној хемисфери је ка југу.

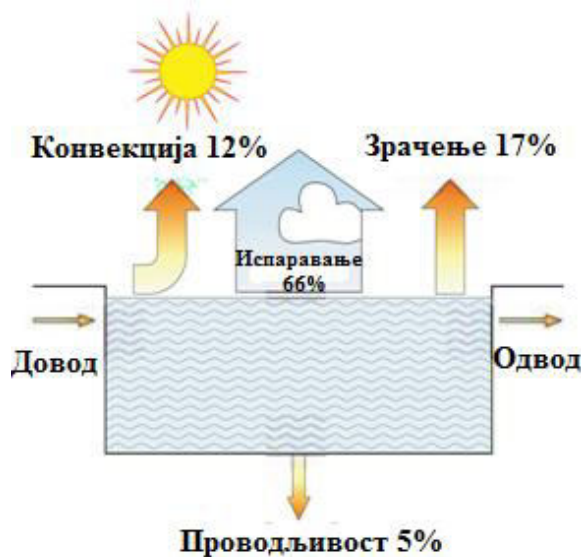
Потребна количина енергије за грејање базена зависи од температуре воде, положаја, ветра, времена, дубине воде, боје базена и потребне количине свеже воде по сезони, и износи 150 kWh/m^2 и 700 kWh/m^2 (односи се на површину базена) [31].

Топлотни губици већи су [31]:

- што је већи базен, а посебно његова површина,
- што је виша жељена температура воде (губици због испаравања),
- што је већа температурна разлика између температуре воде и температуре ваздуха, (у затвореним базенима је температура ваздуха по правилу до 3 K виша од температуре воде),
- што је нижа релативна влажност ваздуха, то је сувљи ваздух изнад површине воде, и већи су губици испаравањем.

Типични губици топлоте у отвореном базену [31]:

- топлотна проводљивост 5%,
- конвекција 12%,
- топлотно зрачење 17%,
- испаравање 66%.

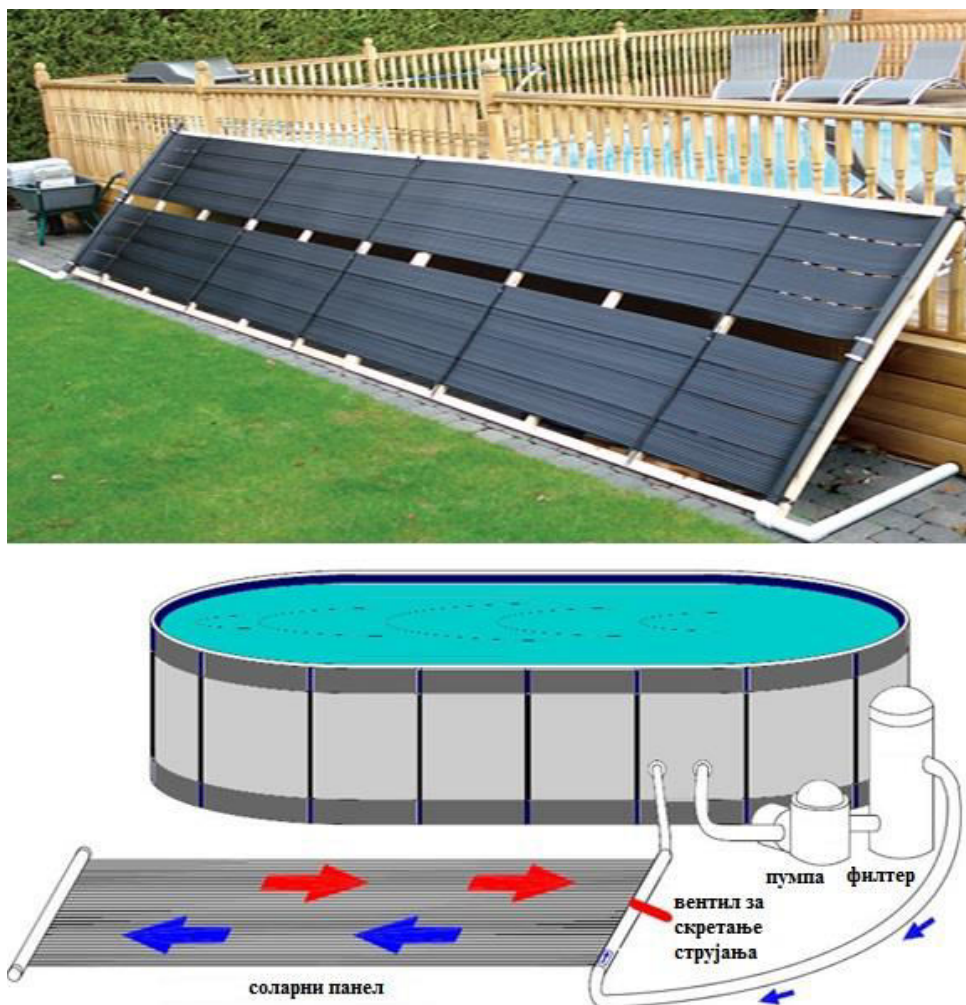


Слика 39. Соларни базен [31]

У затвореним базенима по правилу се контролише квалитет ваздуха у простору, а релативна влажност износи 55-65%. Расхлађивање базена, због довода свеже воде, доводи до додатних топлотних губитака.

Највећи енергетски допринос у отвореним базенима добија се директно од зрачења сунца на површину базена. Просечна температура у базену, који се крајем априла пуни водом од 12°C, у мају око 16°C и у августу 21°C, расте у зависности од сунчевог зрачења.

Уз помоћ соларног система просечна температура базена може се повећати пре сезоне купања или дубоко у јесен, при чему се постиже угодна температура за купање око 22°C. Док трају дужи периоди лепог времена температура воде може достићи и 30°C [31].



Слика 40. Циркулација и струјање воде из базена кроз соларни панел [32]

Одређивање ефикасности соларних система за грејање базена је изузетно важно. Може се одредити ефикасност соларног система за грејање базена на основу термалне перформансе рејтинга колектора уколико је доступан. Оцена термалне перформансе соларног колектора се мери у британским топлотним јединицама по квадратном метру дневно [29]. Такође, може да се мери по MJ/m² дневно. Што је већи број, већа је ефикасност соларног колектора, међутим, пошто временски услови могу бити варијабилни, ова оцена може да варира, термалне перформансе од било којег колектора треба узети само приближно. Висока ефикасност соларних колектора не само да ће смањити годишње трошкове, већ може да захтева мање квадратних метара за загревање базена [29].

Пре куповине, корисно је урадити детаљно поређење типова колектора. Потребно је проценити и упоредити трошкове коришћењем различитих модела соларног колектора. То ће помоћи да се утврди потенцијална уштеда улагања у ефикаснији тип колектора који може да захтева мање панела за подручје колектора потребно за загревање базена. Тек након ове анализе, може се одабрати модел према одговарајућим потребама [29].

3.4 АКУМУЛАТОРИ ТОПЛОТЕ ЗА ГРЕЈАЊЕ ПОМОЋУ СОЛАРНИХ СИСТЕМА

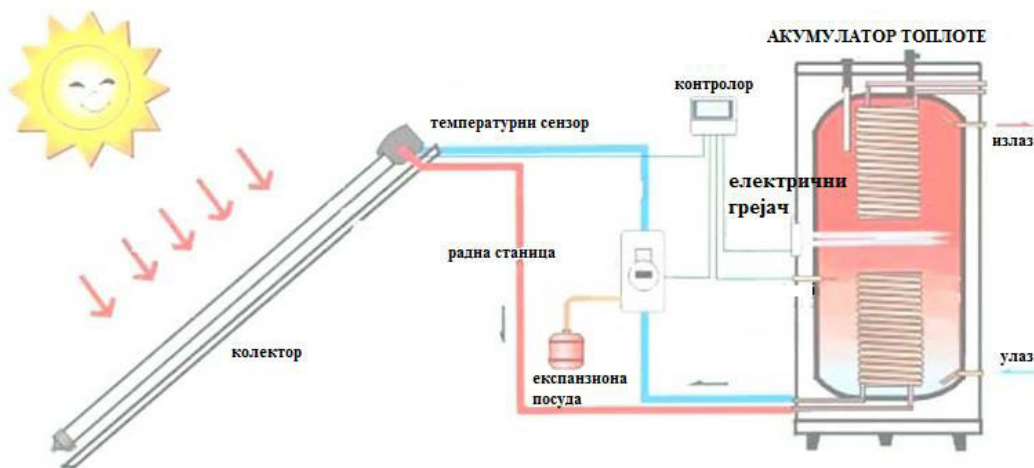
Један од најважнијих метода јесте акумулирање енергије, односно, потребно је уградити акумулацијски уређај у којем се скупља енергија за време сунчаног периода из којег се енергија црпи за време када сунчевог зрачења нема уопште или га нема у довољној количини.

Акумулатори топле санитарне воде (соларни бојлери) намењени су за загревање потрошне воде за потребе домаћинства уз минималне погонске трошкове.

Загревање санитарне воде могуће је [33]:

- спиралним соларним грејачем који се повезује на инсталацију соларног система,
- спиралним топоводним грејачем који се повезује на систем централног грејања,
- електричним грејачем за евентуално допунско загревање.

Соларни систем састоји се од: соларних колектора, акумулационог резервоара (бојлера), контролне централе са пумпом и експанзионом посудом, система цеви, разних вентила, славина и изолационог материјала.

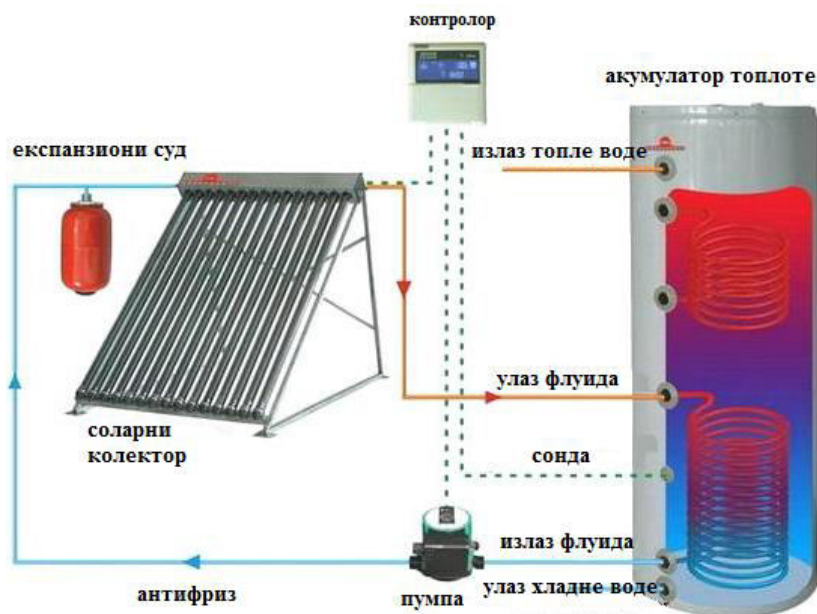


У случају да због лоших временских прилика вода у бојлеру није довољно загрејана, бојлер има уграђен електрични грејач, који воду догреје на подешену температуру. Сваки грејач довољан је да обезбеди топлу санитарну воду за нормалну потрошњу. Акумулатори се израђују од нерђајућег челичног лима са грејачима од бакарних или нерђајућих челичних цеви. Командна табла у основној варијанти обезбеђује аутоматски рад и регулацију температуре код коришћења електричног грејача. Код коришћења топлоте из

соларног топлотног система могућа је уградња програмског сата за аутоматски рад бојлера. Квалитетна изолација бојлера смањује топлотне губитке на минимум, а спољашност је савремено дизајнирана.

Пројектовање соларног интелигентног система, врши се прецизно дефинисањем структуре система одабиром појединих компонената система, како би се постигао оптимални топлотни учинак. Критеријуми за одабир интелигентног соларног термалног система су поуздан и безбедан рад оваквих соларних инсталација. У нашим условима, соларни систем без употребе додатног система не може да гарантује сигурност снабдевања енергијом. Из тог разлога се врши димензионисање конвенционалног система независно од соларног. Међусобна интеракција између постојећих извора енергије је од пресудног значаја за постизање највеће укупне ефикасности сисетма, тј. за највећу уштеду енергије.

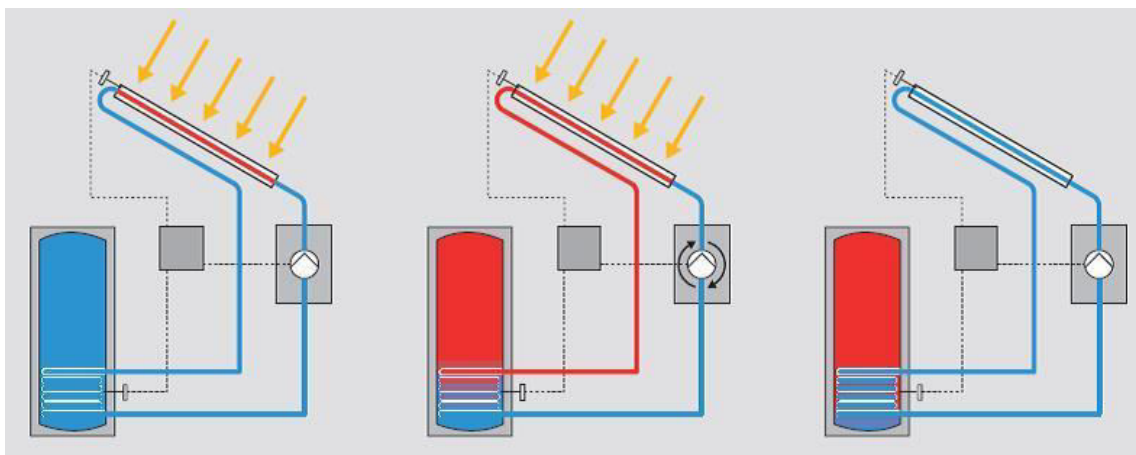
Код интелигентних соларних топлотних система, рад система регулише систем аутоматског управљања, који добија информације о промени параметара система у реалном времену. Контрола већине соларних система за топлотну конверзију врши се по принципу температурне разлике између температуре соларног колектора и температуре у акумулатору топлоте или резервоару са топлотом потрошном водом. Када је разлика ових температура већа од минималне задате, циркулациона пумпа почиње са радом и радни медијум транспортује топлоту од соларног колектора до акумулатора/резервоара тј. посредно до потрошача [35].



Слика 42. Акумулатор топлоте са системом циркулације радног флуида [34]

Систем престаје са радом када је разлика ових температура изнад задатог минимума. Код типичних соларних система са индиректним или директним загревањем акумулатора топлоте или резервоара потрошне топле воде, вредност разлике температура када систем почиње са радом је између 8-10°C, а вредност престенка са радом 4-5°C [35].

Сензори температуре који се користе морају бити отпорни на високе температуре које се могу јавити у соларним пријемницима. Код сложенијих система, потребна је регулација и анализа већег броја параметара и регулација приоритета. Код оваквих система, нпр. један резервоар топле воде добија приоритет за загревање соларном енергијом. Када постоји грејање два потрошача, нпр. резервоар потрошне топле воде и базен без конвенционалног догревања, систем ће загревати најпре резервоар потрошне топле воде као приоритетнији. Када резервоар достигне своју задату температуру, почиње снабдевање соларном топлотном енергијом потрошача секундарног приоритета (у овом случају базена). У овој анализи, приоритет је дат загревању потрошне топле воде, међутим за постизање највеће енергетске ефикасности целокупног система, потребно је вршити детаљније анализе понашања система. Код неких произвођача, могуће је подесити систем управљања за постизање највеће могуће ефикасности система. За систем са два резервоара потрошне топле воде, који се загревају целе године, резервоар са најмањом температуром ће се увек загревати соларном енергијом [35].



Слика 43. Принципијална шема управљања соларним системом [35]
1 - грејање колектора, 2- грејање резервоара топле воде, 3 - акумулација топлоте

ГЛАВНЕ КАРАКТЕРИСТИКЕ АКУМУЛАТОРА ТОПЛОТЕ КОД СОЛАРНОГ СИСТЕМА ГРЕЈАЊА:

- топлота сунца се економично користи, јер резервоар има добру изолацију и тако се топлота чува и складишти дуже време,
- високи степен искоришћења при малим повратним температурама,
- стабилна метална конструкција за зидну монтажу,
- једноставна инсталација и одржавање,
- веома висок учинак,
- атрактиван повраћај инвестиције,
- повољан однос цене и перформанси.

3.5 ПАСИВНО КОРИШЋЕЊЕ СУНЧЕВЕ ЕНЕРГИЈЕ - ТРОМБОВ ЗИД

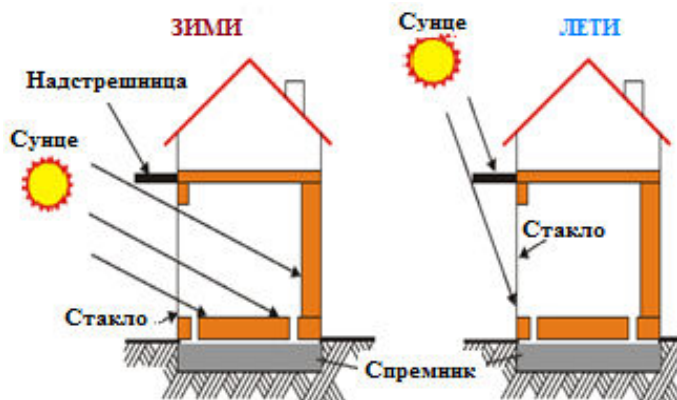
Пасивни систем употребе Сунчеве енергије основни је и најјефтинији начин коришћења енергије из околине. Већ Сократов модел куће показује да су људи хиљадама година размишљали како да се пасивном архитектуром заштите од хладноће и топлоте.

Правила пасивних соларних система [36]:

- правилна оријентација објекта према странама света,
- велике стаклене површине на осунчаној страни,
- надстрешница која спречава лети продор светлости у унутрашњост објекта,
- довољна количина топлотне масе,
- топлотна изолација.

На пасивне соларне системе утичу [36]:

- архитекта,
- извођач радова,
- просторно-планска документација,
- распоред и међусобно растојање суседних зграда,
- конфигурација земљишта,
- климатско-метеоролошки услови.



Слика 44. Пасивно загревање простора зими и лети [36]

Добар пасивни систем за загревање, помоћу сунчеве енергије, може се најлакше уклопити у зграду приликом пројектовања, па је погоднији за нове, а лошији за постојеће зграде.

Код пројектовања пасивне соларне градње, потребно је добро прилагодити делове површина јужних фасада објекта да добро апсорбују Сунчеву енергију. То се постиже тако што се наведене површине обоје црном бојом и на одређеном растојању од зида затворе стакленом или пластичном плочом. Сунчево зрачење улази кроз велике стаклене површине и директно загрева просторију и тако се топлота преноси у одговарајуће делове просторије [36].

3.5.1 ТРОМБОВ ЗИД

Усавршавање пасивног соларног система за загревање просторија, који се базира на темељу директног апсорбовања сунчеве енергије, извео је 1956. године француски инжењер Феликс Тромб. Он је на Пиринејима саградио соларну кућу, која је на јужној страни имала масиван зид, обојен црном бојом и који је био застакљен. Такође је био присутан соларни колектор, акумулатор топлоте и уређај за грејање. Овај концепт ради на принципу акумулације сунчеве топлоте и њеног емитовања у унутрашњост објекта у току ноћи. Математичком анализом је утврдио да тај зид мора да буде масиван, како би сачувао енергију која долази до њега, па је по њему и добио име Тромбов зид [36].

Тромбов зид израђује се од опеке, бетона или камена, и обично је дебљине од 20 до 40 cm, а све дебљине мање од 20 cm доводе до брзог загревања и прегревања просторија. С друге стране, ако је зид дебљи од 40 cm, неће током ноћи загревати унутрашњу страну просторије. На удаљености од 2 до 10 cm испред зида налази се стакло [36].



Слика 45. Тромбов зид [36]

У практичној примени заступљене су две варијанте Тромбовог зида:

- варијанта без отвора,
- са отворима при дну и врху зида.

Сунчеви зраци пролазе косо кроз застакљену површину и падају на Тромбов зид који се загрева. Око 50% ове топлоте акумулира зид, а осталих 50% загрева просторију. Брзина преношења топлоте са спољашње на унутрашњу страну зида зависи од материјала зида и његове дебљине [36].

Ваздух кроз доњи отвор зида доспева у простор између зида и стаклене површине. У међупростору ваздух се загрева сунчевом енергијом, постаје лакши и почиње да струји према горе. Загрејани ваздух пролази кроз горњи отвор Тромбовог зида и улази у просторију која се греје. Затим се ваздух хлади, постаје тежи, пада ниже и улази поновно кроз доњи отвор Тромбовог зида у простор између зида и стаклене површине. Тако се описани кружни циклус понавља [36].

Топлота коју је Тромбов зид акумулирао преноси се кроз зид и током ноћи зрачењем загрева просторију. Да би се смањили топлотни губици и повећао ниво ефикасности Тромбовог зида, неопходно је у току ноћи спустити топлотне засторе. У летњем периоду по дану се застори спуштају како би се спречило прегревање, а ноћу се подижу да би се омогућило хлађење зида зрачењем.

У случају прегревања просторија, вишак топлоте се кроз горњи отвор у застакљеној површини избацује у атмосферу, а кроз горњи отвор у северном зиду објекта пропушта се свеж спољашњи ваздух.

Предности пасивних соларних система огледају се у следећем [36]:

- једноставан систем,
- одржавање је минимално,
- дужи век трајања,
- застакљена површина не обезбеђује само акумулацију топлоте, већ је и извор дневне светлости.

Недостаци пасивних соларних система [36]:

- ултраљубичасто зрачење изазива многе нежељене ефекте,
- губитак топлоте кроз под, ако је у додиру са тлом.

Предности Тромбовог зида је једноставно уграђивање у структуру градње, као спољашњи или унутрашњи зид, а главни недостаци су спољни зидови који су извор губитака топлоте током дужег облачног времена.

Стандард пасивне градње подразумева покушај смањења потрошње енергије и удоваљавање глобалним захтевима: очување природног богатства и заштита околине. Искуства примене су показала да се пасивним коришћењем сунчеве енергије доприноси и до десет пута мањим укупним енергетским потребама зграда. Пасивно коришћење сунчеве енергије у зградарству не тражи развој нове и сложене технологије, већ систем функционише тако да су елементи зграде (камен, бетон, стакло, дрво, метал) носиоци топлоте, која се преноси кондукцијом, конвекцијом или зрачењем. [37]

Тренутно, на свету има врло мало енергетски ефикасних објеката. Са сваким новосаграђеним стамбеним објектом остварила би се неопходна искуства, која би била основа за будућу градњу још бољих објеката [37].

4. ИНТЕГРАЦИЈА СОЛАРНИХ СИСТЕМА У ОМОТАЧ ЗГРАДЕ

Омотач зграде представља границу између унутрашњости зграде и спољашњег света. Компоненте омотача зграде су спољни зидови, прозори, кровови, плафони, подови и врата, и представљају важан фактор у утврђивању оптерећења грејања и хлађења. Енергија коју троше компоненте омотача зграде је врло варијабилна, јер на њу утичу различити фактори: тип зграде, клима, принципи изградње, географска локација и старост објекта. Свакако, важност омотача зграде не би смела да се потцени, јер глобално гледано грејање и хлађење просторија троши од 30% па до преко 50% укупне потрошње енергије у зградама, у зависности од климатских услова. У стамбеном под-сектору ова потрошња износи и преко 60% укупне утрошене енергије. Да би се смањила потрошња енергије за грејање и хлађење биће потребно следеће [38]:

- висок степен изолације у зидовима, крововима и подовима са циљем смањења топлотних губитака у хладним климатским зонама,
- прозори високих перформанси са ниском термалном попустљивошћу и одговарајућим коефицијентима добитка соларне топлоте према климатској зони,
- високо рефлективне површине у топлим климатским зонама, које укључују кровове и зидове у белој и сличним бојама,
- правилно затворене структуре како би се осигурала ниска стопа инфилтрације ваздуха са контролисаном вентилацијом за свеж ваздух,
- смањење топлотних мостова (компоненти које лако спроводе топло/хладно), као што су високо термички проводни вези и структурни елементи,
- пасивни соларни дизајн који оптимизира оријентацију зграде и постављање прозора и сенчење које омогућава природну вентилацију.

Смањење потреба за грејањем и хлађењем захтева интегрисан приступ пројектовању зграда. Као што је познато, сунчева енергија је бесплатна, тако да повећање користи од ње у циљу смањења грејања и осветљења треба да буде део интегрисаног пројектовања. Такође, топлотна маса, изолација, сенчење, рефлективне површине и природна вентилација могу да допринесу смањењу топлотних добитака у летњем периоду и тиме смање потребе за хлађењем. Скорје иновације у погледу нових динамичких прозора обезбедиће и пасивно грејање зими и сенчење лети, када та технологија буде доступна широј јавности и буде економски оправдана.

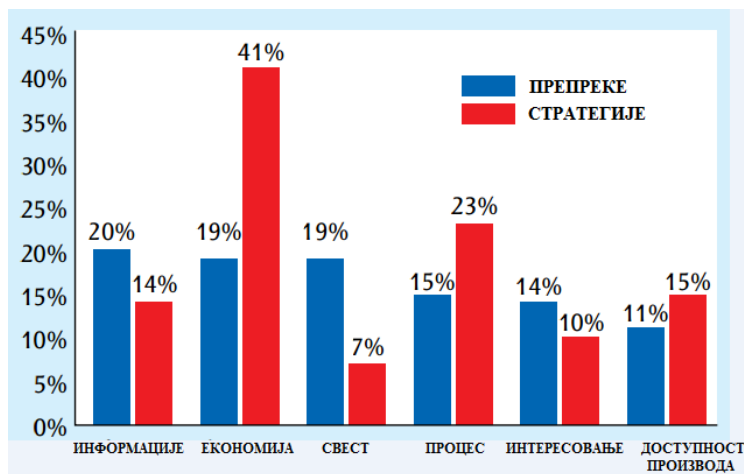
Данас се у пројектовању зграда све више користе тзв. паметни материјали, с обзиром да су економски оправдани и имају краћи период отплате. Паметни материјали се разликују од стандардних архитектонских материјала, и подељени су, на основу свог понашања, у две групе [38]:

- материјали који могу да мењају једну или више својих особина (магнетне, хемијске, електричне, механичке или топлотне) као непосредан одговор на новонастале промене у окружењу,
- материјали који имају способност да трансформишу енергију из једног облика у други, док сам материјал не трпи промене.

Данашња потреба за драматичним повећањем обновљивог дела у нашем снабдевању енергијом подстиче захтеве да се у максималној мери користе фотонапонски пријемници на омотачима зграда, чиме њихова интеграција у архитектонском и грађевинском смислу добија кључни значај. То ће имати двоструки утицај на пројектовање зграда, умањујући потребу за енергијом саме зграде, и на ширење учешћа обновљивих извора енергије у укупним потребама за енергијом. Фотонапонска енергија ће добијати све већи значај у пројектовању, захваљујући својим карактеристикама и потенцијалима.

Произвођачи данас могу да понуде грађевинском сектору различите занимљиве готове производе које могу да користе архитекте и планери. Међутим, у грађевинском сектору ФН модули се и даље посматрају са сумњом. Разлози су сложени, али је једноставно прелиминарно објашњење то што, са једне стране, пројектанти нису довољно упознати са њиховим потенцијалима и што, очигледно, њихова доступност није довољна. Укратко, ФН модул/компонента, „интегрални материјал”, и даље је за пројектанта компликован за употребу, или због тога што нема довољно прецизних каталога са пројектним могућностима, или што не постоје техничке спецификације које се могу упоредити са подацима о грађевинским материјалима, и на крају, мада не најмање важно, зато што не постоје релевантни прописи, стандарди, технички и законски услови. Због тога је неопходно побољшати делотворност и доступност ФН модула као компонената грађевинског материјала. То подразумева потребу да се утврде нове карактеристике за развој ФН производа које повећавају конкурентност ФН у односу на друге конвенционалне грађевинске материјале, и да се попуни празнина настала због непостојања усклађених прописа и стандардизација која се негативно одражава на њихову доступност [39].

Већ годинама се експанзивни трошкови ФН материјала процењују као главна препрека у ширењу примене ФН материјала у зградама, тако да би се смањење трошкова могло схватити као могући покретач промене. Сprovedена је једна међународна анкета у оквиру ИЕА „Сунчева енергија и архитектура”, како би се схватиле потребе, препреке и стратегије за интеграцију соларних технологија. Резултат једне анкете потврђује да су за архитектуру трошкови главни проблем за ширење ФН модула, при чему су ФН модули за архитектуру и даље скупљи од конвенционалних [39].



Слика 46. Приказ основних проблема за интеграцију соларних технологија [39]

4.1 УГРАДЊА И ИНТЕГРАЦИЈА ФН ПАНЕЛА

Фотонапонски системи се користе као замена за конвенционалне грађевинске материјале у деловима омотача зграде. Они се углавном уграђују као саставни део фасадне и кровне структуре нових зграда, али и постојећи објекти могу бити обложени њима. Служе као главни или већином допунски извор електричне енергије. Повећање захтева за особинама фасада довело је до тога да омотачи морају бити комплекснији и мултифункционалнији елементи зграде. Нови технолошки развој дозвољава радикалне промене у дизајну фасаде или крова. Пројектујући спољашњост зграде, морамо бити свесни да је употреба фотонапонских модула веома битна, али то је само један од многих аспеката које омотач зграде мора да задовољи. Да би се постигле добре перформансе зграде, фотонапонски производи не треба само да производе енергију, већ треба да задовоље и низ других критеријума. Системи који се данас користе у омотачу зграде морају да обезбеде термо и хидроизолацију, заштиту од сунца, буке и светлости, као и безбедност.

Фотонапонски модули постоје у неколико различитих облика који зависе од места уградње. Њихова употреба у омотачу зграде је разноврсна и отвара многе креативне могућности пројектантима. Примена је данас присутна на различитим деловима омотача, као што су: кровови, спољашњи зидови, полу-транспарентне фасаде, стаклени кровови и засенчења.

4.1.1 КРОВОВИ

Кровови обезбеђују велику површину која се углавном не користи и према томе су идеални за постављање фотонапонских система. Обично је ту боља осветљеност, него на нижим нивоима зграде или на тлу. Фотонапонски панели продужавају век трајања кровног покривача, штитећи га од ултраљубичастих зрака и утицаја воде. Међутим, мора се направити разлика између равних и косих кровова.



Слика 47. Интеграција ФН филма на крову објекта [41]

Равни кровови имају предност добре доступности, лаке инсталације и обезбеђују слободан избор за оријентацију панела. Мора се водити рачуна приликом монтирања система да се не поремети површина крова и слојеви изолације. Такође се мора узети у обзир тежина инсталираних панела, као и утицај ветра који може да их одува. Код монтаже на равно кровиште користимо додатну конструкцију, коју постављамо на постојеће равно кровиште. Конструкцију је потребно добро причврстити, због заштите од временских неприлика. Код таквог начина монтаже кровиште остаје нетакнуто [40].



Слика 48. Постављање ФН система на коси кров објекта [42]

Коси кровови су добра подлога за инсталацију фотонапонских система. Често се код породичних кућа они уграђују у облику панела који се монтирају на постојећи кровни покривач. Еlegantније решење подразумева употребу фотонапонске шиндре или црепа/плоча. Шиндра је модул дизајниран тако да изгледа и понаша се као обична кровна шиндра, пресвучена танким филмом ћелија. За просторне структуре мембранског система као што су разне настрешнице, развијен је танак филм соларних ћелија интегрисан у флексибилну кровну мембрану од полимера [40].

4.1.2 СПОЉАШЊИ ЗИДОВИ И ФАСАДЕ

Фотонапонски модули се могу додати на постојеће спољашње зидове дајући им потпуно нови изглед и тако учинити фасаду атрактивнијом. Панели се могу монтирати на постојећу фасаду зграде. У овом случају нема потребе за водонепропусним спојницама, јер је та карактеристика већ обезбеђена претходном фасадом испод панела. Вертикална монтажа соларних панела омогућава максималан пријем сунчеве енергије у зимском раздобљу, јер је у то време сунце врло ниско.



Слика 49. Монтирање панела на спољашње зидове и фасаде објекта 1 [43]

Модули од ламелираног стакла који замењују конвенционални зид завесе, практично су исти као и затамњено стакло. Они пружају дугорочну заштиту од временских утицаја и могу бити произведени у разним величинама, облицима, шари и боји [40].



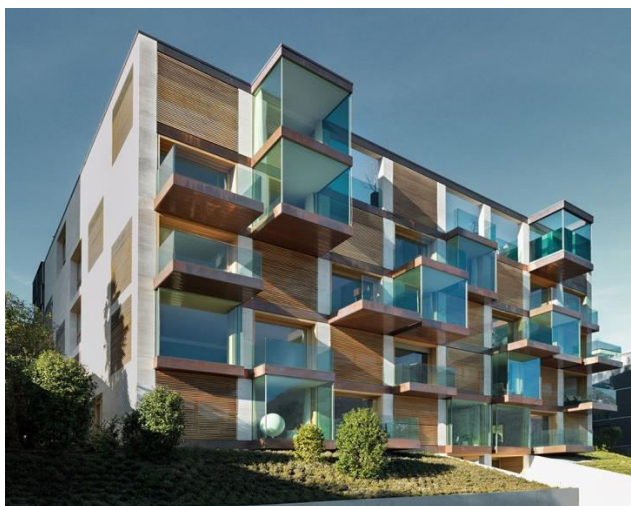
Слика 50. Монтирање панела на спољашње зидове и фасаде објекта 2 [44]

Једно од важнијих области примене фотонапонских модула, осим што се постиже енергетски ефикасна архитектура, побољшава се и сама естетика, односно дизајн у архитектури, који даје посебну карактеристику изгледу грађевина.



Слика 51. Приказ ФН система на надstreшницама [42]

Познато је да претварање сунчеве енергије у електричну енергију, путем фотонапонских система, не утиче ни на који начин негативно на животну средину. Енергија добијена од сунца је бесплатна, на чист и безбедан начин се конвертује у електричну енергију, а увелико се ради на исплативости уградње фотонапонских система. Такође, грађевинска индустрија усмерена је на активну примену оваквих одрживих извора енергије, односно материјала. Развој фотонапонских система резултирао је производњу панела различитих облика, транспарентности и боја, енергетских и осталих карактеристика које се могу применити у облагању објеката [45].



Слика 52. Објект са инсталираним соларним системом [45]

У земљама које су богате сунчаним данима, велику улогу на фасадама играју застори и брисолеји. Управо у те сврхе може се искористити фотонапонски систем, и истовремено се заштити од сунца и користити његову енергију. Фотонапонски модули користе се као елементи засене изнад прозора или као горњи део застакљене структуре. Системи засена могу бити мобилни, тако да се нагињу према сунцу и прате га, ради максималног искоришћења енергије.

Полу-транспарентни модули се могу користити као замена за многе архитектонске елементе који су направљени од стакла или сличних материјала. Фотонапонски модули од ламелираног стакла могу се користити и на прозорима, формирајући полу-транспарентну фасаду.

Ова транспарентност се постиже једном од следећих метода [40]:

- фотонапонске ћелије могу бити толико танке да је могуће видети кроз њих. Ово ствара филтриран поглед ка спољашњости,
- кристалне соларне ћелије су распоређене у ламелираном стаклу, тако да светлост делимично пролази између њих и осветљава просторију. Светлосни ефекти у овом случају доводе до узбудљивих шара од сенки које се стално мењају у простору.

Додавање слојева стакла на полу-транспарентни стаклени модул може да побољша топлотну и звучну изолацију. Такође се према индивидуалним потребама могу испунити и други специјални захтеви. Такви модули су заиста мултифункционалне компоненте зграда.



Слика 53. Објект са интегрисаним ФН системом различитих транспарентности, облика и боја [46]

4.1.3 СТАКЛЕНИ КРОВОВИ

Стаклени кровови су изузетно захвални за уградњу фотонапонских система. Конструкције стаклених кровова су обично једно од најинтересантнијих места за примену фотонапонских система. Они пружају дифузију светла у згради, док обезбеђују ненаметљиву површину за инсталацију фотонапонских модула у ламелираном стаклу. Модули и начин примене су слични онима који се користе за полу-транспарентне фасаде. Структура која спектакуларно изгледа споља, унутра производи фасцинантне светлосне холове и ходнике и пружа стимулативан архитектонски доживљај светлости и сенке.

Могућ је одабир стакала транспарентности од 10%, 20% или 30%. Као и код стандардних стаклених кровова, архитектура објекта може бити спектакуларна, у зависности од примењених система који носе систем панела. Такође, употреба фотоволтаичних стакала обезбеђује и заштиту од свог штетног зрачења сунца [40].



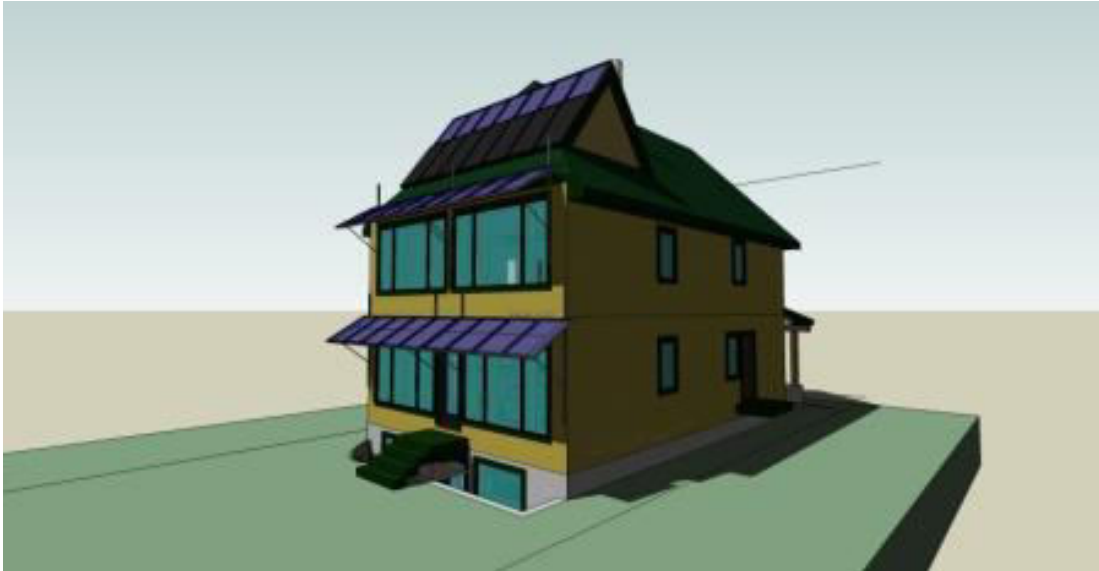
Слика 54. Стаклени кров [47]

4.1.4 ЗАСЕНЧЕЊА

Употреба великих стаклених површина и зид завеса у архитектури довела је до растуће потребе за пажљиво дизајнираним засенчењима. Фотонапонски модули разних облика се могу користити као елементи засене изнад прозора или као горњи део застакљене структуре. Пошто многе зграде већ имају неку врсту структуре за засену прозора, употреба фотонапонских модула на њима не представља проблем. Експлоатација ефеката синергије смањује укупне трошкове такве инсталације и пружа већу вредност како модулима, тако и згради и њеном систему засенчења. Фотонапонски систем засене може

такође да буде мобилан, тако да се нагиње према сунцу за максимално искоришћавање енергије, док у ентеријеру ствара различит ниво засене.

На Сликама 55 и 56 су дати још неки примери интеграције ФН система у омотач зграде.



Слика 55. [48]



Слика 56. [49]

4.2 СОЛАРНИ КОЛЕКТОРИ ИНТЕГРИСАНИ У ОМОТАЧ ЗГРАДЕ

Соларни колектори имају све већу примену у новоградњи. Естетски је прихватљив како на кровној површини, тако и на фасади објекта. Постоје бројни фактори који утичу на добро искоришћавање система, међу којима је свакако најважнији максимална изложеност сунчевим зрацима. Због тога је битно да се колектори поставе што ближе потрошачу, како би се избегли топлотни губици, који настају приликом транспорта течности кроз цеви.



Слика 57. Фасадни колектори на згради [50]

Соларни колектори, интегрисани на фасадама објеката, генеришу топлотну енергију на високом нивоу и обезбеђују чак полупровидну светлост и заштиту од сунца у унутрашњем простору, без нарушавања осталих карактеристика. Систем је нарочито погодан за канцеларије и веома је функционалан у објектима са великим бројем прозора. На овај начин се постиже и унапређује архитектонски дизајн објекта.



Слика 58. [51]

Соларни колектори, интегрисани на фасади објекта, обезбеђују температуре преко 80°C током целе године и користе се за грејање, хлађење и добијање топле воде. Апсорбер унутар колектора омогућава загревање просторија, чак и код температура испод нуле, а ваздух, који је у овом случају медијум, је свеж спољашњи ваздух.

На Слици 59 представљен је полутранспарентни соларни колектор, који је интегрисан у омотач зграде. На тај начин се обезбеђује сигурно снабдевање топлотном енергијом, што доприноси повећању енергетске ефикасности саме зграде.



Слика 59. Полутранспарентни колектори уграђени у двоструки омотач зграде

Идеално је решење за викендице и сл., јер овим системом се и у хладном периоду остварује пријатан и предгрејан амбијент, објекат се ослобађа од потенцијалне појаве влаге и устајалог ваздуха. Такође, доприноси заштити од замрзавања водоводних инсталација.



Слика 60. Хотел са соларном оградом [50]

5. ЕНЕРГЕТСКА ЕФИКАСНОСТ ГРАЂЕВИНСКИХ ОБЈЕКТА И ЊИХОВА СОЛАРНА АРХИТЕКТУРА

Однос човека према околини пре индустријске и технолошке револуције и њеног даљег просперитета био је усмерен прилагођавању човека природи и животу у хармонији са њом. Међутим, последице пост индустријског развоја, са немилосрдним исцрпљивањем природних ресурса, као и неодговарајућег начина градње објеката, допринеле су алармантном епилогу. У великој мери нарушено је и загађено природно окружење и доводи се чак у питање и опстанак човека на Земљи. Данас је извесно да човек, уз помоћ технике, може само у периоду од неколико векова, деградирати и поништити процесе који су се одвијали у природи од њеног постанка па све до данас. Дакле, може се рећи да, имајући сазнање о величини проблема који нас сада већ окружује, човечанство се управо налази на енергетској прекретници. Свет мора да престане нерационално да користи енергију из исцрпљивих горива и да почне да се ослања на обновљиве и чисте изворе и да рационално производи и троши енергију у свим доменима. Једино тако се може обезбедити сигурност и безбедније снабдевање енергијом у будућности.

Европа данас увози 60% енергије. Како би се спречила даља динамика раста, нужно је променити стратешке смернице и регулативе енергетске политике у смеру енергетски одрживог развоја и енергетске независности. Европа је због тога усмерила своју енергетску политику у смеру технологија које се базирају на енергетском искоришћавању обновљивих извора енергије. Да би остварила те циљеве, Европа је путем различитих приступних фондова и програма омогућила земљама чланицама ЕУ, као и земљама које су потписале меморандуме о заједничкој енергетској политици и сарадњи, значајна финансијска средства за пројекте из подручја енергетике и енергетске ефикасности [52].

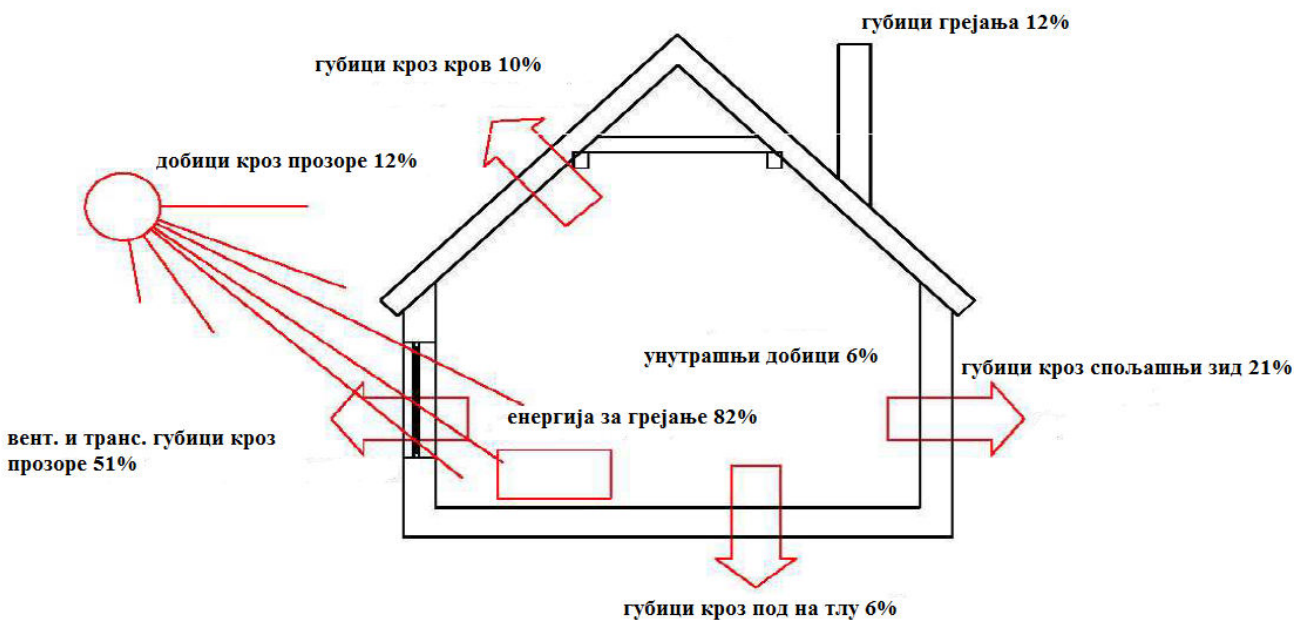
Више од 80% зграда у Србији нема одговарајућу топлотну заштиту, као ни одговарајући систем грејања и хлађења. Енергетска ефикасност покрива изразито широко подручје, од грађевинарства и саобраћаја до дистрибуције енергије, односно од домаћинства до јавних зграда и индустрије. Како је то подручје изразито комплексно и захтевно, битно је установити правилну стратегију мера енергетске ефикасности и превазићи одговарајуће препреке које се могу јавити током имплементације пројекта. Једна од основних баријера имплементацији мера енергетске ефикасности и коришћења обновљивих извора енергије је неинформисаност, незнање и недовољно изражена свест о потреби заштите животне средине у којој живимо [52].

Енергетска ефикасност у зградарству утиче на смањење потрошње свих облика енергије, угоднији и квалитетнији боравак у згради, уз дужи животни век зграде, што доприноси заштити околине и смањењу емисије штетних гасова у атмосферу. Највећа је корист у смањењу рачуна за грејање, хлађење и електричну енергију. Цене енергије и енергената ће, због глобалних и локалних разлога, у идућем периоду и даље расти, што ће утицати на пораст трошкова живота и становања. Због тога је потребно добро познавати властиту енергетику, у смислу техничких могућности и трошкова и бити у стању њоме управљати. Савремена архитектура и градња данас укључује мере енергетске ефикасности и разматра могућности употребе обновљивих извора енергије у зградама [52].

5.1 АКТИВНО СОЛАРНО ГРЕЈАЊЕ

Соларна архитектура је заснована на идеји окретања, повратка природи и тражења правог склада са њом и њеним законитостима. Соларна архитектура примењује сунчеву енергију у функционисању самог објекта и еколошки и економски је подржана и оправдана. Сама идеја о соларној архитектури почела је да се развија средином прошлог века у Сједињеним Америчким Државама, а снажну експанзију, са најквалитетнијим резултатима, доживела је на европском тлу. Циљ оваквог грађења јесте да се обезбеди максимална апсорпција сунчеве енергије, чак и у најхладнијим временским периодима. Тежи се да се таква врста енергије користи, трансформише и акумулира, примарни принципи су да се њено расипање и губици сведу на најмању могућу меру. Сходно томе, соларном архитектуром се постиже [52]:

- финансијска уштеда са смањеним рачунима за грејање, хлађење и електричну енергију,
- угодније и квалитетније становање, што подразумева дужи животног века зграде,
- допринос у заштити околине и смањењу емисије CO_2 и осталих штетних гасова, као и редукација климатских промена на глобалном нивоу.



Слика 61. Ефикасност градње соларних колектора [52]

На то колико ће ФН панели произвести електричне енергије највећи утицај имају временски услови. Тропске климе су идеалне за ФН панеле, и они ће производити више електричне енергије када су изложени директном сунчевом зрачењу, него када је облачно време. Соларни панели се међутим могу користити у свим климатским зонама, а наша клима је једна од погоднијих за уградњу соларних панела. Дакле, соларним панелима је потребно директно сунчево зрачење, што су више изложени директном сунчевом зрачењу више електричне енергије ће произвести.

Друга битна ствар при одређивању колико ће ФН панели произвести електричне енергије је дужина дана. Лети је дан знатно дужи него зими. Ово је заправо главни разлог због чега соларни панели зими производе мање електричне енергије него лети, иако је честа заблуда да је то због топлоте. ФН панели не раде на топлоту, већ искључиво на сунчево зрачење.

5.2 ПАСИВНО СОЛАРНО ГРЕЈАЊЕ

Под појмом пасивно соларно грејање подразумевају се технологије за искоришћење сунчевог зрачења у циљу загревања објекта. Пасивно соларно грејање је један од елемената тзв. пасивног соларног дизајна, који се базира на употреби сунчеве енергије за производњу других облика енергије или транспорт топлотне енергије, путем природне конвекције, кондукције или зрачења. За разлику од активног соларног дизајна, ова технологија не захтева додатне уређаје, не изискује нарочито велике трошкове и најчешће је исплативост инвестиција у периоду од неколико година [53].



Слика 62. Пасивни соларни дизајн [53]

Пасивни системи у архитектури се односе на објекте који су грађени тако да сами делују уједно као сунчев (енергетски) колектор. Пасивно коришћење сунчеве енергије основни је и најјефтинији начин коришћења чисте енергије из околине. Овакви системи за своје функционисање не користе скупе технологије, већ се самим својим обликовањем, својом архитектуром прилагођавају максималном коришћењу сунчеве енергије. За разлику од пасивног система, где је кућа сам систем, код активних соларних објеката технологија прикупљања, усмеравања и трансформације је примарни принцип пројектовања, извођења и коришћења, самог функционисања објекта [53].

Основно правило формирања пасивне сунчеве архитектуре се базира на томе да објекти овог типа најчешће имају форму правоугаоника, што и не мора бити правило. Да би се максимално искористио утицај сунца дужа страница, односно већа површина објекта би

требала бити постављена дуж осе исток-запад, како би цела, дужа страна грађевине, максимално користила изложеност сунченом деловању које долази с југа, односно севера, ако се кућа налази на јужној хемисфери планете.



Слика 63. Соларна пасивна кућа [54]

Други важан елемент су исправна величина и положај прозора и стаклених површина на кући, како би се остварио максималан соларни учинак, добитак енергије током зимског дана и да би се спречио превелики губитак топлоте за време ноћи и облачних дана, до којег могу довести неправилно постављени и димензионисани отвори - прозори и врата. Пасивна соларна кућа, захваљујући своме дизајну, оријентацији у односу на сунце и материјалима коришћеним у изградњи, делимично или у потпуности задовољава потребе за грејањем зими, док остаје хладна лети. По правилу се на јужну страну постављају највећи прозори, док се на преостале три стране постављају мањи прозори, како би се обезбедио продор дневног светла у целој кући.



Слика 64. Соларна надстрешница [55]

Код пасивних кућа користе се све погодности, тако да пасивни добици од сунчеве енергије која пролази кроз стакло димензионисано да обезбеди довољно дневног светла, покривају око 40% топлотних губитака куће. Да би се то достигло, савремени прозори за пасивне куће имају нискоемисионо трослојно стакло и суперизоловане рамове. Такви прозори захватају више топлоте од сунца, него што се кроз њих губи. Добитак је већи уколико су главне стаклене површине оријентисане ка југу и нису у сенци.

Да би се и током летњих месеци постигла угодна температура, потребно је спречити превелики продор сунчевог зрачења кроз стаклене површине на јужној страни. Зато је потребно искористити чињеницу да је сунце током летњих месеци високо изнад хоризонта, па је за блокирање продора сунчевог зрачења потребно пажљиво одабрати одговарајућу дужину надстрешнице која блокира сунчево зрачење. Како је сунце током зимских месеци ниско над хоризонтом, правилно димензионисана надстрешница неће онемогућити улазак сунца у кућу. За блокирање сувишног сунчевог зрачења могу се користити и додатне сенке, жалужине, активне форме фасада, правилно одабрано и постављено зеленило и слично.

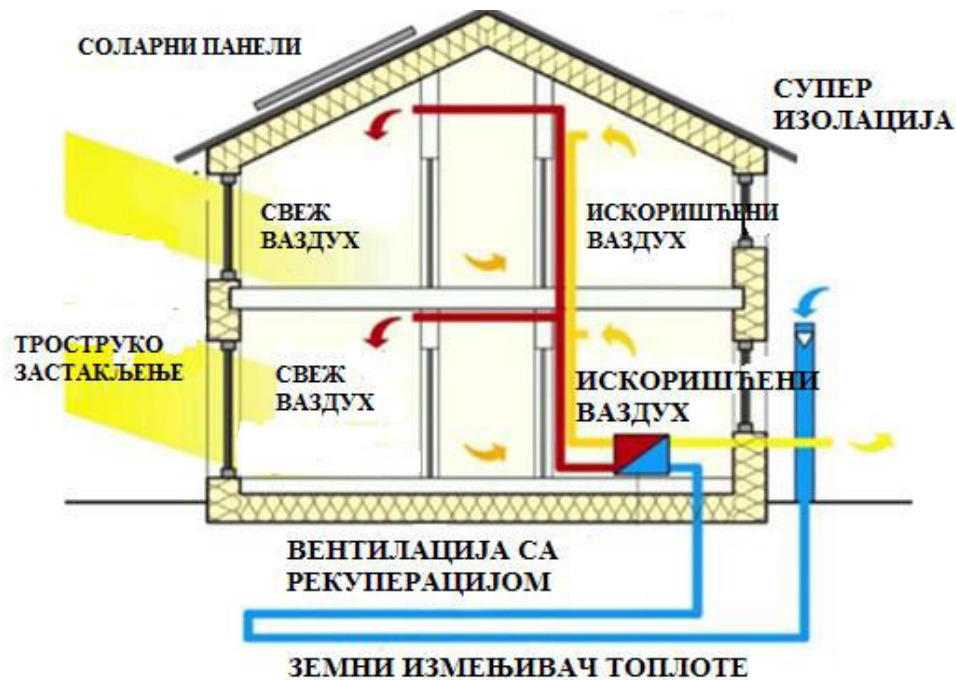


Слика 65. Структура пасивне градње

Следећи важан елемент пасивне соларне куће је акумулациона топлотна маса, односно преградни зидови или подови од материјала са високим топлотним капацитетом, као што су бетонски, циглени или камени зидови, па чак и водени резервоари. Њихов задатак је акумулација топлоте током сунчаних зимских дана, и исту ту топлоту ослобађати и преносити током ноћи, односно током облачних зимских дана. Током летњих месеци ови системи помажу и одржавају хлађење простора спроводећи и преузимајући на себе топлоту.

Без обзира о којој врсти градње је реч, најважнији елемент сигурно ће бити изолација. Без пажљиво пројектоване и квалитетно изведене спољне овојнице, сва топлота из унутрашњости једноставно ће се и брзо пренети у околину. Само добро одабрана и

испројектована изолација ће успешно онемогућити брзо одвођење топлоте и омогућити угодну температуру дуго након што сунце зађе.



Слика 66. Основни принципи пасивне куће

Пасивно соларно грејање не мора бити довољно за грејање читавог објекта, али може смањити трошкове додатног загревања објекта и тако смањити употребу необновљивих горива, најчешће фосилног порекла. Процене у уштеди енергије за грејање зими се крећу од 20-50% .



Слика 67. Приказ објекта са пасивним системом грејања

5.2.1 ПРИМЕР ПАСИВНЕ СОЛАРНЕ ЗГРАДЕ

Архитекта Richard Hawkes је осмислио соларну пасивну кућу налазећи инспирацију у луковима средњовековних грађевина. У исто време, демонстрирао је како се локални материјали и занати могу примењивати у производњи високо одрживих и енергетски ефикасних зграда. Ова пасивна соларна кућа је прва у Великој Британији која је добила PassivHaus сертификат због изузетне уштеде енергије.



Слика 68. Прва соларна пасивна кућа у Великој Британији [56]



Слика 69. Пасивна соларна кућа са специфичним кровом у облику лука

Оно по чему је ова кућа карактеристична је кров у облику лука, дужине 20 m и танак само 120 mm. Изграђен је од ручно направљених плочица од локалне глине. Око 26 000 глинених плочица природно регулишу влажност ваздуха, и цео кров се понаша као огромна термална маса, која регулише температуру унутар куће. Такође, на њега је додато

20 тона шљунка, 40 тона земље и посађена је вегетација због још боље термичке изолације. Иако је потрошено позамашних 85 000 фунти за кров, добијена је кућа јединственог дизајна [56].

За супер изолацију, дебљине 30 см, употребљено је 10 тона рециклираних новина, 30 тона измрвљених флаша, конопља и вуна, а на бетонске подове, унутар куће, нанешена је мешавина измрвљених флаша и смоле, која је касније исполирана.

На прозоре са троструким застакљењем је потрошено 43 000 фунти. Поред тога што су ови прозори изузетно скупи, представљају још једну предност у изолацији, и између другог и трећег стакла се налазе ролетне, које се у току топлих летњих дана спуштају, чиме се спречава прегревање куће [56].



Слика 70. Прозори са троструким застакљењем и ролетнама

Да би се обезбедио стално свеж ваздух инсталиран је вентилациони систем, који из топлог ваздуха унутар куће извлачи устајали ваздух и замењује га свежим. За производњу електричне енергије користе се соларни панели, повезани на електро - дистрибутивну мрежу, а за грејање воде котао на биомасу снаге 11 kW. Систем за пречишћавање отпада и сакупљање кишнице су још неке од предности ове куће [56].

За изградњу прве PassivHaus куће у Великој Британији потрошено је укупно 445 000 фунти. У њој никада није хладно, јер температура ни у најхладнијим зимским данима не пада испод 16°C, а релативна влажност ваздуха се регулише на 51%.

Због значајне енергетске уштеде и продаје вишка електричне енергије, генерисане соларним панелима на електро - дистрибутивној мрежи, ова кућа уместо рачуна на крају године заради око 1 800 фунти [56].

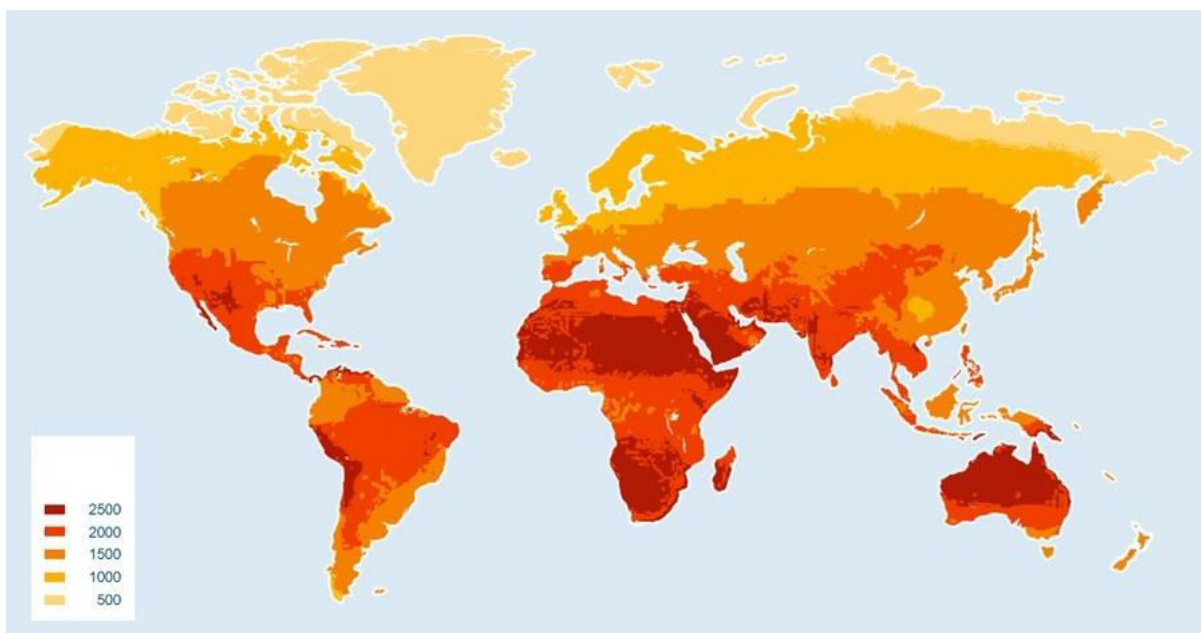
6. МОГУЋНОСТ ПРИМЕНЕ СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ И ИСПЛАТИВОСТ УГРАДЊЕ СОЛАРНИХ СИСТЕМА

Сунчева светлост представља извор енергије који је заслужан за повољне климатске услове и постојање екосистема на нашој планети. Већина енергије која је доступна на Земљи долази нам од Сунца, а чак и енергија коју црпимо из ветра, воде, биомасе и свих фосилних горива заправо потиче из овог извора. Одговарајућом технологијом можемо искористити овај бесплатан, еколошки и вечан извор енергије.

Соларна технологија већ се користи за унапређење животног стандарда. Она пре свега представља логичан избор у објектима на удаљеним подручјима, где је могућност прикључења на електродистрибутивну мрежу отежана или уопште не постоји, али то није једини разлог њене примене.

6.1 ЕНЕРГЕТСКИ ПОТЕНЦИЈАЛ СУНЧЕВОГ ЗРАЧЕЊА У СВЕТУ

Снага Сунчевог зрачења на површини Земље зависи од више фактора, између осталог од: географске ширине, облачности, годишњег доба, доба дана и др.. Уколико су соларни системи постављени на погодним локацијама, као што су локације у Шпанији, на Малти, на југу Италије и Турске итд., онда могу произвести двоструко више електричне енергије него у земљама на северу Европе (Шкотска, Скандинавске земље, Русија итд.).

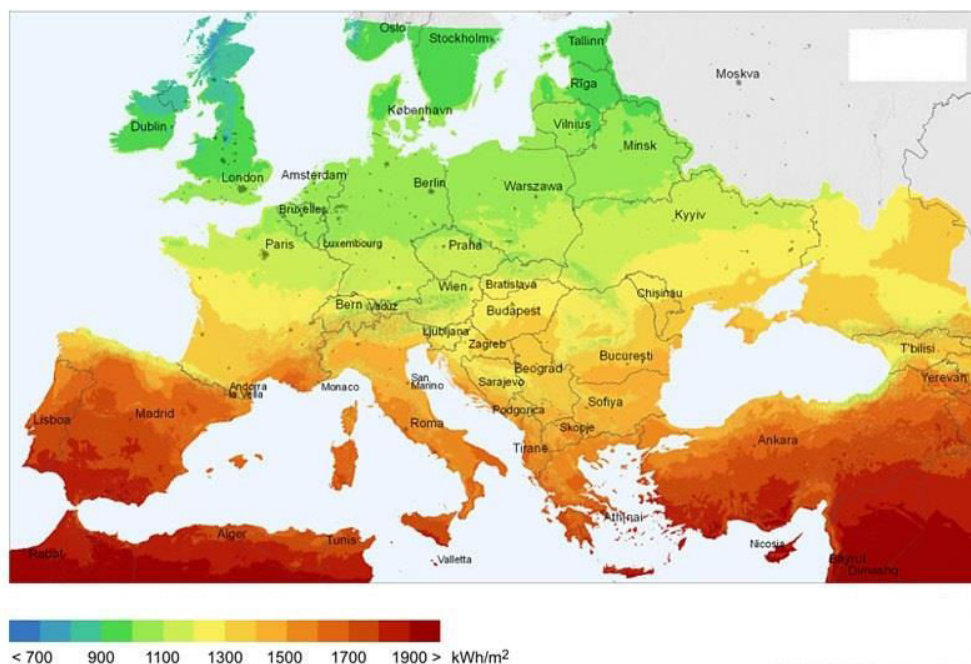


Слика 71. Енергија Сунчевог зрачења на годишњем нивоу на Земљи [57]

Када се Србија упореди са осталим земљама Европе може се уочити да је прилично богата енергијом Сунца. Примера ради, Немачка има просечно само 1050 kWh/m² енергије Сунца годишње, што је 38% мање него Србија. У Европи су Грчка, Турска, Италија, Шпанија богате енергијом Сунца, са више од 1600 kWh/m² годишње. Зато су ове земље

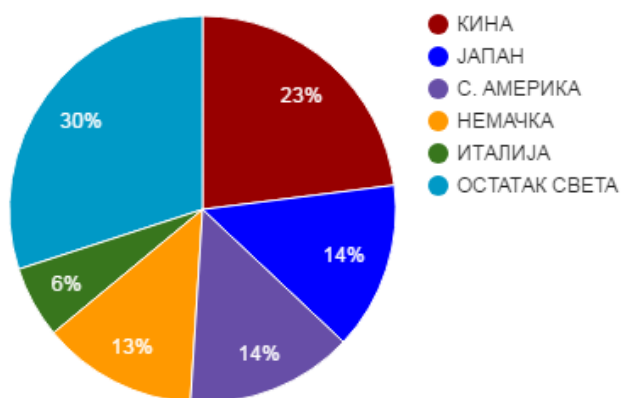
инсталирале велики број соларних колектора за припрему топле воде. Ови уређаји се исплате за 5 до 9 година у туристичким местима јужне Европе, где је потрошња топле воде (око 40°C) велика у летњим месецима, и то више од 60 l по становнику на дан [58].

Чак и Немачка, са 1050 kWh/m² годишње, има велики број фирми које производе соларне колекторе и ФН модуле. Осим тога, Немачка је показала да и на њиховој географској ширини модерни колектори могу извући од 500 до 600 kWh/m² топлотне енергије годишње.

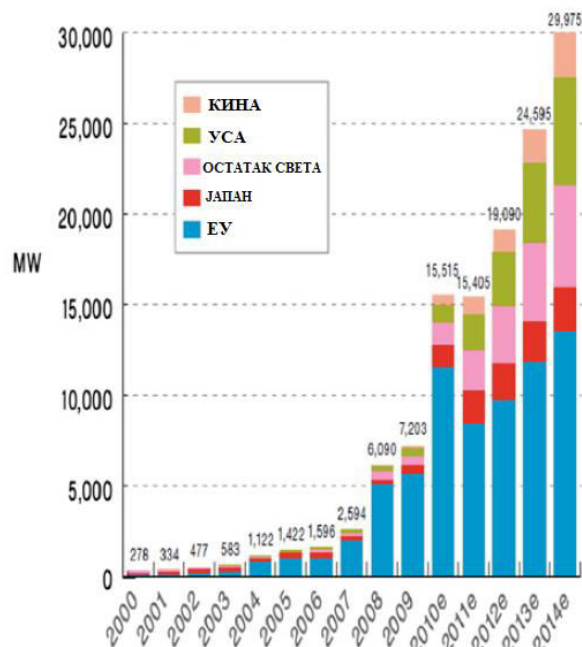


Слика 72. Годишња количина енергије Сунчевог зрачења на хоризонталној површини у Европи [57]

Фотонапонски модули су мање ефикасни, са годишњом продукцијом у Немачкој од око 120 kWh/m². И поред тога, Немачка је друга земља у свету са 1500 MW инсталисаних ФН модула (стање из 2008. године), са непознатим роком исплативости. Почетком 2009. године у свету је укупно инсталисано око 14,8 GW у ФН модулима (у европским земљама око 81%) [59].

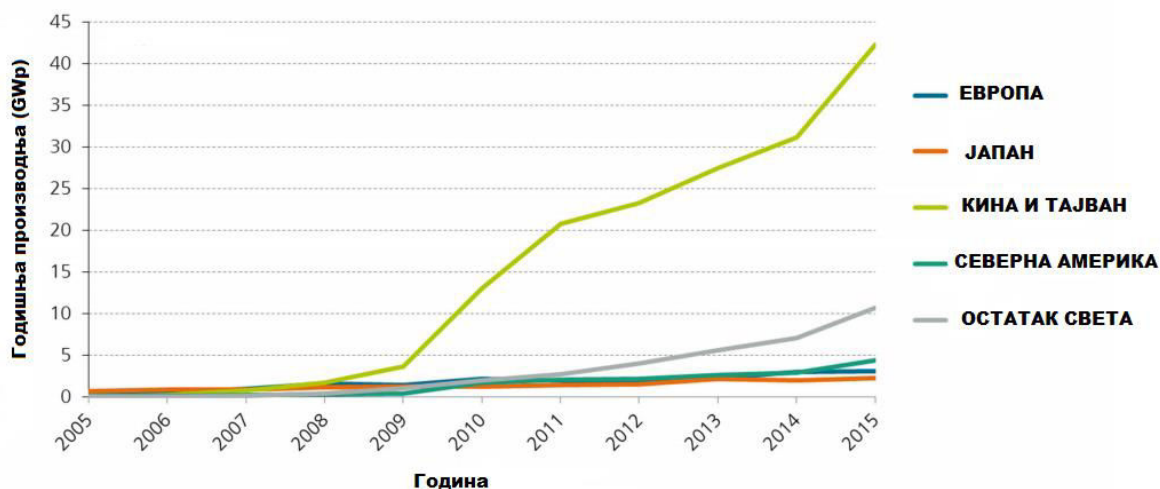


Слика 73. Глобална кумулативна инсталација ФН система у 2016-ој години [60]



Слика 74. Укупна производња ФН система за период (2000-2014)

Шпанија је прва земља у свету када је у питању инсталисана снага ФН модула (око 2510 MW), следе САД (342 MW), Јужна Кореја (274 MW), Италија (258 MW), Јапан (230 MW) итд.. Данашњи модерни ФН модули на добрим локацијама могу произвести бар 160 kWh/m² годишње електричне енергије. То су локације близу екватора, где је просечна снага Сунчеве радијације 250 W/m² или више око 2200 kWh/m². Земље ЕУ генерално посвећују велику пажњу соларној енергији. Само Немачка улаже годишње око 5 милијарди евра, у циљу што брже примене енергије Сунца. На бројним конгресима и сајмовима приказују се практични примери соларних колектора и ФН модула за коришћење енергије Сунца. Искуства Немачке, Аустрије, Шпаније и других земаља могу користити у развоју стратегије коришћења енергије Сунца, узимајући у обзир да је осунчаност Србије јако добра [61].

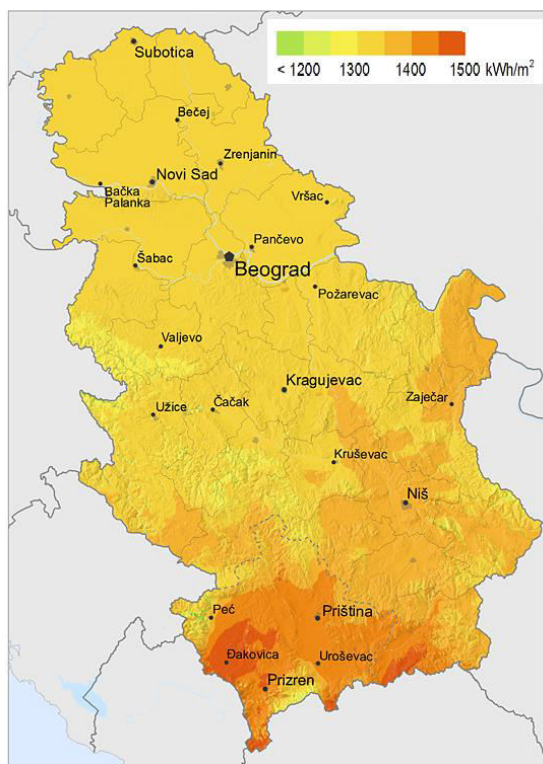


Слика 75. Годишња производња ФН система (2005-2015)

6.2 ПОТЕНЦИЈАЛ ИСКОРИШЋЕЊА СОЛАРНИХ СИСТЕМА У СРБИЈИ

У Србији се соларна енергија углавном користи за генерисање топлотне енергије, где је врло исплатива. Зато су соларни колектори постали релативно популарни у домаћинствима за грејање воде. Коришћење Сунчеве енергије за добијање електричне енергије и употреба фотонапонских модула је симболична, иако за то постоје сви услови. Број сунчаних сати у Србији је, према подацима Министарства енергетике Србије, већи од 2000 h. То је већа вредност него у већини европских земаља, али је соларни потенцијал сасвим неискоришћен. Интензивније свеобухватно коришћење соларне енергије зависиће од развоја и спровођења националног програма обновљивих извора енергије [62].

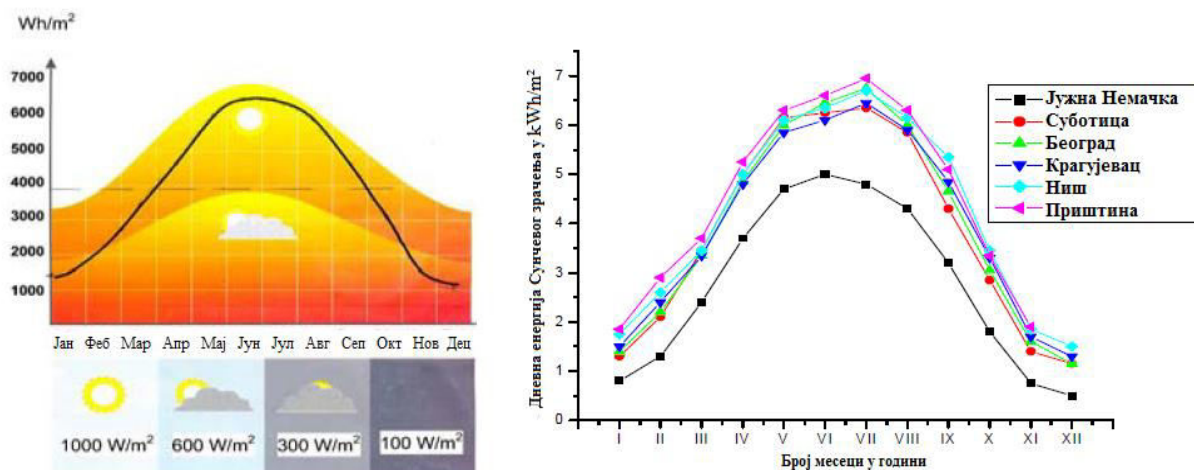
Потенцијал Сунчеве енергије представља 16,7% од укупно искористивог потенцијала ОИЕ у Србији. На већини територије Србије број сунчаних дана је знатно већи него у многим европским земљама. Енергетски потенцијал сунчевог зрачења је за око 30% виши у Србији него у Средњој Европи и интензитет сунчеве радијације је међу највећим у Европи. У циљу поређења, просечна вредност глобалног зрачења за територију Немачке износи око 1000 kWh/m², док је за Србију та вредност око 1400 kWh/m² [63].



Слика 76. Годишње Сунчево зрачење на територији Републике Србије [63]

Број часова сунчевог зрачења на територији Србије износи између 1500 и 2200 часова годишње. Просечан интензитет сунчевог зрачења током јануара износи 1,1 kWh/m²/дан на северу до 1,7 kWh/m²/дан на југу, а током јула од 5,9 до 6,6 kWh/m²/дан. Највећи потенцијал за коришћење соларне енергије имају градови у јужном и југоисточном делу Србије – Ниш, Куршумлија, Врање [63].

Највећи годишњи приход енергије се добија ако је површина оријентисана према југу и има нагиб од 35 степени. Процена укупног потенцијала за уштеду у Србији има 2,65 милиона стамбених јединица. Ако би се на сваку стамбену јединицу поставило по 4 соларних колектора, годишње би се уштедело око 7 420 GWh електричне енергије чија је вредност око 370 милиона евра [63].



Слика 77. а) Потенцијал сунчевог зрачења у Републици Србији током године, б) Осунчаност градова у Републици Србији у односу на Јужну Немачку [62]

Искоришћавањем укупног потенцијала соларне енергије за загревање воде смањила би се и емисија CO_2 за 6,5 милиона тона годишње. Незванични подаци говоре да се у Србији годишње угради 15 000 соларних колектора, што је према општој процени мало.

ПРИМЕР ТРОШКОВА УГРАДЊЕ СОЛАРНИХ КОЛЕКТОРА ЗА ЗАГРЕВАЊЕ САНИТАРНЕ ВОДЕ - за домаћинство са 4 члана породице [64]:

- у просеку је потребно око 4 m^2 соларних колектора и бојлер запремине 200 l,
- цена система за загревање воде у домаћинству помоћу сунчеве енергије креће се од 1 900 до 2 500 евра, у зависности од квалитета,
- уградњом система за загревање воде четворочлано домаћинство би годишње уштедело око 2 400 kWh електричне енергије,
- вредност ове уштеде је 120 евра годишње.

У току 21-ог века, Србија ће морати да примени мудру енергетску стратегију која ће обухватити неколико иновативних мера ефикасног коришћења енергије, брз пораст коришћења обновљивих енергетских капацитета и коришћење фосилних горива, уз придржавање и поштовање високих еколошких норми, у циљу очувања природне средине.

У овом тренутку је за Србију оправданије подстицати коришћење енергије сунчевог зрачења за производњу топлотне и електричне енергије у домену домаћинства, индустрије и неких грана пољопривреде због мањих инвестиционих улагања. Таква политика би, између осталог, била корисна и због развоја домаће економије, као и запошљавања становништва у области чистих енергија. Међутим, дугорочно гледано, будућност

претварања сунчевог зрачења је у ФН технологији и њеној интеграцији са осталим гранама технологије, што је и у складу са ставовима, плановима, али и тренутним стањем у Европској унији и осталим економски водећим земљама света.

6.3 ОСНОВНИ РАЗЛОЗИ КОРИШЋЕЊА СОЛАРНЕ ЕНЕРГИЈЕ

Зашто да?

- соларни панели не загађују животну средину. Једино загађење које се јавља резултат је процеса производње соларних панела у фабрикама, приликом транспорта и инсталације истих,
- производња енергије употребом соларних ћелија је процес који је веома тих,
- једна од великих предности соларне енергије је способност производње помоћу панела на удаљеним местима, где не постоји могућност прикључења на мрежу. (Пример овога је производња енергије у свемиру, где се сателити напајају употребом веома ефикасних соларних ћелија),
- инсталација соларних панела на удаљеним локацијама је много повољније са становишта уштеде новца, него захтеви да се инсталирају високонапонски водови електричне енергије,
- нове технологије омогућавају ефикасну употребу соларних панела, чак и када је облачно или нема довољно директне светлости,
- соларни панели могу бити монтирани на крововима многих кућа, што елиминише проблем налажења простора и улагање у нове инсталације,
- још једна изванредна особина соларне енергије је њена цена. Иако су иницијални трошкови високи, једном када се соларни панели инсталирају они обезбеђују бесплатну енергију која ће исплатити почетне трошкове током година коришћења,
- коришћење соларне енергије омогућава независност од светских залиха и резерви фосилних горива.

Зашто не?

- главна мана су почетни трошкови. Цене веома ефикасних панела за сакупљање соларне енергије могу бити преко 1000 евра, а многа домаћинства употребљавају више од једног панела. Ово чини да почетна улагања буду значајан и незанемарљив фактор приликом разматрања употребе,
- генерисање електричне енергије из соларне је могуће само преко дана, када има сунчеве светлости. То значи да у току 24 сата, 12 сати соларни панели не могу да производе енергију,
- временски услови могу да утичу на количину произведене енергије,
- загађење може да утиче на рад соларних панела, јер се њихова ефикасност смањује са повећањем загађености ваздуха.

7. ЗАКЉУЧАК

Будућност је окренута према обновљивим изворима, а Сунце је управо један од обновљивих извора који може да пружи човеку велику енергетску корист, а његово коришћење штити околину и смањује количину CO₂ у атмосфери. Важност Сунца, као обновљивог извора енергије, схватио је мали број земаља и већином се ради о европским земљама. Сунце се, као обновљиви извор енергије, може примењивати у доста аспеката, и управо је то још један од разлога зашто користити сунчево зрачење.

Недавни пораст производње ФН ћелија уз смањење њихове цене, отворио је велики број нових тржишта уз велики број различитих примена. Примене као што су осветљавање, телекомуникације, расхладни системи, пумпање воде, као и обезбеђивање електричне енергије за читава насеља (нарочито у удаљенима областима, показале су се као конкурентне и профитабилне у односу на већ постојеће технологије. Уз то, појавила се релативно нова примена ових система са невероватно великим потенцијалом - ФН системи који замењују фасадне и кровне грађевинске елементе објекта.

Инвестирање у побољшање перформанси омотача објеката, нарочито код новоизграђених објеката, обезбедиће већу енергетску ефикасност и економску уштеду, тиме што ће смањити трошкове везане за грејање и хлађење. Посебну пажњу треба посветити прозорима, који представљају најслабију карику у омотачу зграде, јер је потребно уграђивати прозоре са добром изолацијом, а у даљој будућности радити на развоју прозора са бољим перформансама, као што су „паметни“ прозори. Код осталих елемената омотача зграде треба наставити са развојем бољих и напреднијих изолационих материјала, који ће додатно смањивати трошкове.

Када се говори о технологијама грејања и хлађења, главни кораци даљег развоја и унапређења система огледају се у употреби соларних термалних технологија. Главни циљ, као и намера, јесте да се интеграција соларних система у омотач зграде још више успостави, са тежњом да се постигне одговарајући и задовољавајући ниво примене, какав се и очекује, у даљој будућности.

Са аспекта развоја и употребе пасивног соларног система доказано је да се Тромбов зид, уз разумна финансијска средства, може уградити при реконструкцији постојећих, али и изградњи нових зграда. За осредње изоловани објекат од 100 m² Тромбов зид може да уштеди и до 30% топлотне енергије.

Соларни потенцијал у Србији је јако мало искоришћен. Соларна енергија се углавном користи за стварање топлотне енергије у соларним колекторима за грејање воде. Коришћење Сунчеве енергије за добијање електричне енергије и употреба фотонапонских модула је минимална, иако за то постоје сви услови. Интензивније свеобухватно коришћење соларне енергије зависиће од развоја и спровођења националног програма обновљивих извора енергије.

8. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Лукић Н., Бабић М.: Соларна енергија, Машински факултет, Крагујевац 2008.
- [2] <http://www.bogatic.rs/ler/cms/download/studija-solarna-energija-1.pdf>
- [3] <http://www.solarnipaneli.org/2010/09/solarna-konstanta/>
- [4] <http://www.slideshare.net/enchi88/zagadjivanje-vazduha-33945778>
- [5] <https://svefefizika.wordpress.com/2014/07/>
- [6] Б. Тодоровић: Климатизација, Савез машинских и електротехничких инжењера и техничара Србије, Београд, 1998.
- [7] https://www.schrack.rs/fileadmin/f/rs/pictures/company-contact/events/Info_dani_Podgorica_-_CRNA_GORA_2012/Prezentacije/Fotonaponski_sistemi.pdf
- [8] <http://www.solarnipaneli.org/solarni-paneli-2/>
- [9] Павловић Т., Милосављевић Д., Мирјанић Д.: Обновљиви извори енергије, Одјељење природно-математичких и техничких наука, Бања Лука 2013.
- [10] https://sr.wikipedia.org/wiki/Solarna_%C4%87elija#/media/File:Solar_cell.png
- [11] Др Петар Кулишић, др Јадранка Вулетин, др Иван Зулим, Сунчане ћелије, Школска књига, Загреб, 1994.
- [12] Зденко Шимић: „Енергија Сунца“, Факултет електротехнике и рачунарства, Загреб 2007.
- [13] <http://www.solarni-kolektori.co.rs/>
- [14] <http://www.solarni-kolektori.org/>
- [15] <http://ekologija.ba/userfiles/file/Solarni%20kolektori%20i%20fotonaponski%20sistemi.pdf>
- [16] <http://www.mre.gov.rs/doc/efikasnost-izvori/Thermo%20Solar%20Plants%20-%20Detailed%20Guide.pdf>
- [17] <https://www.parenasunce.com/hibridni-solarni-sistemi/>
- [18] http://www.proximalite.com/#page_2/
- [19] http://www.solarni-paneli.hr/pdf/01_handbook_fotonapon.pdf
- [20] <http://www.planeta.org.rs/51/07%20tehnologija.htm>
- [21] <http://www.goingsolar.com.au/what-we-do/solar-electricity-hybrid>
- [22] <http://www.zelenaenergija.org/clanak/hibridni-solarni-sustavi/3651>
- [23] http://www.irena-istra.hr/uploads/media/Fotonaponski_sustavi_01.pdf
- [24] <http://www.solarna-energija.rs/index.php/o-solarnim-sistemima/on-grid-solarni-sistemi>
- [25] <http://www.solarna-energija.rs/index.php/o-solarnim-sistemima/off-grid-solarni-sistemi>
- [26] www.rpkns.com/images/stories/ekologija/solarna-energija.doc
- [27] <https://saznajprimeniustedi.wordpress.com/>
- [28] <https://floridasolar.designgroup.com/solar-pool-heating/>
- [29] <https://www.bajeonline.net/solarno-zagrevanje-vode-za-bazen/>
- [30] <http://www.techno-solis.com/howitworks.html>
- [31] <http://grejanje.com/strana.php?pID=8>
- [32] <http://www.ebay.com/itm/XLong-Inground-Above-Ground-28-034-x20-039-Solar-Energy-Swimming-Pool-Sun-Heater-Panel-/330978497311>
- [33] <http://termingkula.rs/sr/terming/akumulator-tople-sanitarne-vode>
- [34] <https://www.pinterest.com/pin/499758889884937945/>
- [35] <http://ipa-solarenergy.net/izbor-solarnog-sistema/>

- [36] Кошки, Ж., Зорић, Г.: Акумулација Сунчеве енергије у обитељским пасивним кућама, Грађевински факултет, Осиек 2010.
- [37] Зрнић, С.; Тулум, Ж.: Грејање и климатизација, „Научна књига“ Београд, 1999.
- [38] <http://portal.sinteza.singidunum.ac.rs/Media/files/2015/218-223.pdf>
- [39] IEA SHC Task 41: Solar Energy and Architecture, Report T.41.A.1, Building integration of Solar Thermal and Photovoltaics: barriers, needs, strategies, available on: <http://task41.iea-shc.org/publications>
- [40] М. Пуцар, М. Ненковић-Ризнић, Н. Кажих: „Естетске и енергетске последице примене клима уређаја у зградама“, Архитектура и урбанизам, Институт за архитектуру и урбанизам Србије, Београд, 2009.
- [41] <http://rajugajjelli.blogspot.rs/>
- [42] <http://www.solarna-tehnologija.com.hr/sunceva-energija/montaza-solarnih-panela/>
- [43] <http://inhabitat.com/nyc/metropolitan-green-solar-panel-clad-building-brings-bright-pops-of-color-to-williamsburg/metropolitan-green-facade-cropped/>
- [44] https://www.lut.fi/web/en/news/-/asset_publisher/IGh4SAywhcPu/content/facade-installations-underway-for-lut-s-solar-power-plant
- [45] <http://www.prozorivrata.com/fasadno-staklo-buducnosti/>
- [46] <http://www.prozorivrata.com/kaleidoskopske-fasade-u-duginim-bojama/>
- [47] <http://www.archiexpo.com/prod/scheuten-solar/product-62617-1251599.html>
- [48] <http://greenedmonton.ca/mcnzh-solar-awning-part-01>
- [49] <https://mattgieseking.wordpress.com/2012/08/>
- [50] <http://www.gradnja.rs/solarni-sistemi-po-zahtevu-i-meri/>
- [51] <http://www.bine.info/en/topics/renewable-energy-sources/solar-heat/publikation/fassadenkollektoren-mit-durchblick/>
- [52] <http://www.energetska-efikasnost.ba/Publikacije/Vodic%20za%20energetski%20efikasnu%20gradnju.pdf>
- [53] <http://www.ekokuce.com/arhitektura/principi/pasivno-solarno-grejanje>
- [54] <https://www.youtube.com/watch?v=7e5xqynHd5k>
- [55] <http://www.conseko.rs/blog/>
- [56] <http://www.ekokuce.com/arhitektura/primeri/crossway-prva-passivhaus-kuca-u-velikoj-britaniji>
- [57] <http://www.greenrhinoenergy.com/solar/radiation/empiricalevidence.php>
- [58] A. K. Athienitis, M. Santamouris, Thermal Analysis and Design of Passive Solar Buildings, James and James, 2002
- [59] Tomas Markvart, Solar Electricity, Wiley, 2 edition, 2000
- [60] <http://www.solarpowerworldonline.com/2016/02/china-u-s-and-japan-to-lead-global-installed-pv-capacity-in-2016/>
- [61] Lj. Stamenić, G. W. Ingham, Solar Photovoltaic Revolution, Sunology International Inc., Vancouver, B.C., 1995., ISBN 0-9680062-0-5
- [62] И. Пензар, Максимална снага Сунчевог зрачења на подручју Југославије, Сунчева енергија, Хрватско друштво за Сунчеву енергију, Ријека 1979.
- [63] <https://www.energetskiportal.rs/obnovljivi-izvori-energije/energija-sunca/>
- [64] <http://solarnipotencijalsrb.blogspot.rs/>