

# Perspektive uporabe sončne energije v Sloveniji

## UVOD

Tehnološki razvoj nam vsakodnevno dokazuje, da praktično ni nerešljivih problemov glede rabe in pretvorbe sončne energije. Iz drugega zakona termodinamike, zakona o entropiji, sledi, da je posledica vsake pretvorbe energije ali snovi v drugo obliko nova količina emisij in odpadkov v socio-ekonomskem krogu. Na to mislimo, ko opredeljujemo kot cilj na primer bioklimatskega oblikovanja zgradb ne le nizkoenergijsko hišo, ampak hkrati tudi nizkoentropijsko hišo. Zakon o entropiji lahko smiselno uporabimo tudi na ekonomskem področju in s pomočjo njega ovržemo mnoge pomisleke glede ekonomske (ne)upravičenosti rabe obnovljivih virov energije, ki jih pogosto imenujemo kar s skupnim sinonimom sončna energija. Stalno naraščanje pretvorbe snovi (surovin) v energijo ne omogoča neomejene oziroma neskončne rasti produktivnosti in ekonomskega napredka. Povzroča pa vedno večje probleme z odpadki (slabost socio-ekonomskega proizvodno-potrošnega kroga v primerjavi z naravnim) in emisijami, torej ekološke probleme, ki ogrožajo naravno in umetno bivalno ter delovno okolje.

Velike centralizirane ekonomsko-energetske strukture, ki so se razvile v zadnjih petdesetih letih, vedno pogosteje kažejo svojo neprilagodljivost in majhno sposobnost odziva na spremembe in možnosti, ki jih ponuja tehnološki razvoj na področju novih virov energije. Kot eden pglavitnih razlogov za ohran-

janje obstoječega stanja se navajajo (negativne) posledice kakršnekoli preobrazbe teh struktur tudi na socialnem področju (izguba delovnih mest in podobno). Argumenti, ki trdno govorijo v prid predvidljivim pozitivnim učinkom rabe sončne energije na socialnem in ekonomskem področju, so v glavnem brez globljega razmisleka bolj ali manj dobrohotno zavrjeni.

Med najpomembnejšimi argumenti v prid tehnologijam sončne energije so gotovo tile: povezava ekonomije in znotraj nje energetike z ekologijo v dinamičnejši in učinkovitejši ekonomski sistem, sprememba oziroma zaustavitev procesa centralizacije ekonomskih (in političnih) struktur, razvoj novih proizvodnih in tržnih struktur, povečanje energetske neodvisnosti ter svež zagon in nova motivacija. Nove tehnologije, ki so bile vedno gonilna sila napredka, je potrebno uporabiti tudi za ponovno vzpostavitev pozitivnejšega odnosa do naravnega okolja. Ekonomske analize pa naj vključujejo tudi ekološke prednosti in učinke ter pri zgradbah tudi dodano vrednost v smislu izboljšane bivalnega ugodja. Konvencionalne ekonomske analize, ki te vidike zanemarjajo, nam dajo popačeno sliko dejanskega stanja.

Če obravnavamo te argumente še nekoliko podrobneje, s stališča lokalne oziroma komunalne rabe, lahko kot za vse druge obnovljive vire energije tudi za sončno energijo navedemo te potencialne prednosti decentralizirane "proizvodnje" in rabe: boljša dostopnost in lažja uporaba, višja učinkovitost z boljšo prilagoditvijo končni (upo)rabi, večja ekonomičnost zaradi manjše količine odpadkov in goriva, ki je praktično zastoj, boljša lokalna kontrola zaradi manjše kompleksnosti sistemov, možnost novih lokalnih delovnih mest, hitrejša lokalna rast in podobno. Seveda tudi teh potencialnih prednosti ne moremo posploševati. Z uporabo ustrezne metodologije načrtovanja in analize je potrebno dejanske možnosti preveriti za vsak primer posebej.

## SONCE IN SONČNA ENERGIJA

Sonce je Zemlji najbližja zvezda. Temperatura notranjosti Sonca je 10–15 milijonov °C, njegovega površja, fotosfere, pa približno 5700°C. Fotosfero obdaja razredčena, svetleča kromosfera. Sonce je sestavljeno večinoma iz dveh elementov, vodika (približno 4/5) in helija (približno 1/5). Fuzija vodikovih atomskih jeder v helijeva je vzrok za vzdrževanje temperature Sonca. Po približnih ocenah je bilo za ta proces doslej porabljenih manj kot 5 % celotne količine vodika.

Sončna energija prihaja na Zemljo v obliki elektromagnetnega valovanja. Približno 47 % te energije tvori svetloba, 46 %

infrardeče (IR) sevanje, 7 % pa ultravijolični (UV) žarki. Nad zemeljsko atmosfero priteka pravokotno na smer sončnih žarkov približno  $1,35 \text{ kW/m}^2$  sončnega sevanja. Ob prehodu skozi atmosfero pride do sipanja in absorpcije sevanja.

Zaradi obeh pojavov doseže površino Zemlje nekoliko oslabiljeno sevanje spremenjene spektralne sestave. To je direktna komponenta sončnega sevanja, ki nastopa ob jasnem vremenu. Energijski tok direktnega sevanja je odvisen od geografske širine, letnega in dnevnega položaja Sonca in čistosti ozračja. Zemeljsko površino pa doseže tudi indirektna komponenta, to je difuzno sevanje. Sestavljeno je iz pretežno kratkovalovnega sevanja, ki je posledica sipanja sončnega sevanja v ozračju, in dela sevanja, ki ga tvorijo sončni žarki, odbiti od naravnih in umetnih ovir v okolici. Difuzno sevanje je tako ob jasnem kot ob oblačnem vremenu in v splošnem ni odvisno od smeri. Skupaj z direktnim sevanjem sestavlja t.i. globalno sevanje, ki ga prejema določena sprejemna površina. V poletnem obdobju je delež difuznega sevanja pri čistem ozračju približno 30 odstoten, pozimi pa se poveča na približno 50 %. Razmerje med direktno in difuzno komponento globalnega sevanja je tesno povezano s konkretno lokacijo oziroma njenim geografskim položajem ter klimatskimi in vremenskimi razmerami. Za Slovenijo velja za delež difuznega sevanja v globalnem sevanju približna ocena 50 % poleti in do 70 % pozimi.

Za učinkovito izkoriščanje energije direktnega sončnega sevanja je potrebno sprejemno ploskev usmeriti pravokotno na sončne žarke. Zaradi dnevnega in letnega spreminjanja položaja Sonca bi to pomenilo, da naj sprejemna ploskev sledi Soncu. V splošnem pa veljajo tile napotki: sprejemna ploskev, usmerjena proti jugu, je pozimi učinkovitejša v bolj pokončnem, poleti pa v bolj nagnjenem položaju. Pomembna je tudi barva sprejemne ploskve, ki naj bo taka, da zagotavlja čimvečjo absorptivnost.

## POTENCIAL SONČNE ENERGIJE V SLOVENIJI

Celoten potencial sončnega sevanja za Slovenijo znaša približno 23 000 TWh, kar je nad 300-krat več, kot znaša raba primarne energije. V zimskem času, ko je potreba po ogrevalni energiji največja, dobimo žal le približno 10–15 % celotne letne količine sončne energije.

Po podatkih Hidrometeorološkega zavoda Slovenije letna vsota trajanja sončnega sevanja v Sloveniji narašča. Za Ljubljano je na primer značilen porast trajanja sončnega obsevanja v zimskem času, kar povezujejo s spremembo klimatskih razmer – zmanjšanjem megle in oblačnosti. Napovedi za

naslednjih 50 let predvidevajo 19 odstotni porast trajanja sončnega obsevanja, najizraziteje prav v mesecu decembru.

Podatki o letnem številu ur sončnega obsevanja za nekatere slovenske kraje za leto 1993 so takšni: Celje 1899 ur, Kredarica 1690 ur, Ljubljana 1891 ur, Maribor 1893 ur, Murska Sobota 1935 ur, Novo mesto 1944 ur, Portorož 2332 ur in Postojna 1956 ur. Povprečno dnevno globalno sevanje v Ljubljani variira od približno 0,8 kWh/m<sup>2</sup> pozimi do približno 5 kWh/m<sup>2</sup> poleti. V grobem lahko te podatke, pri katerih je že upoštevana oblačnost in motnost ozračja, upoštevamo za večji del slovenskega ozemlja. V vsem letu prejme kvadratni meter vodoravne sprejemne ploskve približno 1100 kWh sončne energije, od tega spomladi približno 320, poleti 480, jeseni 190 in pozimi 110 kWh.

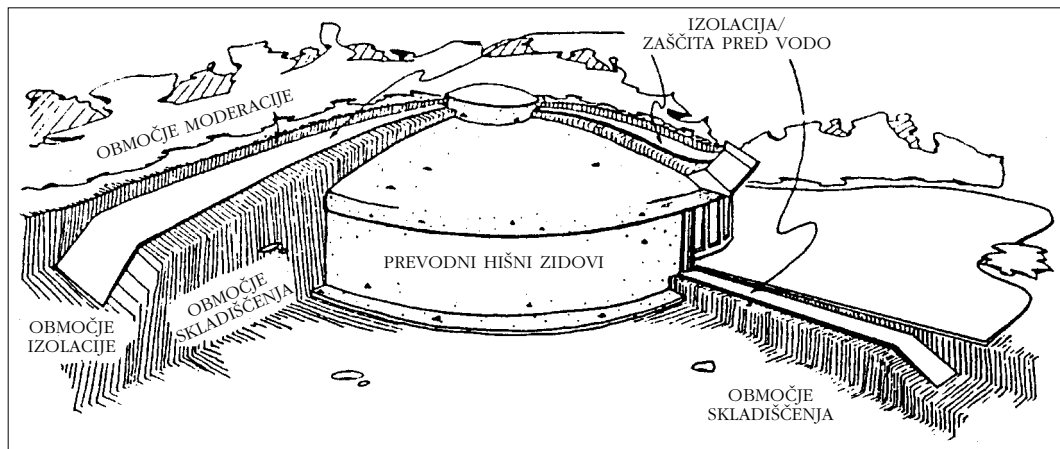
Orientacijske dnevne maksimalne vrednosti energijskega toka na kvadratni meter vodoravne sprejemne ploskve v Ljubljani so takšne:

- pozimi: 330 W/m<sup>2</sup> na jasen dan, 130 W/m<sup>2</sup> pri povprečni oblačnosti in 40 W/m<sup>2</sup> pri celodnevni popolni oblačnosti
- jeseni: 650 W/m<sup>2</sup> na jasen dan, 450 W/m<sup>2</sup> pri povprečni oblačnosti in 80 W/m<sup>2</sup> pri celodnevni popolni oblačnosti
- spomladi: 800 W/m<sup>2</sup> na jasen dan, 570 W/m<sup>2</sup> pri povprečni oblačnosti in 100 W/m<sup>2</sup> pri celodnevni popolni oblačnosti
- poleti: 830 W/m<sup>2</sup> na jasen dan, 630 W/m<sup>2</sup> pri povprečni oblačnosti in 100 W/m<sup>2</sup> pri celodnevni popolni oblačnosti.

## **SONCE KOT VIR OBNOVLJIVE ENERGIJE**

V praksi se pojavlja precejšnje število bolj ali manj posrečenih izrazov, s katerimi označujemo vire energije, ki niso fosilnega izvora: obnovljivi viri, alternativni viri, trajni viri, regenerativni viri, neizčrpni viri, tudi neklasični viri energije. Zelo pogosto pa za vse oblike obnovljivih virov energije uporabimo sinonim sončna energija, saj se zavedamo, da je energija sončnega sevanja pravzaprav nekakšen praočre mnogih drugih oblik energije in da so v končni fazi tudi fosilna goriva posledica, rezultat ali pa stranski proizvod procesov, ki jih vzbujajo ali pa pri njih sodeluje Sonce s svojim toplotnim in svetlobnim delovanjem

Če gledamo na sončno sevanje le kot na eno od oblik energije in pri tem za hip pozabimo na različne trenutne tehnološke ali ekonomske probleme in omejitve pri njeni pretvorbi ali rabi, lahko naštejemo praktično same pozitivne lastnosti ali prednosti: je okolju prijazna in čista energija, nenevarna in traj-



na, zastonj in povsod dostopna v večji ali manjši količini, je neizčrpna in ni je mogoče monopolizirati ali omejiti.

Omenjene dobre strani sončne energije pa nas lahko tudi zavedejo; nehotе pozabimo na trenuten razkorak med teoretičnimi potenciali in praktičnimi možnostmi, kar ponuja možnost za zavestno ali nezavedno manipuliranje s količino “neobnovljive” energije, ki jo lahko nadomestimo s sončno energijo.

Zavedati se moramo, kaj dejansko pomeni, da je sončna energija “naravna” vrsta energije. To namreč pomeni, da je količina energije oziroma sevanja, ki ga dobimo od Sonca, odvisna od: geografske širine, makro- in mikrolokacije objekta oziroma sistema ali naprave, orientacije, klimatske cone, letnega časa, dnevnega časa, lokalnih in trenutnih klimatskih in vremenskih pogojev ter naravnih in umetnih geometrijskih ovir v neposredni okolici.

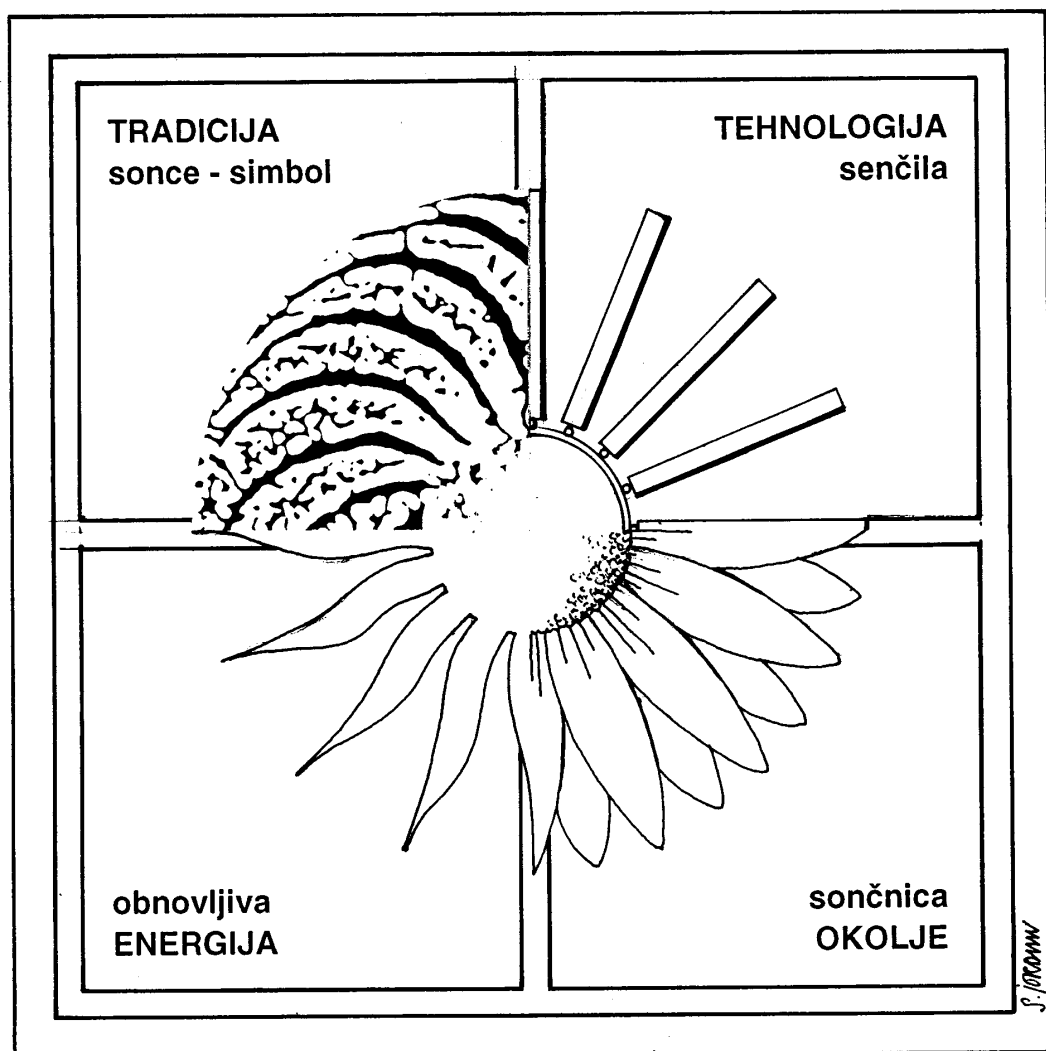
Pri klasičnih virih energije lahko tudi večinoma govorimo o veliki energijski gostoti in dobro razvitih sistemih in metodah pretvorbe, shranjevanja ter prenosa do porabnikov. Tehnologija shranjevanja sončne energije ima mnogo posebnosti. Gre predvsem za to, da je (predvsem za daljše časovno obdobje), mnogo težje shranjevati pretvorjeno sončno energijo na primer v obliki toplote, kot pa shranjevati energent sam, kot to lahko naredimo pri fosilnih gorivih.

Energijo sončnega sevanja lahko izkoriščamo neposredno ali posredno. Pri neposrednem izkoriščanju govorimo o pasivnem, aktivnem in hibridnem sončnem ogrevanju ali ohlajevanju prostorov in pripravi tople vode ter o pretvorbi svetlobnega dela spektra sončnega sevanja v električno energijo. Najpomembnejši posredni učinki sončnega sevanja pa so hidroenergija (kinetična energija tekočih voda), energija vetra (zračna cirkulacija), biomasa (generično ime za ves material

organskega izvora) ter toplotna in kinetična energija naravnega okolja (zrak, zemlja, voda).

### SELEKTIVEN PRISTOP K NAČRTOVANJU

Načrtovanje rabe sončne energije in drugih obnovljivih virov je kompleksen in postopen proces, ki zahteva znanje z mnogih področij. Nemogoče je vnaprej trditi, da poznamo vse možne probleme in tudi njihove rešitve. Vsak nov uporabljen material ali tehnologija zahteva premislek o načelih načrtovanja oziroma oblikovanja. Vsaka nova lokacija (mikroklimatski



Slika 2: Prepletanje v procesu načrtovanja

pogoji, topografija) zahteva individualen in enakovreden pristop. Splošne rešitve so lahko sicer na nižji ravni še zadovoljive, ne morejo pa zadostiti vsem zahtevam. Ustrezen rezultat lahko dosežemo le s postopnim reševanjem podproblemov; uporaba "preverjenih receptov" lahko privede do neustrezne zasnove sistema in negativnih posledic njegovega delovanja.

V odprtem oziroma selektivnem pristopu k načrtovanju so enakovredno analizirani vsi elementi socio-ekonomskega kroga. Pretok energije skozi sistem je racionaliziran in raba neobnovljivih virov energije zmanjšana na minimum. Pretok snovi skozi sistem je optimiziran, s čimer se zmanjša količina emisij in odpadkov.

Pri (bioklimatskem) oblikovanju zgradbe bi to pomenilo tole: zgradbo je potrebno razumeti kot grajen vmesnik med uporabnikom in naravnim okoljem, ki je enakovreden parameter v procesu načrtovanja. Med parametri sistema obstaja interaktivna povezava. V umetno bivalno ali delovno okolje vstopajo in skozenj krožijo energija, materiali in informacije. Upoštevan je uporabnikov naravni delovni in bivalni ritem s povezavo z naravnim okoljem in njegovimi dnevnimi in letnimi cikli. Uporabnikove zahteve in potrebe po visoki ravni bivalnega oziroma delovnega (toplotnega in svetlobnega) ugodja so na presečišču reševanja energijskih in ekoloških problemov. Rezultat oblikovanja mora biti sinteza odgovorov na vprašanja glede energijske učinkovitosti zgradbe, zmanjšanja entropije, ekoloških problemov in zagotovitve uporabnikovega bivalnega ugodja.

## **SONČNA ENERGIJA IN OBLIKOVANJE BIVALNEGA IN DELOVNEGA OKOLJA**

Kot je bilo omenjeno, naredimo prvi korak k zagotavljanju učinkovite rabe energije za ogrevanje in ohlajevanje, zmanjšanju škodljivih emisij v okolje in doseganju visoke ravni toplotnega in svetlobnega ugodja v zgradbi z uporabo fleksibilnega odprtega oziroma selektivnega pristopa k načrtovanju, ki upošteva in analizira vse elemente socio-ekološkega sistema ter odnose med naravnim in grajenim okoljem. Princip vključuje strokovno kreativno zasnovo zgradbe (lega, orientacija, oblika, tloris in volumen, toplotno coniranje) in njenih konstrukcijskih sklopov (izbira netransparentnih in transparentnih materialov ter njihova razporeditev, optimalna toplotna zaščita in ustrezna toplotna kapaciteta) ter kontrolnih in regulacijskih sistemov. Končni cilj je visoka kakovost bivanja ob sozvočju naravnega in grajenega okolja.

Sončna energija lahko zagotovi del potrebne energije za ogrevanje in ohlajevanje, izboljša kakovost bivanja in ople-

meniti bivalno ali delovno okolje. Z ustreznim znanjem jo lahko koristno izrabimo tako pri novogradnjah kot pri arhitekturni in energetske prenovi obstoječih enodružinskih, večstanovanjskih in poslovnih zgradb. Posebej to zadnje je v svetu izjemno aktualno, mnogo večje pozornosti pa bi moralo biti deležno tudi v Sloveniji. Vedno več je tudi primerov, ko so lokalne skupnosti oziroma manjša naselja ali skupine zgradb zasnovane po "solarnih" principih.

Vloge sonca kot vira vseh energij na zemlji in vsega življenja ter koordinatorja številnih procesov v naravi, ki odreja človeku, živalim ter rastlinam ritem in način življenja, so se naši predniki in prve civilizacije mnogo bolj zavedali ter jo upoštevali kakor mi danes, tako v smislu simbolnosti kot tudi v svojem vsakdanjem življenju. Znali so prisluhniti naravi, se učiti od nje, živeti v sožitju in ravnotežju z njo, to je bil njihov način pozitivnega "izkoriščanja" narave. Sonce so sprejeli kot simbol, postalo je pomemben soustvarjalec njihovih bivališč, arhitekture.

Prve oblike bioklimatsko oblikovanih bivališč so bile nedvomno jame, v katerih je pračlovek našel ugodnejše pogoje za bivanje (v Sloveniji npr. Lubniška jama in jama Kevdrc). Ko si je pozneje poskušal sam zgraditi zavetje pred vremenskimi vplivi, se je kot ena izmed variant, z ozirom na topografske in geološke danosti, izkazala možnost kopanja v mehke porozne usedline (Španija, Sicilija, Turčija). Ponekod taka bivališča funkcionirajo še danes.

S solarno arhitekturo so se prvi načrtno začeli ukvarjati Grki, s Sokratovim modelom solarne hiše, pozneje razširjenim v atrijsko hišo, ki so jo Rimljani do potankosti razvili. Rimska praktičnost in učinkovitost je privedla tudi do prve uporabe stekla za pokrivanje steklenjakov, južnih fasad kopališč ter podeželskih vil. Žal pa je visoko razvita energetska osveščenost v arhitekturi tega obdobja s srednjim vekom popolnoma zamrla. Poznane so samo simbolne povezave s soncem, ki arhitekturi da nov pomen, tako da skupaj z njo odreja ritem življenja. Tak primer je cerkva Sv. Križa v Ninu.

Ponovno zanimanje za antično dobo in znanje, preneseno iz nje, se je pojavilo v renesansi, v času, ki je sistem razmerij človeškega telesa prenesel na oblikovanje prostora in zgradb. Šele v 17. in 18. stoletju je ponovno zaživela uporaba stekla v rastlinjakih, t.i. oranžerijah, namenjenih gojenju eksotičnih rastlin. Prelomnico "steklene" arhitekture v 19. stol. je postavil J. Paxton za svetovno razstavo v Londonu. Imenuje se Kristalna palača, ki so ji sledile številne druge po Evropi, čipkasta steklena arhitektura postane del modnega, sanjskega sveta industrializirane družbe 19. stoletja (v Ljubljani: stara oranžerija in novejši palmarij v sklopu Tivolija). Ponekod, predvsem v Angliji, je rastlinjak postal integralni del stanovanja in simbol prestiža.



Šele po letu 1930 so v ZDA zrasli prvi stanovanjski solarni objekti z vključenimi steklenjaki, njihova oblika pa se je poenostavila in izkristalizirala. Danes je steklenjak samo eden od elementov pasivne solarne arhitekture, ki je v svojem bistvu zelo kompleksna in zahteva poglobljeno strokovno poznavanje interakcij med naravnim in grajenim okoljem, energijskih tokov skozi sistem ter njihov vpliv na človekovo počutje in njegovo svetlobno in toplotno ugodje. Znanje je podlaga za kreativnost, ki naj zagotovi kakovost bivanja.

Izkoriščanje sončne energije v zgradbi poteka običajno preko direktnega zajema skozi zastekljene dele ovoja, steklenjake in atrije, z akumulacijo in oddajanjem toplote v zbiralno-shranjevalni steni ali s pomočjo (zračnih ali vodnih) sončnih kolektorjev in sončnih celic.

Cena postavitve pasivne solarne zgradbe je lahko povsem primerljiva s ceno "klasično" zasnovane zgradbe. Z zasnovo, ki vključuje principe pasivnega zajema sončne energije, lahko realno pričakujemo od 30 do 50 odstotne prihranke v količini energije za ogrevanje zgradbe. Nemške študije, oprte na njihove praktične izkušnje, navajajo celo vrednosti prihrankov do 70 %. Uvajanje novih tehnologij in novih arhitekturnih zasnov pa mora biti na eni strani opredeljeno tudi z vsebino predpisov in standardov ter na drugi strani spodbujeno s finančnimi ugodnostmi in stimulacijami za investitorje.

## PASIVNA RABA SONČNE ENERGIJE V ZGRADBI

O pasivnem izkoriščanju sončne energije pove praktično vse že naziv sam. Gre za tehniko pretvorbe sončnega sevanja v uporabno toplotno energijo z uporabo naravnih mehanizmov prenosa: sevanja, kondukcije, evaporacije in proste konvekcije toplega zraka. Osnovni princip je ta, da ne uporabljamo posebnih dodatnih naprav, ki zahtevajo samostojen (npr. električni) pogon. Take so na primer razne črpalke in ventilatorji, kot se pojavljajo v hibridnih sistemih. Pri aktivnih sistemih pa govorimo predvsem o samostojnih kolektorjih in sončnih celicah. Uporaba sončne energije mora biti premišljeno vključena v zasnovo zgradbe. Največkrat se pasivni način izkoriščanja sončnega sevanja uporablja za ogrevanje bivalnih prostorov oziroma za segrevanje zraka, ki ga uporabimo za prezračevanje prostorov. Uporaben pa je tudi za segrevanje sanitarne vode, za ohlajevanje (npr. radiacijsko hlajenje strehe) in za ventilacijo (npr. princip solarnega "dimnika").

Umetnost pasivnega solarnega oblikovanja zgradb je v razumevanju energijskih tokov v zgradbi in skozi njo ter v njihovi optimalni uporabi. Preprostost principov v kombinaciji z nizkimi

stroški zagotavlja zelo ugodno razmerje med končno ceno in učinkovitostjo sistema. Postavitev zgradbe, katere zasnova vključuje pasivne solarne principe, sploh ni nujno dražja od izgradnje stavbe s konvencionalno zasnovo. Poleg tega se z zmanjševanjem oziroma racionalizacijo rabe energije manjša tudi pomen njene cene. Zavedati pa se je potrebno, da dolga življenjska doba (obstoječih) stavb pomeni tudi daljše časovno obdobje, v katerem je mogoče izvesti celovito prenovo stavbnega fonda in doseči globalno zmanjšanje rabe energije za ogrevanje. Dodaten moment, na katerega je nujno opozoriti, je visoka raven bivalnega udobja in izboljšana kakovost življenja, ki jo nudi zgradba, narejena z upoštevanjem načel pasivne solarne gradnje. Ob preverjanju ekonomskih parametrov pred odločitvijo za tip gradnje je to dodano vrednost potrebno vsekakor upoštevati.

Osnovna načela za kakovostno zasnovo zgradbe in optimalno rabo sončne energije so tale:

1. zgradba naj bo optimalno toplotno zaščitena, da se zmanjšajo toplotne izgube v zunanje okolje
2. detajli stikov in priključkov gradbenim elementom morajo biti tako zasnovani, da ne pride do toplotnih mostov
3. (pomožni) ogrevalni sistem naj bo učinkovit in naj se hitro odziva
4. predvideno mora biti kontrolirano prezračevanje prostorov z uporabo toplotnih izmenjevalnikov
5. zasteklitev za direktni zajem sončne energije naj bo usmerjena proti jugu (med JV in JZ), enako tudi dnevni bivalni prostori; pomožni, servisni in drugi prostori naj bodo v severnem delu zgradbe, kjer so tamponska cona
6. predvidena naj bo nočna toplotna izolacija na zasteklitvah
7. zgradba oziroma njeni konstrukcijski sklopi naj bodo sposobni akumulirati toplotno energijo, da se zmanjša potrebno dodatno ogrevanje in izboljša raven bivalnega udobja v zimskem času in zmanjša nevarnost pregrevanja v poletnem času
8. tloris stavbe naj bo enostaven; zgradba naj bo kompaktno zasnovana, po možnosti odprta oziroma z daljšo stranico obrnjena proti jugu in zaprta proti severu
9. izdelati je potrebno natančno študijo osončenja oziroma naravne osvetljenosti objektov
10. izdelati je potrebno parametrične študije toplotnega odziva zgradbe in preveriti različne variante (pasivnih) solarnih ukrepov oziroma energijsko bilanco posameznih pasivnih solarnih elementov in sistemov, t.j. razmerje med toplotnimi pritoki in izgubami
11. predvsem pa: zasnova zgradbe naj upošteva lokalne geografske in klimatske (seveda pa tudi urbanistične) značilnosti

Uvodoma je bila že omenjena posebnost glede shranjevanja sončne energije. Posledica vsake transformacije energije iz ene v drugo obliko je izguba določenega dela te energije, zato je zaželeno shraniti neposredno toplotno energijo. Sposobnost shranjevanja oziroma akumuliranja toplotne energije v zgradbi je odvisna od fizikalnih lastnosti uporabljenih materialov in njihove razporeditve v zgradbi in njenih konstrukcijskih sklopih. Ustrezen konstrukcijski sklop mora zagotavljati ne le zadostno stopnjo toplotne izolativnosti, temveč tudi dovolj veliko toplotno kapaciteto. Na ta način je mogoče doseči primerno visoke temperature notranjih obodnih površin, s čimer zagotovimo višjo stopnjo toplotnega ugodja in znižamo potrebe po dodatnem ogrevanju.

Toplotna kapaciteta je problem posebno pri lahkih oziroma montažnih zgradbah, kjer navadno ni na voljo dovolj velike toplotne mase za akumulacijo toplotne energije, ki jo zagotavljajo pasivni in aktivni solarni sistemi, ogrevalna telesa in notranji pritoki. Za shranjevanje energije potrebujemo v tem primeru posebne sisteme, toplotne hranilnike, ki omogočajo uskladiščenje toplote in njeno poznejše kontrolirano dovajanje v bivalne prostore. Enaki sistemi so seveda uporabni tudi pri drugih, masivnejših vrstah zgradb, le da tam sorazmeren del energije akumulirajo že masivni konstrukcijski sklopi stavbe. Druga možnost je uporaba naprednih materialov v ovojju zgradbe, ki imajo majhno maso in veliko toplotno kapaciteto (npr. fazno spremenljivi materiali).

Osnovna naloga toplotnih hranilnikov je shraniti toplotno energijo, ki v zgradbo vstopa iz zunanjega okolja ali pa je proizvod notranjih virov (ogrevanje, notranji pritoki) in omogočiti njeno izkoriščanje v času, ko je to potrebno oziroma zaželeno. Kakovosten toplotni hranilnik mora biti sposoben shraniti dovolj veliko količino toplotne energije ob majhni porabi energije, ki je potrebna za črpanje oziroma izmenjavo in prenos toplote (ali hladu). Z izkoriščanjem v toplotnem hranilniku shranjene energije je mogoče izboljšati delovanje sistema in zmanjšati skupne stroške ogrevanja, tako da izravnamo neskladja med potrebo po toplotni energiji in njeno trenutno dostopnostjo.

Toplotni hranilniki so tako v večjih industrijskih zgradbah, kjer se pojavljajo presežki toplote zaradi delovnih procesov, v poslovnih stavbah, kjer nastopajo kot del ogrevalnih ali klimatizacijskih sistemov, ter v večstanovanjskih in individualnih zgradbah. Posebno pri tej zadnji kategoriji stavb je pomen toplotnih hranilnikov precejšen, saj lahko učinkovito zmanjšajo potrebo po dodatnem ogrevanju oziroma izboljšajo toplotno bilanco zgradbe ali skupine zgradb, če le-te uporabljajo skupni, centralni toplotni hranilnik.

Največkrat uporabljamo takšno delitev načinov shranjevanja toplotne energije:

- temperaturno oziroma senzibilno
- latentno
- termokemično

Omenjeni načini se med seboj razlikujejo po količini toplote, ki jo je možno shraniti na utežno ali volumsko enoto shranjevalnega medija, po temperaturnem odzivu med shranjevanjem in praznjenjem ter po stopnji razvoja posameznih tehnologij.

### **DIREKTNI ZAJEM SONČNE ENERGIJE SKOZI ZASTEKLJENE DELE OVOJA ZGRADBE**

Vse zgradbe, ki imajo del svojega ovoja zastekljen, v določeni meri pasivno izkoriščajo sončno energijo. Že stari Rimljani so znali pametno izkoristiti možnosti, ki jih je ponujalo steklo. V Pompejih so našli celo okenske odprtine, široke 2 metra in visoke 3 metre. Žal se je z zatonom rimskega imperija izgubilo tudi znanje o izdelavi velikih steklenih ploskev, šip. Šele proti koncu sedemnajstega stoletja so v Franciji ponovno odkrili oziroma razvili tehnologijo izdelave šip s stranico 2 metra. Kljub temu pa so bile stavbe in bivalni prostori še polni dve naslednji stoletji temačni, slabo osvetljeni z dnevno svetlobo in redko obsijani s soncem, kar je bila posledica majhnih okenskih odprtin in neustrezne urbanistične zasnove v mestih ter ponekod celo davčne politike. Naključje in nevednost sta botrovala novi vlogi stekla in transparentnih delov ovoja zgradb. Zaradi medicinskega odkritja, da ultravijolični žarki uničujejo bakterije, so začeli načrtovati večje okenske površine. K sreči tedaj še ni bilo znano, da UV žarki skozi steklo ne morejo prodreti. Vsekakor pa so znane in potrjene koristi in ugodni vplivi sonca in svetlobe na človekovo psihofizično počutje in hormonsko ravnotežje.

Neto količina sončne energije, ki na dani lokaciji vstopa v zgradbo skozi zastekljene dele njenega ovoja, je odvisna od letnega časa (temperatura v zgradbi in povprečna zunanja temperatura, količina sončnega sevanja), orientacije in zasenčenosti odprtin, njihovih geometrijskih (površina oziroma velikost oken, neto delež zasteklitve, število šip) in kemijsko-fizikalnih (prepustnost za svetlobno oziroma toplotno sevanje, absorptivnost in emitivnost, ...) lastnosti.

Dejanski prispevek toplote skozi zasteklitev lahko glede na zgornje parametre variira od celo 97 % (enojno čisto steklo poleti) do 17 % in manj (npr. dvojno steklo pozimi, zunanja šipa refleksijska, notranja absorpcijska). V idealnem primeru sončnega zimskega dneva je enojno navadno steklo

enakovredno dvojnemu navadnemu steklu, saj prepušča več vpadnega sončnega sevanja, s čimer se kompenzirajo transmisijske toplotne izgube. Ugotovitev seveda ne velja za oblačne dneve, še manj pa za nočni čas. Takrat so toplotne izgube skozi zasteklitev večje od toplotnih pritokov. Potrebna je nočna toplotna zaščita (na primer toplotnoizolacijska polkna ali rolete), lahko pa uporabimo posebne vrste oziroma sisteme zasteklitev, ki delujejo kot navadno steklo za vpadno sončno sevanje (dobra prepustnost) in kot emisijska oziroma radiacijska past (za razliko od navadnega stekla, ki deluje le kot konvekcijska past) za pretok energije iz prostora v okolico. Iz povedanega sledi, da je določitev položaja, velikosti in vrste zasteklitve zelo pomemben sestavni del pasivnega solarnega načrtovanja.

Danes obstaja na tržišču široka paleta sistemov zasteklitev za različne namene. Sodobna okna imajo nizke vrednosti toplotne prehodnosti in možnost zmanjševanja ali kontrole vpadnega svetlobnega in toplotnega sevanja. Sedaj že klasičnim dvojnimi in trojnimi termopanami so se pridružila okna, polnjena z žlahtnimi plini, s spektralno selektivnimi, absorpcijskimi in reflektivnimi nanosi ter prozorno folijo, napeto med šipama in neparjeno s kovinskimi delci. Zasteklitev z nizkoemisivnimi nanosi (Low-e) odbija toplotno (dolgovalovno IR) sevanje, katerega izvor je v prostoru, nazaj vanj. Nizka emisivnost pomeni tudi, da vsaka energija, ki se zadrži v nanosu, le-tega zelo težko zapusti v obliki sevanja. Energija se ne more emitirati s površine, od tod ime izdelka. Tako imenovana pametna okna s spreminjanjem optičnih lastnosti selektivno prepuščajo kratkovalovno oziroma dolgovalovno sevanje. Znane so na primer variante termokromnih in fotokromnih stekel, kjer na spremembo optičnih lastnosti vpliva zunanji toplotni oziroma svetlobni impulz. Aktivna kontrola lastnosti zasteklitve neodvisno od siceršnjih zunanjih svetlobnih in toplotnih razmer pa je mogoča z uporabo elektrokromnih stekel, pri katerih na optično-fizikalne lastnosti zasteklitve vpliva električni impulz.

Da bi lahko koristno izrabili vpadno sončno sevanje, naj le-to po prehodu skozi zasteklitev pade na notranje površine stavbe, ki imajo veliko toplotno kapaciteto oziroma akumulatorsko sposobnost. Nekaj je bilo o tem povedanega že v delu, kjer je bil obravnavan problem shranjevanja toplotne energije. Osnovni cilj je, da se shranjena toplotna energija sprosti v času, ko jo potrebujemo, na primer v nočnem času.

Za pravilno in smiselno načrtovanje svetlobnih površin oziroma transparentnih delov ovoja zgradbe je potrebno ustrezno strokovno znanje. Le tako se lahko izognemo neprijetnim stranskim učinkom prevelikih ali nepravilno razporejenih

oken. Potrebno je zagotoviti možnost kontrole količine vpadnega sončnega sevanja, da preprečimo pregrevanje prostorov, in kontrole transmisivskih in radiacijskih toplotnih izgub. Direktno sončno sevanje, ki je sicer potrebno in zaželeno s fiziološkega in higiensko-zdravstvenega vidika, lahko povzroči tudi neugodne svetlobne razmere v prostoru (problem bleščanja, močni kontrasti). Ustrezna raven svetlobnega ugodja oziroma dobro načrtovana naravna osvetlitev bivalnih in delovnih prostorov bi morala biti nekaj samoumevnega. Kljub temu je mnogo stanovanjskih, predvsem pa poslovnih in komercialnih zgradb zasnovanih tako, da so svetlobne razmere v njih odvisne pretežno od umetne (električne) svetlobe. V praksi pogosto prihaja do na videz nerešljivega problema, kako hkrati zagotoviti kakovostno naravno osvetlitev bivalnih in delovnih prostorov ter zmanjšati toplotne izgube zgradbe. Preprostega odgovora ni mogoče dati, saj je vsaka zgradba zase poseben sklop problemov, rešitve pa lahko le redko posplošimo na sorodne primere. Potrebno je sodelovanje strokovnjakov s področja toplotnega in svetlobnega odziva zgradbe.

### **STEKLENJAKI IN ATRIJI**

Načrtovanje zastekljenih odprtih ovojja zgradbe za direktni zajem sončne energije ni omejeno le na zasnovanje novih zgradb. Tudi pri obstoječih zgradbah lahko z ustrezno zasnovano njihovo arhitekturne in energetske prenovе zagotovimo povečan dotok sončnega sevanja skozi transparentne dele ovoja. Pogosto pa taka prenova vsebuje postavitve steklenjakov, ki ga je mogoče učinkovito vključiti v novo zasnovano stavbo. Steklenjak (imenovan tudi steklenik, rastlinjak, zimski vrt ipd.) lahko dogradimo na prisojni strani objekta. Tudi na delih stavbe z bolj severno lego lahko steklenjak, na primer v obliki zastekljenega stopnišča ali balkonov, najde svoj smisel, kot tamponska cona, ki v tem primeru služi za zmanjšanje toplotnih izgub iz objekta v okolico. Seveda pa nudi steklenjak poseben izziv ob načrtovanju nove stavbe, tako eno- kot večstanovanjske. Vedno je potrebno upoštevati tudi estetska merila.

Osnovne značilnosti oziroma funkcije steklenjakov so:

- zmanjšujejo toplotne izgube iz objekta v okolico
- zrak, ki ga uporabimo za prezračevanje prostorov, se v steklenjaku predhodno segreje, kar zmanjša ventilacijske toplotne izgube
- stena med steklenjakom in ogrevanim prostorom je lahko brez toplotne izolacije; v tem primeru ogreva prostor s kondukcijo in sevanjem toplote, ki jo prejme kot direktno sončno sevanje preko zasteklitve steklenjaka



smemo pozabiti na čimvečjo toplotno kapaciteto tal steklenjaka in njegovih morebitnih zidov oziroma zidov, ki ločijo steklenjak od drugih bivalnih prostorov. Njegovi transparentni deli morajo imeti možnost kontroliranega senčenja za preprečevanje pregrevanja, urejena pa mora biti tudi vzdolžna in prečna ventilacija steklenjaka.

Potrebno je tudi poudariti razliko med samostojnim steklenjakom, ki je s transparentnimi in/ali netransparentnimi konstrukcijskimi sklopi ločen od preostalega bivalnega okolja, in steklenjakom, ki je vključen v bivalni prostor. Slednjemu ime steklenjak pravzaprav ne ustreza več, tudi njegova funkcija je drugačna kot pri klasičnem steklenjaku, predvsem pa zahteva drugačen pristop k načrtovanju in zlasti k izbiri materialov.

Tudi zastekljeni atriji postajajo vedno bolj popularni. Lahko so izvedeni v obliki zastekljenih svetlobnih jaškov v jedrih poslovnih zgradb, kot zastekljena osrednja dvorišča zgradb ali pa na primer v obliki steklene strehe nad nakupovalno pasažo ali ulico. V vseh primerih so vir dnevne svetlobe in (neogrevan) del bivalnega okolja, ki deluje kot tamponska cona.

## **ZBIRALNO-SHRANJEVALNA STENA**

Sončno energijo lahko seveda prestrežemo tudi na netransparentnem delu zunanega ovoja zgradbe. Zbiralno-shranjevalna stena (ZSS) vpadno sončno sevanje absorbira in akumulira ter ga nato s časovnim zamikom posreduje v notranje bivalno okolje. Odvisno od izvedbe stene lahko ta proces poteka na več načinov, ki jih je mogoče med seboj tudi kombinirati: s konvekcijo zraka, s kondukcijo ali s sevanjem. V splošnem veljajo za zbiralno-shranjevalno steno enaki pogoji, kot so bili na začetku teksta omenjeni za poljubno sprejemno površino.

Z zasteklitvijo ZSS dosežemo učinek tople grede oziroma izdelamo konvekcijsko past za sevanje, ki ga oddaja segreta stena nazaj v zunanje okolje. Možne pa so tudi rešitve z drugimi materiali.

Učinkovitost sistema močno povečamo, če zid opremimo z nočno toplotno izolacijo. Na ta način zmanjšamo sevalne izgube v nočno ozračje. Izolacija je koristna tudi za hladne dni brez sonca, ko bi zid sam oddajal prejeta toploto v zunanje okolje. Učinkovita rešitev je tudi uporaba stalne (fiksne) transparentne toplotne izolacije (TIM), nameščene približno 3–4 cm pred steno z zunanje strani. Gre za prozoren ali prosojen material s strukturo cevki ali satovja, ki prepušča vpadno sončno sevanje, sicer pa deluje kot vsaka klasična toplotna izolacija v smislu zmanjševanja toplotnih izgub. Z roletom ali žaluzijo med steklom in TIM lahko kontroliramo količino direktnega



sončnega sevanja, da preprečimo pregrevanje. Stopnjo zastiranja lahko uravnavamo ročno ali avtomatsko s pomočjo senzorjev. V praksi pa že delujejo tudi nemehanski sistemi za kontrolo prepustnosti sončnega sevanja. TIM sistemi, ki so trenutno komercialno zanimivi, so za svetlobo prosojni. Prozorni sistemi so še v fazi razvoja, omogočili pa bodo uporabo TIM tudi pri oknih, kjer je pomemben vizualni stik z okolico.

Približno 65 % v ZSS absorbiranega sončnega sevanja se s časovnim zamikom odda v notranjost. Preostanek toplote stena odda zračni plasti na sprednji, to je zunanji strani. Skozi posebej projektirane odprtine na zgornjem delu stene lahko segreti zrak, ki se ob steni dviga z naravno konvekcijo, kontrolirano dovajamo v notranjost. Skozi odprtine na spodnji strani lahko v omenjeni vmesni prostor dovajamo hladnejši zrak iz notranjosti. Ta tip ZSS je najbolj znan pod imenom Trombe-Michellov zid, po francoskih strokovnjakih, ki sta v petdesetih letih v praksi prvič preizkusila opisani koncept. Segreti zrak lahko dovajamo v poljubne prostore preko sistema zračnih kanalov s prisilno ali naravno konvekcijo.

## **AKTIVNO IZKORIŠČANJE SONČNE ENERGIJE S SPREJEMNIKI SONČNE ENERGIJE**

Sončno sevanje lahko spremenimo v toploto s pomočjo različnih komponent in sistemov. Med seboj se razlikujejo po namenu, velikosti in potrebnih temperaturnih razlikah. Na eni strani imamo tako preproste sončne kolektorje z močjo nekaj sto wattov, na drugi strani pa prave sončne elektrarne z močjo več sto megawattov. Tako lahko pridobivamo energijo za ogrevanje in ohlajevanje prostorov, za pripravo tople vode, elektriko in procesno toploto.

Verjetno pa pri omembi aktivnega izkoriščanja energije sončnega sevanja najprej pomislimo na t.i. sončni kolektor oziroma sprejemnik sončne energije (SSE). Ta je osrednja komponenta konvencionalnih sistemov za pripravo tople vode in ogrevanje s sončno energijo. Tak sistem navadno sestoji iz sprejemnika sončne energije, sistema za prenos toplote, hranilnika toplote ter kontrolnih in pomožnih naprav. Naloga sprejemnika je, da pretvori vpadno sončno energijo v toploto, ki jo hladilni medij prenese do hranilnika toplote ali neposredno do odjemnega mesta.

Sprejemnike sončne energije delimo na tri osnovne skupine: ploščati ali ravni sprejemniki, koncentrirajoči sprejemniki in vakuumski valjasti sprejemniki. Izbira tipa sprejemnika je odvisna od namena uporabe, podnebnih razmer, značilnosti sončnega sevanja na obravnavani lokaciji, učinkovitosti in

ekonomskih razmer. Večinski delež pri uporabi v stanovanjskih zgradbah imajo ploščati sprejemniki.

V Sloveniji je trenutno instaliranih nad 80 000 m<sup>2</sup> sončnih kolektorjev, ki proizvedejo približno 28 700 MWh na leto, energetska strategija Slovenije pa je kot cilj opredelila proizvodnjo in vgradnjo 200 000 m<sup>2</sup> kolektorjev do leta 2010. V zadnjem času je postala zanimiva tudi ponudba kolektorjev po principu Naredi sam.

Ploščati sprejemnik je zelo primeren za pridobivanje nizkotemperaturne ogrevalne toplote. Ena od pomembnih dobrih lastnosti takega sprejemnika je, da izkorišča tako direktno kot difuzno komponento sončnega sevanja. Njegova uporabnost tako ni omejena izključno na sončno vreme brez oblačnosti. Ploščati SSE je lahko samostojen ali pa, kar je iz estetskih razlogov še ugodnejše, integriran na primer v strešno površino. Tudi pri sončnih kolektorjih je mogoče uporabiti transparentno toplotno izolacijo za povečanje učinkovitosti. Sistem deluje na podoben način, kot je bilo opisano pri zbiralno-shranjevalni steni. Uporaben je predvsem takrat, kadar imamo opravka z nizkimi temperaturami okolja ali kadar potrebujemo razmeroma visoke temperature hladilnega medija. Pri zračnih kolektorjih, namenjenih ogrevanju prostorov s toplim zrakom, je hladilno sredstvo zrak.

V praksi se za posebne namene pojavljajo tudi štirje tipi t.i. usmerjevalnih ali koncentrirnih kolektorjev. Ti lahko izkoriščajo le direktno komponento sončnega sevanja, kar pomeni, da sledijo sončnim žarkom oziroma poti Sonca po nebu. Osnovni element takega kolektorja je navadno gladka svetleča kovinska ploskev, ki odbija žarke in jih usmerja v določeno linijo ali točko, ki je mnogo manjša od površine samega kolektorja. Visoko polirane kovinske plošče lahko odbijejo do 80 % sončnega sevanja, kar da zelo visoke temperature. Zaradi zapletene in zelo natančne konstrukcije ter tudi velikosti takih sistemov kolektorji te vrste niso primerni za samogradnjo. Štirje glavni tipi so: cilindrično parabolični, parabolični, heliostat in Fresnelove leče. Dosežene koncentracije sevanja so lahko tako velike (glede velikosti celo do 10 000 x), da je sistem uporaben tudi za proizvodnjo pare, ki poganja turbine v električnih centralah.

## **FOTOVOLTAIKA OZIROMA SONČNE CELICE**

Fotovoltaika (PV) je tehnologija, s katero svetlobo pretvarjamo neposredno v električno energijo. Pretvorniki so sončne celice, ki so v bistvu diode iz polprevodnega materiala. Ko polprevodnik absorbira svetlobo (svetlobni del spektra

sončnega sevanja), se na kovinskih kontaktih diode ustvari električni potencial, električni tok pa začne teči ob priključitvi porabnika, s čimer se absorbirana energija pretvori v elektriko.

Učinkovitost sončnih celic je pogojena predvsem z dejstvom, da je moč izkoristiti le svetlobno sevanje v določenem valovnem območju. Valovne dolžine nad približno 1,15 mm (velja za silicijeve celice) povzročijo le segrevanje celice, brez dodatne proizvodnje elektrike. Posamezna sončna celica ima relativno majhno moč, zato je potrebno večje število celic medsebojno povezati in sestaviti v panel oziroma modul. Današnja stopnja razvoja PV tehnologije oziroma proizvodnje panelov nudi tudi možnosti zanimivih in raznobarnih arhitekturnih aplikacij, na primer v obliki PV fasad, ki so lahko tudi prosojne. Tako pridobljena elektrika lahko zadostuje na primer za potrebe umetne osvetlitve v poslovni stavbi. Kot samostojen element so zanimiva tudi avtomatska senčila; za njihov pogon prispevajo elektriko kar sončne celice, nameščene na lamelah senčil.

Ena bistvenih prednosti PV tehnologije je modularnost sistemov. Kadar pa želimo v povezavi s PV sistemi uporabiti naprave, ki delujejo na izmenični tok, potrebujemo posebne pretvornike enosmernega toka v izmenični tok.

Pri načrtovanju uporabe sončnih celic moramo upoštevati te omejitve:

- celica proizvaja elektriko le, kadar je osvetljena
- električni tok je odvisen od intenzivnosti sončnega sevanja
- pridobivamo enosmerni električni tok

Kadar potrebujemo zanesljivo oskrbo z elektriko v daljših časovnih obdobjih, moramo zagotoviti možnost shranjevanja pridobljene električne energije s pomočjo solarnih akumulatorjev. Akumulatorji, kontrolne enote in pretvorniki električnega toka so sestavni deli vsakega malo zahtevnejšega PV sistema. Za obdobja s slabimi vremenskimi razmerami in za nočni čas lahko uporabimo pomožni, sekundarni generator (npr. dizelskega).

Poglavitno raziskovalno in razvojno delo na področju PV tehnologije pa je trenutno usmerjeno v sisteme, povezane z javnim električnim omrežjem. Prednosti, ki jih taki sistemi prinašajo, so med drugim manjši stroški napeljave, zmanjšana oziroma odstranjena potreba po akumulatorjih (elektriko iz omrežja uporabimo, kadar koli je potrebno) in možnost prodaje presežkov elektrike v omrežje.

Pri načrtovanju oskrbe lokalnih skupnosti so najbolj zanimive PV aplikacije srednjega in višjega razpona električne moči. Avtonomni sistemi srednje moči so primerni za oskrbo počitniških hišic in odmaknjenih oziroma osamljenih stavb.

Razpon moči sistema je od 50 W do 5 kW. Pretvorniku električnega toka se navadno pridruži sistem akumulatorjev, večinoma pa je potreben dodaten generator. Sistemi srednje moči so lahko preko pretvornikov povezani tudi z obstoječim omrežjem in služijo kot dodaten vir električne energije v zgradbi oziroma presežek le-te oddajajo v omrežje. Moč takih sistemov je najpogosteje med 1 in 5 kW, paneli pa so največkrat nameščeni na strehi objekta. Avtonomni sistemi večjih moči (1 do 100 kW) so namenjeni za električno oskrbo lokalnega naselja (otok, vas, manjše naselje). Vključujejo tudi manjše lokalno električno omrežje. Sistemi velikih moči (100 kW do nekaj MW) so prave solarne elektrarne in so povezani z obstoječim električnim omrežjem. Panele je mogoče namestiti seveda na najrazličnejše načine, ne le na objekte. Znani so recimo švicarski primeri uporabe in postavitve PV panelov kot protihrupnih ograj ob cestah in železnicah. Tudi neizkoriščeno oziroma neuporabno zemljišče je lahko ob izpolnjenih estetskih kriterijih postavitve primeren kraj za namestitvev PV panelov.

Pri PV tehnologiji gre torej za sistem pretvorbe energije, ki se je morda najbolj približal idealnemu, poleg tega pa je končni proizvod tega procesa elektrika, ki je verjetno najširše uporabna oblika energije. Upoštevati pa je potrebno nekatere zgoraj omenjene posebnosti in omejitve ter se tudi zavedati, da je tako pridobljena elektrika v splošnem trenutno dražja od konvencionalne. Strokovne ocene sicer napovedujejo zmanjšanje stroškov za približno polovico do leta 2010. Ugodnejšo in hkrati realnejšo sliko o stroških PV sistema pa dobimo z vključitvijo pozitivnih ekoloških učinkov v ekonomsko analizo. Odločitev za izgradnjo PV sistema mora biti strokovno dobro pretehtana. Predvsem je potrebno odgovoriti na vprašanja glede dnevnih, tedenskih in letnih variacij potreb po električni energiji (najpogosteje gre za elektriko za osvetlitev prostorov in različne električne gospodinjske in druge tehnične naprave; energijo za ogrevanje oziroma ohlajevanje ter pripravo tople vode je potrebno zagotoviti z drugimi viri), dnevnih, tedenskih in letnih variacij količine sončnega sevanja na konkretni lokaciji, o najprimernejši orientaciji in naklonu PV modulov in o predvideni potrebni shranjevalni kapaciteti akumulatorjev glede na pričakovano število oblačnih dni. Seveda pa tudi na PV področju s praktično vsakodnevnim razvojem tehnologije in vedno bolj množično proizvodnjo ter razširjenostjo uporabe raste cenovna učinkovitost sistemov. Avtonomen način uporabe je primeren povsod tam (pri individualnih objektih ali skupinah objektov in naseljih), kjer električno omrežje ne obstaja ali pa je slabo razvito. V Sloveniji je na primer mnogo planinskih koč že opremljenih s PV sistemi. Ekonomičnost izvedbe je potrebno primerjati tudi s stroški

vzpostavitve "konvencionalnega" načina oskrbe z elektriko. V infrastrukturno slabše razvitih regijah je lahko PV tehnologija osnovni vir oskrbe z elektriko, ne da bi škodovali naravnemu okolju. Na področjih, kjer je omrežje dovolj gosto oziroma dobro razvito, pa je smiselneje uporabiti PV sisteme, npr. na strehah objektov, za proizvodnjo elektrike, ki gre neposredno v javno omrežje.

## SKLEPNO RAZMIŠLJANJE

Izraz "perspektive" iz naslova prispevka in odgovor na vprašanje, ki ga naslov izraža, je potrebno obravnavati v najširšem smislu. Perspektive so odvisne od zornega kota oziroma pozicije gledanja na problem in od cilja, h kateremu je usmerjeno naše razmišljanje in delovanje. Tehnoloških ovir za učinkovito uporabo sončne energije praktično ni več ali pa so z veliko gotovostjo odstranljive z nadaljnjim razvojem ustreznih tehnologij. Težave (tudi pri načrtovanju manjših, decentraliziranih sistemov) nastopijo ob umestitvi v realne ekonomske, socialne in politične razmere znotraj družbenega organizma. Ob vrednotenju ekonomske učinkovitosti uporabe sončne energije in obnovljivih virov nasploh se navadno bodisi namenoma ali zaradi neznanja zanemarjajo njeni kompleksnejši pozitivni učinki na naravno okolje in bivalno in delovno ugodje ter pozabljajo možnosti, ki jih nove tehnologije nudijo na ekonomskem in posledično socialnem področju. Ne nazadnje lahko tudi kreativnost, ki je bila omenjena kot ena od nujnih vrtilin načrtovalcev uporabe sončne energije, projiciramo na t.i. faktorje odločanja in preko njih na celotno družbeno strukturo. Sposobnost in želja po kreativnem sprejemanju novih izzivov za doseganje energetske in ekološke učinkovitosti ob zadostnih naravnih in tehnoloških potencialih je prava perspektiva uporabe sončne energije, tudi v Sloveniji.

*SABINA JORDAN (1966) je dipl. ing. arhitekture. Od leta 1992 je zaposlena kot raziskovalka in univerzitetna asistentka na Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na Univerzi v Ljubljani. Dela na področju arhitekturnega načrtovanja in oblikovanja, energijskega in ekološkega projektiranja in prenove zgradb, toplotnega in svetlobnega odziva zgradbe in njenih konstrukcijskih sklopov, tehnologije in materialov v zgradbi in pasivnega ogrevanja in ohlajevanja zgradb.*

**MIHA TOMŠIČ** (1962) je magister gradbeništva. Od leta 1990 je zaposlen kot raziskovalec in univerzitetni asistent na Katedri za stavbe in konstrukcijske elemente Fakultete za gradbeništvo in geodezijo na Univerzi v Ljubljani. Dela na področju tehnologije in materialov v zgradbi, toplotnega in svetlobnega odziva zgradbe in njenih konstrukcijskih sklopov, pasivnega ogrevanja in ohlajevanja zgradb in energijskega in ekološkega projektiranja in prenove zgradb.

LITERATURA:

- COFAIGH, E. O., OLLEY, J. A., LEWIS J. O.: (1996): **The Climatic Dwelling**, London.
- CROSS, B., ed. (1994): **European Directory of Renewable Energy 1994**, London.
- Der Grosse Bildatlas der Architektur**, Bertelsmann Lexikon Verlag, 1994.
- JORDAN, S., TOMŠIČ, M (1996): **Energy or the Environment?**, v: Zbornik mednarodnega kongresa *Energy and the Environment*, Opatija.
- KLADNIK, R. et al. (1980): **Sončna hiša – teoretične gradbeno fizikalne osnove**, Ljubljana.
- Klimatografija Slovenije, Hidrometeorološki zavod Republike Slovenije, Ljubljana, 1991.
- KOVIČ, S (1992): **Model energetske revitalizacije večnadstropne stanovanjske zgradbe**, magistrsko delo, FAGG, Ljubljana.
- KRAINER, A. et al. 1995): **Pametna hiša – termodinamični in optični del**, 1995.
- OLGYAY, V. (1992): **Design With Climate**, New York.
- RAUBER, A., ed. (1992): **Renewable Energy**, Freiburg.
- ROTH, L. M.(1994): **Understanding Architecture**, London.
- SZOKOLAY, S.V.(1980): **Environmental Science Handbook**, Lancaster.
- T521 Renewable Energy Resource Pack**, The Open University Milton Keynes, 1994.