

Fasada kot elektrarna

Bela knjiga

Fasada



Fotonapetostna fasada, integrirana v stavbo, je inovativna možnost, s katero se lahko ustvarja nje energije integrira v arhitekturo stavbe in hkrati izpolnijo najvišje estetske zahteve.



Kazalo



Osnove

- [02 Uvod](#)
- [03 Kako deluje fotonapetostna tehnologija?](#)
- [04 Vrste fotonapetostnih modulov](#)



Fotonapetostna tehnologija, integrirana v stavbo (BIPV)

- [05 Fotonapetostna tehnologija, integrirana v stavbo \(BIPV\)](#)
- [06 Izračun potenciala energetske učinkovitosti](#)
- [07 Usmerjenost, naklon in senčenje](#)
- [08 Nadzor nad stroški](#)
- [09 Ali prinašajo fotonapetostni sistemi na fasadi kakšno korist?](#)

Pri informacijah, slikah, splošnih tehničnih navedbah in risbah v nadaljevanju brošure je treba opozoriti, da gre tu le za splošne vzorčne predloge in detajle, ki prikazujejo načelno delovanje. Dimenzijska točnost ni podana. Uporabnost in celovitost mora na lastno odgovornost pri vsakokratnem gradbenem projektu preveriti izvajalec/stranka. Sosednje konstrukcije so prikazane samo shematično. Vse smernice in informacije je treba prilagoditi krajevnim danostim oziroma jih uskladiti z njimi, navedene pa hkrati ne predstavljajo izvedbenih, detajlnih ali montažnih načrtov. Obvezno je treba upoštevati vsakokratne tehnične smernice in informacije glede izdelkov v tehničnih listih in sistemskih opisih/dovoljenjih.



Projektiranje in dizajn

- [10 Projektiranje in dizajn](#)
- [11 Primeri projektov](#)
- [12 StoVentec Photovoltaics Inlay](#)
- [13 Dvojna trajnost s fasadnimi fotonapetostnimi sistemi?](#)
- [14 Gradbeno pravo in fotonapetostna postrojenja](#)
- [15 Pomembni standardi in predpisi](#)
- [16 Študija primera: sedež podjetja Sto](#)
- [17 Intervju z dipl. ing. Dietrom Moorom](#)

Uvod

Na sestanku na vrhu Združenih narodov (ZN) na visoki ravni, ki je potekal od 25. do 27. septembra 2015, je bila sprejeta »Agenda za trajnostni razvoj do leta 2030« z naslovom »Spremenimo svet: Agenda 2030 za trajnostni razvoj«. Vseh 193 držav članic Združenih narodov se je zavezalo k prizadevanjem za izvajanje Agende 2030, ki vključuje 17 ciljev trajnostnega razvoja (Sustainable Development Goals, SDG-ji), in to na nacionalni, regionalni in mednarodni ravni do leta 2030. Pet od teh ciljev se osredotoča na stavbe, kar poudarja pomen zagotavljanja energetske učinkovitih stavb.

Fotonapetostni sistemi so običajno nameščeni na strehah ali prostih površinah, vendar pa obstajajo tudi sistemi, ki jih je mogoče namestiti nad vodne površine (Floating PV), nad kmetijske površine (Agri PV) in celo na strehe tovarnjakov (VIPV). V Avstriji se je skupna proizvodnja fotonapetostnih postrojenj v letu 2022 povečala za 36 %. Fotonapetostna tehnologija na fasadi ima na trgu še vedno zanemarljivo vlogo.

V tej beli knjigi bodo predstavljene možnosti fotonapetostne tehnologije, integrirane v stavbo (BIPV), zlasti fotonapetostnih sistemov na fasadi.

Kako deluje fotonapetostna tehnologija?

Fotonapetostni moduli

Ko sončna svetloba doseže površino sončnih celic, elektroni v polprevodniškem materialu absorbirajo fotone (svetlobne delce). Absorbirani fotoni sproščajo energijo z elektroni v polprevodniškem materialu in ustvarjajo pare elektronov in lupin. Ta energija da zagon elektronom, ki se lahko nato prosto gibljejo skozi material.

Od enosmernege toka do izmeničnega

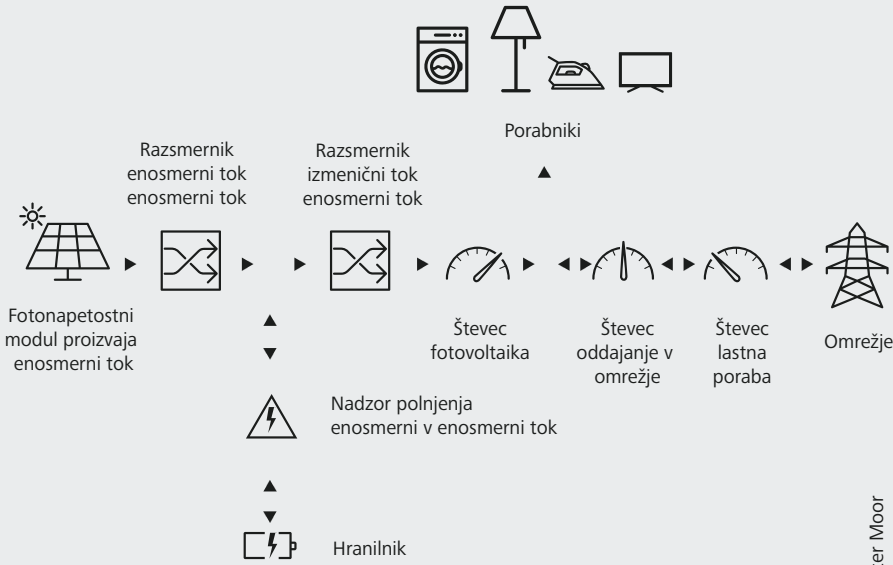
To gibanje ustvarja enosmerni tok (DC), ki se mora pretvoriti v izmeničnega (AC) s pomočjo razsmernika. Količina proizvedene energije se lahko porabi neposredno, vnese v lasten sistem za shranjevanje energije ali prenese v javno omrežje.

V notranjosti sončne celice

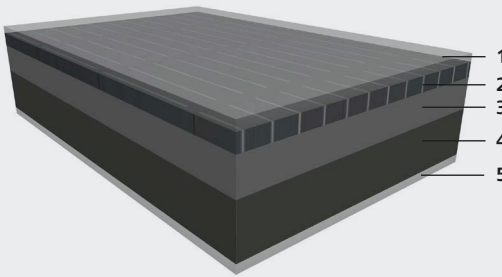
Sončna svetloba zagotavlja energijo v obliki elektromagnetnega sevanja, ki ustvarja proste nosilce nabojev. Za proizvodnjo električnega toka iz teh nabojev se nosilci nabojev usmerijo od negativne proti pozitivni elektrodi.

Struktura sončnih celic je prilagojena tako, da ujame čim več svetlobe in se lahko v aktivnem sloju ustvarijo prosti nosilci nabojev. Za to mora biti negativna zgornja elektroda prozorna; na zgornji strani je treba nanesti protiodbojni sloj, po potrebi pa se lahko zadnja stran izvede tudi zrcalno. Protiodbojni sloj zagotavlja značilno modrikasto oziroma črno barvo sončnih celic.

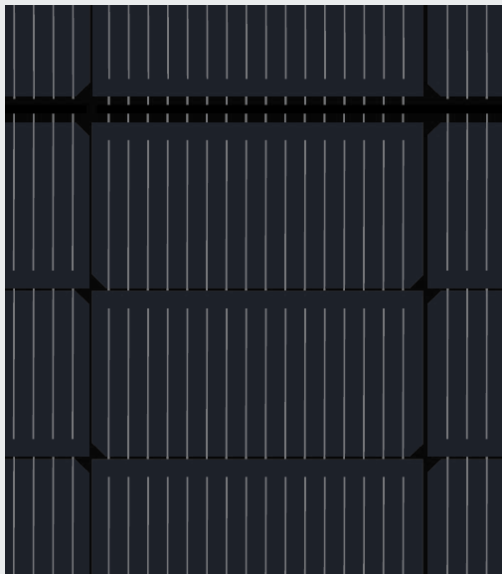
Osnovni material za polprevodniške sončne celice je silicij, s tem da komercialno dostopni fotonapetostni moduli uporabljajo monokristalne celice. Za razliko od polikristalnih imajo ti moduli enobarvno površino.



Vir: arconsol, DI Dieter Moor



- Komponente sistema (zelo poenostavljeno)**
- 1 — Protiodbojni sloj
 - 2 — Negativna elektroda
 - 3 — Mejni sloj
 - 4 — Silicij
 - 5 — Pozitivna elektroda



Tehnologija polcelic (pogled v prihodnost, merilo 1 : 2)

Tako imenovane polcelice (velikost 182 x 91 mm), ki proizvajajo 5 W moči v standardnih testnih pogojih, so jasno vidne. »Polovični« formati celic dosegajo optimizirano priključitev modulov glede na senčenje. Na en modul je priključenih do 120 polcelic, s čimer se doseže moč med 380 in 470 Wp.

Slika: Sonnenkraft GmbH, St. Veit/Glan



Vrste fotonapetostnih modulov

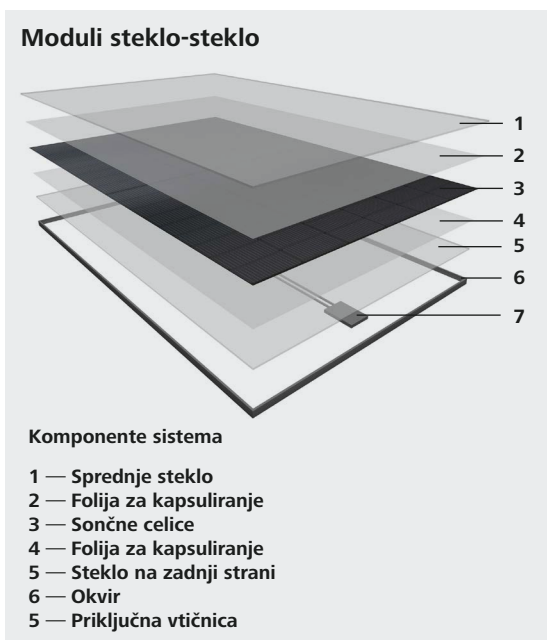
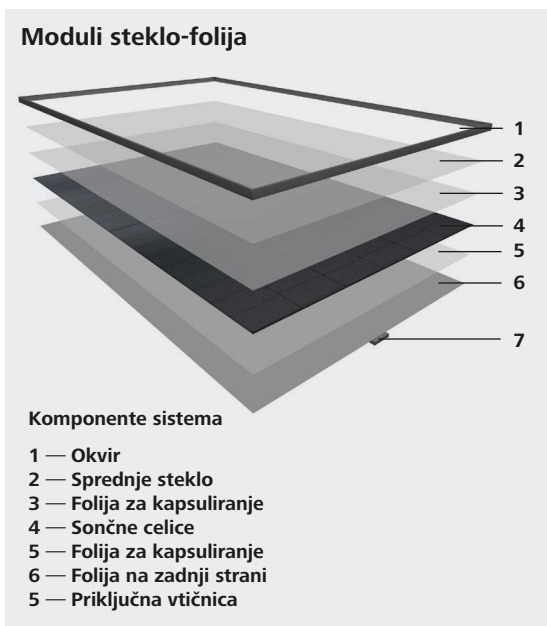
Načeloma obstajata dve vrsti konstrukcije fotonapetostnih modulov: moduli steklo-folija in moduli steklo-steklo.

Moduli steklo-folija imajo na sprednji strani solarne- ga modula stekleno ploščo. Na zadnjo stran se namesti folija, in to ne le iz estetskih razlogov, ampak tudi za doseganje specifičnega videza.

Ti moduli ponujajo možnost ureditve, pri kateri sprednja stran osvaja s prozorno stekleno ploščo, medtem ko zadnja s pomočjo nameščene folije pridobi dodatno vizualno dimenzijo. Takšen dizajn odpira možnosti za različne estetske zahteve in se skladno zlije z različnimi arhitekturnimi okolji.

Moduli steklo-steklo so, kot že ime pove, sestavljeni iz steklene plošče na sprednji in zadnji strani solarne- ga modula. Ta dvojna steklena struktura zapre sončne celice z vseh strani in ponuja zaneslji- vo zaščito pred zunanjimi vplivi, kot so ekstremna vročina, močen veter in toča.

Uporaba stekla na obeh straneh daje fotonape- tostnim modulom ne le trpežno konstrukcijo, temveč prinaša tudi jasne prednosti na področju zaščite pred požarom. Dvojni sloj stekla zmanjša možnost širjenja požara, zaradi česar so ti moduli varna in trajnostna izbira.



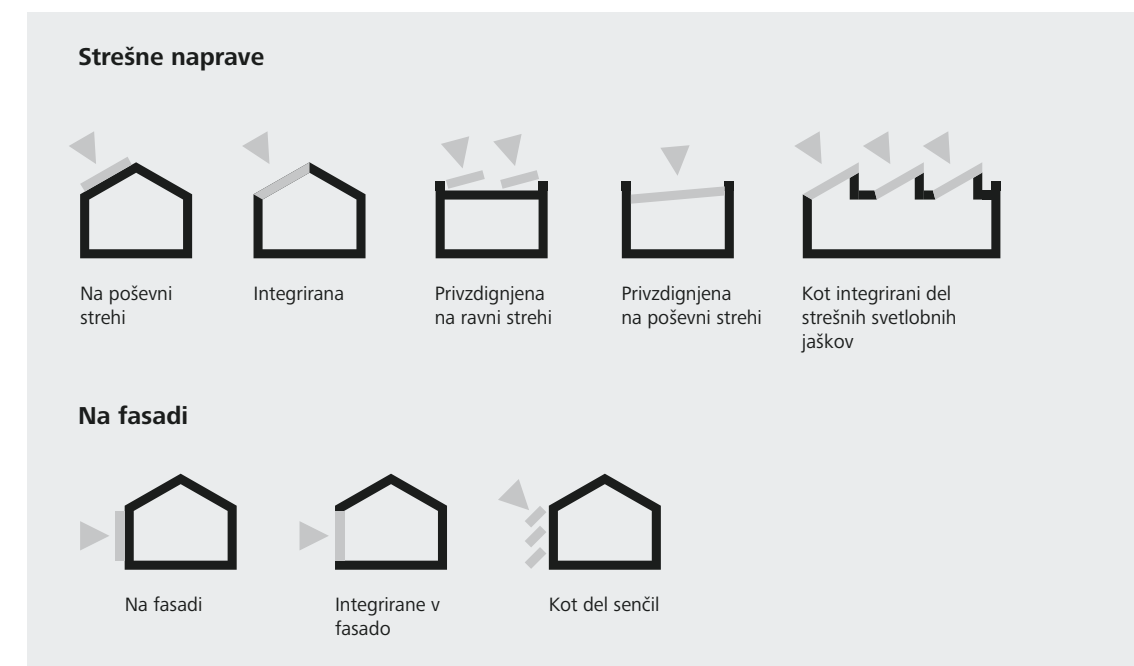
Fotonapetostna tehnologija, integrirana v stavbo

Fotonapetostna tehnologija, integrirana v stavbo (BIPV), ponuja različne možnosti za učinkovito uporabo sončne energije v različnih komponentah. Na poševnih strehah se lahko fotonapetostni moduli integrirajo tako na streho kot v njo, kar omogoča optimalni izkoristek razpoložljive površine. Ravne strehe je mogoče učinkovito uporabljati tudi z namestitvijo fotonapetostnih modulov na njih ali z njihovo integracijo v samo streho.

Integracija solarnih modulov pred fasado odpira dodatne možnosti za ureditev in omogoča fleksibil- no prilagajanje arhitekturnim razmeram. Tako hladne kot tople fasade lahko služijo kot nosilci fotonapetostnega sistema in tako prispevajo k trajnostni proizvodnji energije. Poleg tega so lahko steklene strehe in sistemi za zaščito pred soncem

opremljeni s fotonapetostnimi sistemi, ki v tem primeru ne zagotavljajo le sence, temveč proizvajajo tudi električno energijo. Vse te raznolike možnosti uporabe BIPV omogočajo estetsko integracijo obnovljivih virov energije v že zgrajeno okolje.

Fotonapetostna tehnologija na viseči prezračevani fasadi poleg proizvodnje energije ponuja tudi druge funkcije, kot so zaščita pred toploto, zaščita pred vlago, zaščita gradbene snovi pred vremenskimi vplivi, zvočna izolacija z izboljšanjem indeksa zvočne izolacije do 12 dB in enostavna možnost razstavlja- nja pri modularnih komponentah sistema.



Modeli integracije v stavbo

Integracija solarnih modulov pred fasado odpira dodatne možnosti za ureditev in omogoča fleksibilno prilagajanje arhitekturnim razmeram.

Izračun potenciala energetske učinkovitosti

Moč fotonapetostnih generatorjev se meri v vršnih kilovatih (kWp). Ta izraz se nanaša na vršno moč fotonapetostnega sistema, ki se običajno meri v kilovatih (kW). Višja kot je vrednost, izražena v kWp, več energije lahko sistem proizvede v optimalnih pogojih.

Za izračun količine proizvedene energije iz fotonapetostnega sistema se upošteva razmerje med nazivno močjo fotonapetostnega sistema (v vršnih kilovatih, kWp) in razpoložljivo površino. Predpostavka je, da je na fasadi na razpolago površina velikosti 30 m². Specifično potrebna površina se lahko razlikuje glede na vrsto namestitve. Pri našem primeru domnevamo, da fotonapetostna fasada zahteva približno 4,7 m² na kWp.

Izračun inštalirane moči (kWp)

Razpoložljiva površina [m²]

Specifično potrebna površina [m² po kWp]

=

Inštalirana moč [kWp]

Primer:

30 m²

4,7 m²/kWp

=

6,4 kWp

Obračun letne proizvodnje energije

Letna proizvodnja energije je seveda odvisna od dejavnikov, kot je sončno sevanje na sami lokaciji. V tem primeru domnevamo, da se naša fasada izdeluje v 22. okrožju na Dunaju. Na tej lokaciji se lahko računa na specifično letno količino proizvedene energije v višini 796 kWh za vsako nameščeno kWp.

Izračun letne proizvodnje energije (kWh)

Inštalirana moč (kWp) x

Specifični faktor količine proizvedene energije [kWh/kWp]

=

Letna proizvodnja energije [kWh]

Primer:

6,4 kWp

x

796 kWh/kWp

=

5094 kWh/leto

Letna proizvodnja energije je neodvisna od lokacije

Tako kot tukaj na Dunaju, v 22. okrožju Donaustadt, bi lahko predvidevali specifično letno količino proizvedene energije za vsako nameščeno kWp. Fotografija: TRFilm, adobestock



Usmerjenost, naklon in senčenje

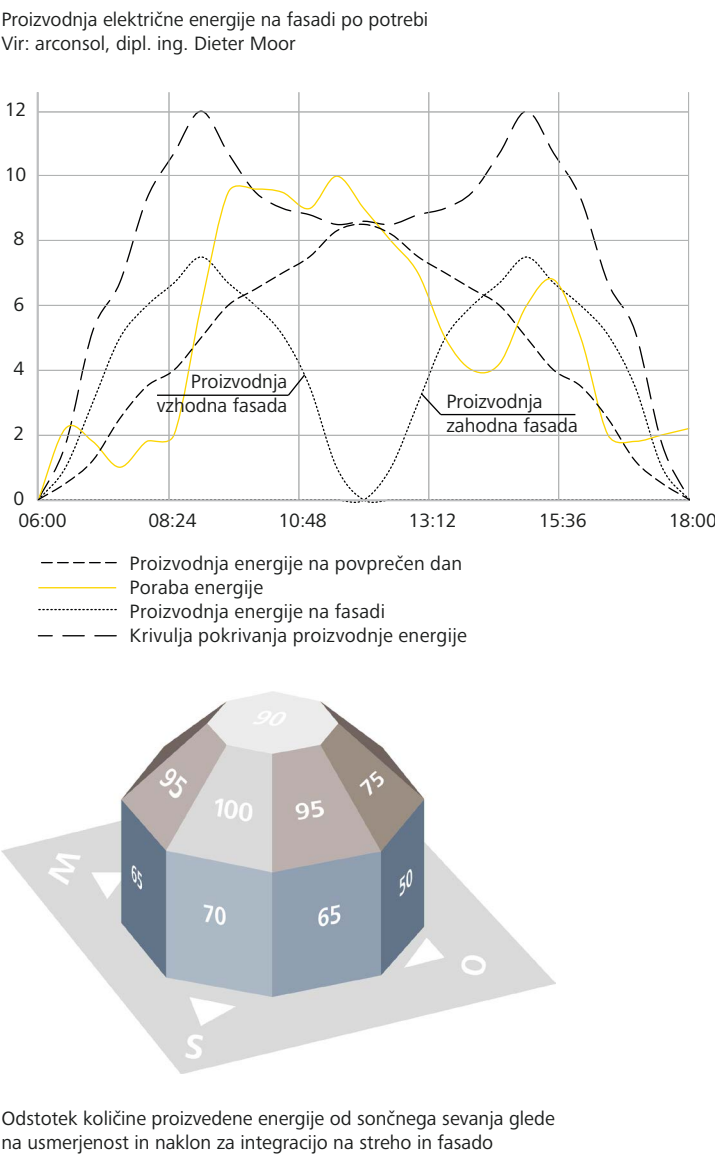
Sence, ki jih mečejo drevesa, stavbe ali druge ovire, lahko znatno zmanjšajo energetski potencial, vendar pa je senčenje v mnogih primerih neizogibno. Da bi zagotovili visoko učinkovitost in preprečili vpliv na celoten fotonapetostni sistem, je priporočljivo za primere senčenja namestiti več razsmernikov in niznih pretvornikov. Ta ciljna delitev lahko zagotovi, da je vpliv senčenja omejen na posamezne dele sistema, kar posledično optimizira splošno učinkovitost.

Drug pomemben vidik pri namestitvi fotonapetostnih fasad je usmerjenost samih modulov. Usmerjenost proti vzhodu in zahodu predstavlja prednost, saj omogoča izkoriščanje dodatne dnevne svetlobe v urah izven koničnih ur dneva. To omogoča učinkovitejšo uporabo razpoložljive sončne energije čez dan v primerjavi z izključno usmerjenostjo proti jugu. Tako se na najboljši možen način izkoristi sonce čez dan, začenši s sončnim vzhodom na vzhodu in sončnim zahodom na zahodu, s tem pa tudi energija, ki se absorbira skozi fasado.

Zaradi različnega naklona strešnih in fasadnih fotonapetostnih modulov proti soncu se na fasadi doseže okrog 30 % manjša količina proizvedene energije kot na strehi. Pomembna prednost je to, da količina energije, ki se proizvede vsak mesec, boljše ustreza dejanski porabi skozi leto. Ko je sonce v nižjem položaju, to namreč pomeni, da se posebej v hladnejših mesecih več energije ustvari na fasadi kot na strehi.

Kako preprečiti trajno senčenje, na primer zaradi okenskih polic ali balkonov?

Okenske police morajo ustrezati določenim standardom, tako da senčenja ni mogoče preprečiti, mogoče pa je nanj vplivati z uporabo več razsmernikov. Druga možnost je, da se v vsak modul namesti optimizator zmogljivosti, ki uravnava največjo možno moč na modul.

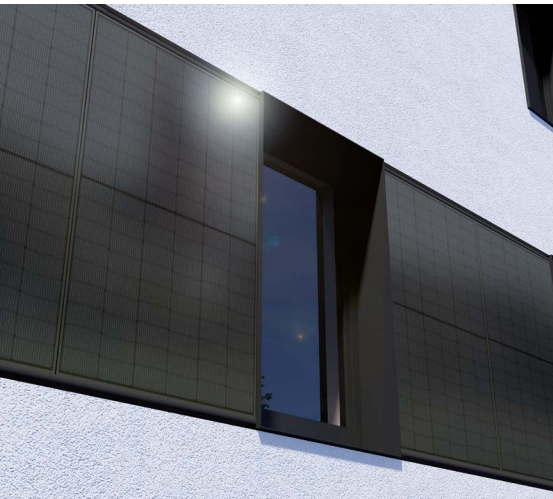


Nadzor nad stroški

Stroški se razlikujejo glede na izbrano vrsto sončne celice in komponente modula. Tu arhitekturni trg ni primerljiv z množičnim trgom. Na množičnem trgu so izdelki, ki so na voljo, pogosto dobavljeni v standardiziranih formatih iz Azije. Nasprotno pa arhitekturni trg za individualne projekte ponuja svobodo izbire barv in oblik za po meri prilagojene projekte fotonapetostne fasade.

Če se pri v stavbo integrirani izvedbi, uporabljajo fotonapetostni moduli, je treba ločiti med t. i. »fiksni stroški« fasade in doplačilom za fotonapetostni sistem. Komponente fasade, z izjemo fasadne obloge, ostanejo identične! Fotonapetostni moduli nadomeščajo fasadne obloge, kot so omet, steklo, klinker ali plošče, zato je treba upoštevati razliko glede na navedene materiale. Predvsem je treba upoštevati, da je izvedba fotonapetostnih modulov v fasadi edina zasnova fasade, ki lahko aktivno ustvarja denarne prihodke.

Energija, potrebna za proizvodnjo fotonapetostnih modulov, pa se amortizira že v prvih letih njihove uporabe. Družba Sto Ges.m.b.H na primer ob koncu njihove življenjske dobe prevzame fotonapetostne module in jih uporabi za proizvodnjo drugih izdelkov v okviru krožnega gospodarstva.



Pregled stroškov in koristi

Vir: arconsol, dipl. ing. Dieter Moor

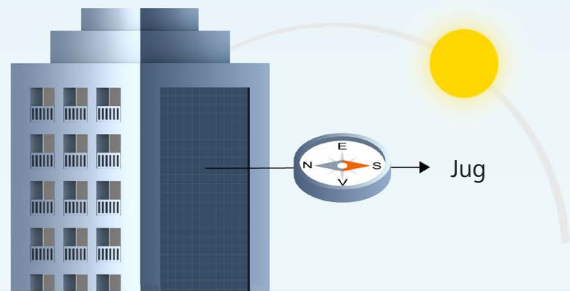
	Tip	Izvedba	Prednost	Pomanjkljivost
	Low Budget	Fotonapetostni moduli s standardnimi formati, preostala površina se zapolni s konvencionalnimi materiali	Nizki stroški, standardizirano projektiranje	Možni kompromisi z vidika kakovosti arhitekture, delno velik kontrast
	Medium	Fotonapetostni moduli s standardnimi formati, vendar s prilagojenimi barvami in/ali površinami	Nekoliko boljša sprejemljivost z arhitekturnega vidika zaradi manjšega kontrasta	Nekoliko višji stroški, dobavni roki zaradi posebnih rešitev
	High End	Fotonapetostni moduli so optimalno prilagojeni geometriji in arhitekturi stavbe v smislu formatov, oblik in barv	Fotonapetostni elementi se lahko skoraj neopazno zlijejo s stavbo, kar največja sprejemljivost z arhitekturnega vidika	Visoki stroški projektiranja in skupni stroški, malo ponudnikov

Ali prinašajo fotonapetostni sistemi na fasadi kakšno korist?

Večina ljudi je do sedaj videla fotonapetostne sisteme samo na strehah, vendar pa se lahko fotonapetostni moduli integrirajo tudi v fasado. Letna količina proizvedene energije glede na inštalirano moč je med drugim odvisna od:



- ▶ Lokacija stavbe
- ▶ Vremenskih razmer
- ▶ Usmerjenosti modulov

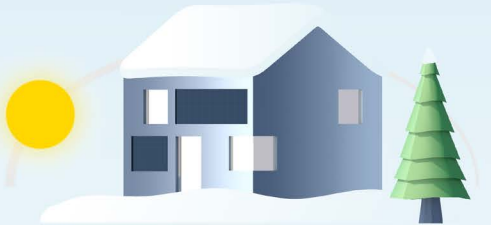


Idealna usmeritev fotonapetostnih modulov na površinah stavb
Fotonapetostna fasada, usmerjena proti jugu, lahko doseže najvišjo količino proizvedene energije v idealnih pogojih. A tudi druge usmeritve so lahko logična izbira.

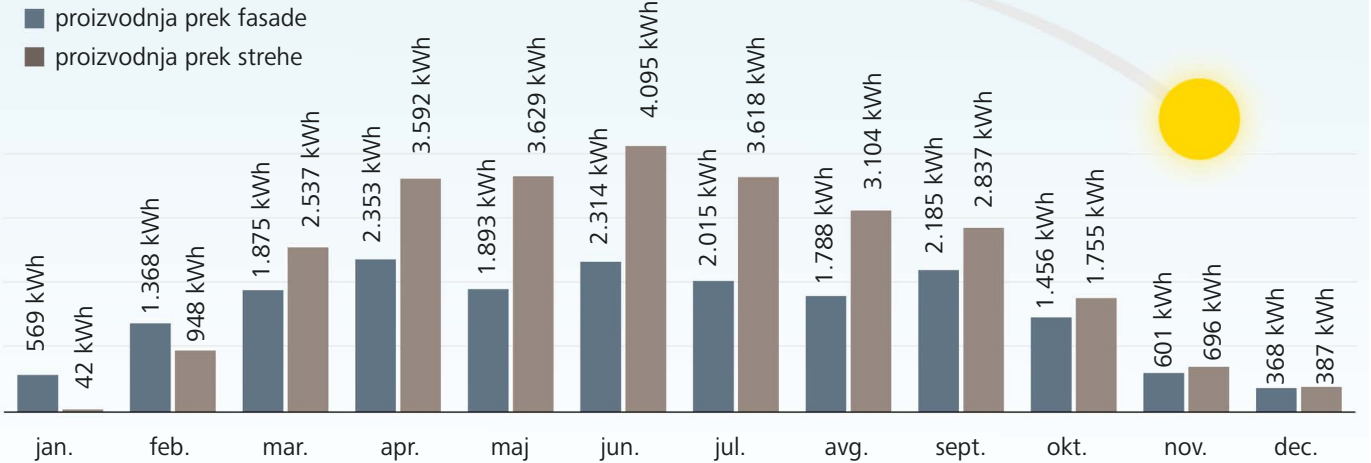
- ▶ Prednost: večja proizvodnja energije prek večjih površin na visokih stavbah

Oboroženi za zimo s fotonapetostno fasado

Usmerjenost proti vzhodu ali zahodu preusmeri proizvodnjo električne energije v jutranje ali večerne ure. Ker je položaj sonca v hladnejših mesecih nižji, se lahko na fasadi ustvari več energije kot na strehi. In elektrika se proizvaja točno takrat, ko je potrebujemo – takoj, ko se zunaj začne temniti in hladiti.



Proizvodnja energije v sistemu z močjo 30 kWp v primerjavi z obdobjem med letom





Projektiranje in dizajn

Integracija fotonapetostne tehnologije v fasade se je razvila v inovativno in trajnostno metodo proizvodnje energije, ki ne zagotavlja le funkcionalnih prednosti, temveč tudi dodano estetsko vrednost. Za uspešno izvedbo projektov s fotonapetostnimi fasadami ni potrebno le strokovno tehnično znanje, temveč tudi tesno sodelovanje med arhitekti, inženirji, električarji in drugimi strokovnjaki.

Možnosti ureditve

Čeprav za fotonapetostne fasade ni »standardnih formatov«, se lahko pri projektiranju zanesete na določene standardne tipe modulov, ki najpogosteje merijo približno 2 m². Nekateri proizvajalci sicer dovoljujejo tudi formate do višine 4,5 ali celo 5,0 metra, kar omogoča realizacijo elementov v višini celotnih etaž.

Glede oblike modula so na voljo predvsem pravokotni elementi. Poleg standardnih oblik se preučujejo tudi posebni formati, kot so trikotniki. Odločitev za aktivno ali neaktivno uporabo je odvisna od samega dizajna, da se na koncu zagotovi skladna vključitev v celotno ureditev objekta. Možno je tudi projektiranje zaobljenih modulov.

Fotonapetostne plošče s svojimi strukturnimi barvami ali pigmenti omogočajo doseganje estetske raznolikosti. Pigmenti se lahko natisnejo na module

ali pa se steklene površine fotonapetostnega modula obložijo. Pri uporabi pigmentov klasični sitotisk omogoča široko paleto barv, ki jih lahko realizirajo podjetja, specializirana za obdelavo stekla. Sprednja stran je običajno jedkana ali peskana, da se doseže razpršena površina in s tem zmanjša odboj ali bleščanje.

Glede na površinske lastnosti in barvo pride do zmanjšanja učinkovitosti, kar neposredno vpliva na količino proizvedene energije fotonapetostnih modulov.

Uravnavanje temperature

Fotonapetostni moduli so občutljivi na temperaturo, zato lahko previsoka vročina vpliva na njihovo delovanje. Hkrati lahko učinkovito hlajenje modulov izboljša učinkovitost in podaljša življenjsko dobo. Z uporabo posebnih materialov in konstrukcij lahko dosežemo pasivno hlajenje. Odsevne površine in izbira materialov z nizko toplotno prevodnostjo (les, mineralna volna, aerogel, stiropor) lahko zmanjšajo segrevanje modulov.

Primeri projektov



Projekt Röösl, Švica
Silotisk je bil na primer izbran v primeru te stavbe v Švici. Struktura fotonapetostnega sistema je prilagojena strukturi lesa, da se doseže skladen dizajn.

Fotografija: arconsol, dipl. ing. Dieter Moor



Projekt Seestraße, Švica
Eksperiment z digitalnim tiskom na fotonapetostnih ploščah. Stroški v tem primeru znašajo 1000 CHF na kvadratni meter, vklj. z ETICSOM in podkonstrukcijo. Načeloma se je sitotisk doslej najbolje izkazal.

Fotografija: HuggenbergerFries, Architekten AG



Projekt Allschwil, Švica
Vzorec šahovnice, izveden s sitotiskom. Barve so prilagojene tako, da so od daleč videti skladno, od blizu pa so vidni različni barvni odtiski. Odtisi prek samih celic preprečujejo prodiranje na površino.

Fotografija: Johannes Marburg, www.cipv.ch



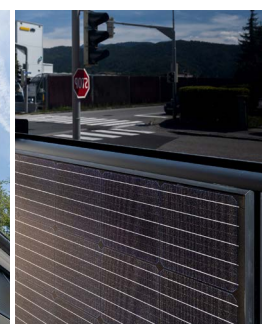
Bornholm Hospital, Danska
V Bornhomu na Danskem so fotonapetostni elementi nameščeni pod različnimi koti, da se namesto gladke konstrukcije na sami fasadi doseže določen vzorec.

Fotografija: Solarlab Global



Uporaba barv na samih celicah se uporablja predvsem na zelo opaznih fasadah ali pri stilu mozaične ureditve. Tukaj je mogoče izvesti približno 10 različnih barv, nastala obarvanost pa ustvarja sijaj v številnih drugih barvnih odtiskih. Upoštevati je treba, da je v tem kontekstu možnost realizacije homogenih barv slabša.

Fotografija: arconsol, dipl. ing. Dieter Moor



Tehnični center Sto, Beljak, Avstrija
Mešana fasada iz monokristalnih fotonapetostnih modulov s polnimi celicami in visečih prezračevanih steklenih plošč. Moduli z delno zatemnjenimi priključki so nameščeni tako, da so zamenljivi.

Fotografija: Christian Schellander, artboxx

StoVentec Photovoltaics Inlay

StoVentec Photovoltaics Inlay ponuja estetsko privlačen sistem za trajnostne fasadne rešitve. Sistem vključuje modul z dvojno zasteklitvijo s črno folijo za kapsuliranje. Posamezni celični priključki so pobarvani v črno.

Temne monokristalne sončne celice v kombinaciji z zatemnjenimi celičnimi priključki zagotavljajo enakomeren črn videz površine. Povezavo s klasično podkonstrukcijo OVF omogoča naša patentirana vstavna letev StoVentro Profile Inlay. Modul StoPhotovoltaics Inlay Modul je na voljo v naslednjem formatu: 1134 x 1722 x 35 mm (425 Wp). Svobodo pri ureditvi dosežemo z izbiro pokončnega ali ležečega položaja modula oziroma z njegovo kombinacijo z drugimi fasadnimi materiali, kot so steklo, omet, klinker ali kamen.

Pri vseh fotonapetostnih projektih se najprej izvede

obsežno svetovanje, del storitve pa je tudi simulacija pričakovane letne količine proizvedene energije. Podpremo vas v vsaki fazi konstrukcijskega in energetskega projektiranja fasadno integriranih fotonapetostnih sistemov.

Stik



Ernest Belcl, Sto Ges.m.b.H., Podružnica Ljubljana

Brezje pri Grosupliem 69, 1290 Grosuplje
M: +386 41 232 674
E: e.belcl@sto.com

Sistem

Podrobnosti
Moč sistema

- nazivna moč fotonapetostnega modula: 425 Wp
- količina proizvedene električne energije je odvisna od lokacije in usmeritve

Požarna odpornost

- požarna odpornost v skladu z EN 13501-1: B-s1, d0, težko vnetljivo (z 80-mm zračnim kanalom)

Zvočna izolacija

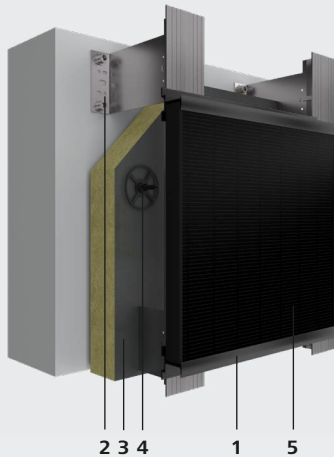
- izboljšanje zvočne izolacije do 12 dB (A)

Trajnost

- enostavno razstavljanje na posamezne komponente zahvaljujoč modularnim komponentam sistema
- možnost vrnitve okvarjenih ali obrabljenih fotonapetostnih modulov

Opombe

- garancija za učinek: min. 97 % v prvem letu, nato največje zmanjšanje za 0,7 % letno do 25 let

Komponente


1 — Podkonstrukcija
2 — Sidranje
3 — Izolacija
4 — Pritrditev
5 — Fotonapetostni modul

Dvojna trajnost s fasadnimi fotonapetostnimi sistemi?

V obdobju tridesetih let je mogoče prihraniti 252.750 kg CO₂ **.

Z naraščajočo tendenco!

v kg CO₂e

+ ≈170

Izpusti CO₂ pri 1 m² fotonapetostnega modula*

- ≈1.687

Preprečeni izpusti CO₂ s proizvodnjo električne energije prek fotonapetostnega modula velikosti 1 m² v 30 letih

Ker proizvodnja električne energije pri fotonapetostni tehnologiji poteka brez izpustov CO₂, je donosnost vložene količine energije dosežena že po treh letih delovanja.

Čas rekuperacije energije fotonapetostnih fasad

3 leta

Obešeni prezračevani fasadni sistem StoVentec Photovoltaics Inlay hkrati izkorišča dve možnosti za prihranek CO₂: varčevanje z energijo zahvaljujoč izolaciji fasade in CO₂ nevtralna proizvodnja energije. Ta sistem proizvede vsaj desetkratno količino energije, ki je potrebna za njegovo proizvodnjo.

Letna poraba v kg CO₂e

Vrsta stavbe in bivalna površina Fotonapetostno postrojenje v m ²	100–250 m ² 1–2 bivalni enoti 10 m ² fotonapetostnih modulov	251–500 m ² 3–6 bivalnih enot 25 m ² fotonapetostnih modulov	501–1.000 m ² 7–12 bivalnih enot 50 m ² fotonapetostnih modulov	> 1.000 m ² 12 bivalnih enot 100 m ² fotonapetostnih modulov
Letna poraba v kg CO ₂ e (vrednosti porabe po stopnji ogrevanja)	720	1.775	3.500	7.000
Potencial prihrankov s fasadnim izolacijskim sistemom StoVentec	25 %	25 %	40 %	40 %
Letni potencial prihrankov s fasadnim izolacijskim sistemom StoVentec v kg CO ₂ e	180	450	1.400	2.800
Potencial prihranka v kg CO ₂ e z uporabo nevtralne proizvodnje energije	562	1.406	2.812	5.625



Gradbeno pravo in fotonapetostna postrojenja

Ključno vlogo ima upoštevanje smernic za zaščito pred požarom v. Fotonapetostni elementi se uvrščajo v kategorijo »1.4. Druge zunanje stenske obloge«.

Za stavbe v razredih stavb 1 do 3 morajo fasade izpolnjevati le zahteve reakcije na požar v skladu s tabelo 1a Smernic 2 OIB. Pri stavbah razreda 4 in 5 morajo biti fasade izvedene tako, da se glede na drugo nadstropje nad virom požara učinkovito omeji širjenje požara skozi fasado in odpadanje večjih delov fasade.

Na splošno je treba biti pozoren na povečano tveganje širjenja požara in dima ter na morebitne težave pri preprečevanju požara oziroma pri uporabi reševalne opreme s strani gasilske službe ob upoštevanju razreda stavbe in števila nadzemnih nadstropij.

Poleg tega je treba upoštevati, da morajo fotonapetostne plošče prenesti določene zahteve glede upogibanja, zlasti pod vplivom vetra in vremenskih razmer. Klasične plošče v tem primeru pogosto dosežejo svoje meje.

Ta ciljna zahteva je izpolnjena v vsakem primeru, če obstaja pozitivno poročilo o testiranju akreditiranega organa za testiranje v skladu z ÖNORM B 3800-5

»Reakcija gradbenih materialov in komponent na požar – 5. del: Reakcija fasad na požar – zahteve, testiranja in ocene«.

Namestitev

Načrtovanje namestitve fotonapetostnih fasad zahteva celosten pogled na situacijo, predvsem v kontekstu arhitekturnega projektiranja. Skrbno izbran sistem namestitve in optimalno polaganje kablov ne zagotavljata le varne namestitve, temveč tudi kar največjo proizvodnjo energije. Upoštevati je treba zaščito pred strelami in prenapetostjo, da se ne zaščiti le sistem, ampak tudi celotna stavba. Z vidika zaščite pred požarom je vgradnja požarnih stikal pomemben varnostni vidik. V primeru požara ta omogočajo reševalnim službam varen odklop fotonapetostnega sistema, kar jim olajša delo pri gašenju požara. Izbira odpornih materialov in trpežnih montažnih sistemov pomaga zaščititi fotonapetostno fasado pred različnimi vplivi okolja (toča, potresi, sneg).



Pomembni standardi in predpisi

Elektrotehnični standardi

- EN IEC 61730-1 Kvalifikacija varnosti fotonapetostnega (PV) modula – 1. del: Konstrukcijske zahteve (IEC 61730-1:2016; EN IEC 61730-1:2018)
- EN IEC 61215-1-2 Talni fotonapetostni (PV) moduli – Ocena projekta in odobritev tipa – Del 1–2: Posebne zahteve za testiranje fotonapetostnih modulov (PV) na osnovi tankoslojnega kadmijevega telurja (CdTe)
- EN 61646 Tankoslojni talni fotonapetostni moduli – kvalifikacija dizajna in odobritev tipa

Standardi za uporabo stekla v stavbah

- EN 14449 Steklo v gradbeništvu – Večslojno steklo in večslojno varnostno steklo
- EN 12600 Steklo v gradbeništvu – Testiranje z nihalom – Metoda udarnega preskusa in klasifikacija za ravno steklo
- EN 356 Steklo v gradbeništvu – Varnostno steklo – Testiranje in klasifikacija odpornosti proti ročnemu napadu
- EN 12150-2 Steklo v gradbeništvu – Toplotno kaljeno natrij-kalcijevo silikatno steklo – 2. del: Vrednotenje skladnosti/standard za izdelek
- EN 1863-2 Steklo v gradbeništvu – Toplotno ojačano natrij-kalcijevo silikatno steklo – 2. del: Vrednotenje skladnosti/standard za izdelek – HRN EN 1279 Steklo v gradbeništvu – Izolacijsko steklo
- EN ISO 12543 Steklo v gradbeništvu – Večslojno steklo in večslojno varnostno steklo
- EN 1063 Steklo v gradbeništvu – Varnostno steklo – Testiranje in klasifikacija odpornosti proti prestrelitvi

Standardi in pravilniki za obešene prezračevane fasade

- Pravilnik o požarni odpornosti in drugih zahtevah, ki jih morajo stavbe izpolnjevati v primeru požara –
- EN 1991-1-4 Evrokod 1: Delovanja na konstrukcije – Del 1–4: Splošna delovanja – delovanje vetra
- EN 1991-1-4 NA Evrokod 1: Delovanja na konstrukcije – Del 1–4: Splošna delovanja – Delovanja vetra – Nacionalni dodatek –
- EN 1991-1-3 Evrokod 1: Delovanja na konstrukcije – Del 1–3: Splošna delovanja – Snežne obremenitve
- EN 1995-1-1 – Evrokod 5: Projektiranje lesenih konstrukcij – Del 1–1: Splošno – Splošna pravila in pravila za stavbe



Študija primera: sedež podjetja Sto

Nova zgradba recepcije in pisarn je zgrajena kot ničenergijska zgradba po standardu pasivnih hiš, zato ji je bila dodeljena platinasta oznaka Nemškega združenja za trajnostno gradnjo (DGNB). Najpomembnejši del te zgradbe je energetski koncept s kar najmanjšo porabo in trajnostno proizvodnjo energije. Del energije ustvarijo fotonapetostni moduli, ki so nameščeni na strehi in jugovzhodni fasadi. Na fasado so montirani fotonapetostni moduli iz fasadnega sistema StoVentec Photovoltaics. V kombinaciji z drugimi obešenimi prezračevanimi fasadnimi sistemi podjetja Sto (StoVentec R in StoVentec Glass) je bil na lokaciji Weizen ustvarjen arhitekturno prefinjen in trajnosten projekt.

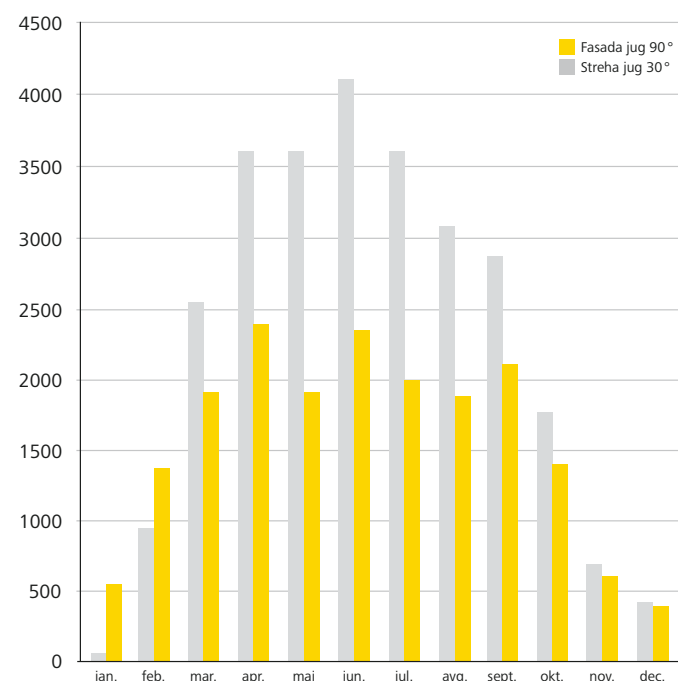
Pri vseh fotonapetostnih projektih se



Zgradba recepcije na sedežu podjetja Sto v Weizenu, DE

V naši zgradbi recepcije so uporabljene štiri različne površine: steklo, fotonapetostni moduli, omet in plastični fasadni elementi iz verolita. Gre za ničenergijsko zgradbo s platinastim certifikatom združenja DGNB.
Fotografija: Alexander Matthews, Drohne Copter

najprej izvede obsežno svetovanje, del storitve pa je tudi simulacija pričakovane letne količine proizvedene energije. Merjenje dejansko ustvarjene količine proizvedene energije na zgradbi 16 podjetja Sto v letih 2018 in 2019 kaže, da ustrezajo predhodno izračunano količino proizvedene energije. Podpremo vas v vsaki fazi konstrukcijskega in energetskega projektiranja fasadno integriranih fotonapetostnih sistemov.



Primerjava ustvarjene energije prek fasade/strehe pri sistemu z močjo 30 kWp

Intervju z dipl. ing. Dietrom Moorom

Ste strokovnjak na področju arhitekturnega svetovanja za solarne rešitve. Se lahko na kratko predstavite in nam poveste malce več o svojih izkušnjah na področju solarnih rešitev za stavbe? Kako ste prišli na idejo, da bi se specializirali na tem področju?

Pred približno 22 leti sem se specializiral za obnovljive vire energije, nato pa sem po delu pri dobavitelju energije na tem območju padel v solarno panogo. Kot dolgoletni direktor podjetja za proizvodnjo fotonapetostnih modulov, namenjenih integraciji v stavbe, sem pridobil bogate izkušnje. V tem obdobju sem na žalost pogosto ugotovil, da projekti niso vedno optimalno načrtovani – od začetne skice prek simulacij in podrobnega projekta pa vse do izvedbe. To spoznanje o nujnosti pravega projektiranja me je pred približno letom in pol pripeljalo do ustanovitve lastne inženirske pisarne Arconsol. (povezava: www.arconsol.com)

Kakšne trende v prihodnosti vidite na področju proizvodnje sončne energije?

Da bi lahko govorili o prihodnosti, morate najprej pogledati, kaj se je zgodilo v preteklosti. Moram reči, da je precej zanimivo, kaj se je zgodilo v zadnjih 20 letih. V mislih imam na primer povečanje učinkovitosti v fotonapetostni tehnologiji, pa tudi število namestitev takšnih sistemov po vsem svetu. Na področju arhitekturnih rešitev, ki so v središču mojega dela, lahko že prepoznamo pomembne trende za prihodnost. Na eni strani ti vključujejo obstoječe tehnologije, ki omogočajo barvne fotonapetostne module, pa tudi pol prosojne rešitve. Menim, da bo ta rešitev prevladovala na trgu arhitekturnih rešitev v naslednjih nekaj letih.

Kako bi lahko ta razvoj vplival na panogo kot celoto?

Na eni strani se bo s temo fotovoltaike ukvarjalo vedno več arhitektov. Po drugi strani pa je mogoče domnevati, da bodo gradbeniki, nepremičninske agencije in zasebni vlagatelji pokazali vse večje

zanimanje, saj nove možnosti fotonapetostne tehnologije ponujajo zanimivejše rešitve kot običajni sistemi, ki so nameščeni na strehah.

Ali obstajajo nove tehnologije ali inovativni pristopi, ki se vam zdijo še posebej obetavni?

Prepoznavam predvsem potencial pri optimizaciji procesov in celoviti izvedbi projektov, kar še posebej velja za kompleksne projekte. Tukaj mi pride na misel ključna beseda BIM (*Building Information Modelling*). Zlasti pri začasno zasenčenih fotonapetostnih fasadah si je dobro izmenjevati 3D-modele z arhitekti in profesionalnimi projektanti, da se lahko izvedejo začetne simulacije. To bi koristilo celotni panogi. Čeprav še vedno obstaja nekaj možnosti za optimizacijo na strani modulov, se po moji oceni največji potencial skriva v nadaljnjem izboljšanju procesov in sodelovanju znotraj projektov.

Kateri so tipični izzivi pri implementaciji sistemov fotonapetostnih fasad in kako jih lahko premagamo? Kako na to gledate predvsem z vidika varstva pred požarom in koordinacije med izvajalci različnih del?

Ena največjih težav je zagotovo nezadostno poznavanje fotonapetostnih fasad. Trenutna slika v glavi vključuje veliko sistemov na strehah ali fotonapetostnih sistemov na prostih površinah. Tak vtis le še okrepijo naključni pojavi fotonapetostnih modulov na balkonih. Prav zato je potrebna velika izobraževalna kampanja, da se arhitektom pokaže, da obstajajo tudi arhitekturno privlačni koncepti. Ena od pomembnih tem je tudi predpostavka v vašem vprašanju, da je lahko koordinacija med izvajalci različnih del, tj. rešitev na točki njihovega presečišča, problematična. Svet steklenih fasad in gradbeništva še vedno ni popolno prepleten s svetom električne ali fotonapetostne energije. Pred nami je še veliko trdega dela.

Protipožarna zaščita je še ena tema, o kateri se





veliko razpravlja že od katastrofalnega požara, ki se je leta 2017 zgodil v londonskem Grenfell Towerju. Odgovorne gradbene službe so sedaj izredno previdne in ne tvegajo več. Zlasti so bili zaostreni zakoni in smernice na področju fotonapetostnih sistemov. To temo je treba obravnavati pri načrtovanju fotonapetostnih fasad, zlasti na področju visokogradnje. Ni fotonapetostnih modulov, ki veljajo za »negorljive«.

Katere napake se pogosto pojavljajo med projektiranjem in izvedbo? In kakšna so vaša priporočila, da se jim izognemo?

Največje napake pogosto izhajajo iz različnih ravni znanja med vpletenimi ljudmi. Naj razložim na primeru: Izkušen projektant električnih inštalacij projektira fotonapetostno fasado in oceni stroške na podlagi svojih izkušenj s standardnimi fotonapetostnimi sistemi. Na podlagi teh izkušenj oceni, da so stroški nekoliko višji, in upa, da je rezultat čim bližje resničnemu. V tem primeru lahko pride do neprijetnih presenečenj, saj nekatere stvari preprosto niso bile upoštevane.

Pogosto pride do nesoglasij med izvajanjem del, ker vmesniki niso optimalno projektirani. Da bi se izognili takšnim težavam, priporočam okrepljeno sodelovanje. Preden se izvajalec določenih del prestraši izgube celotnega projekta, bi bilo bolje dodeliti posamezne sklope strokovnjakom na določenem področju ali pa jih vključiti že v proces projektiranja. Sodelovanje lahko pomaga zagotoviti, da se izvajalci različnih del med seboj bolje uskladijo in da celoten proces poteka nemoteno.

Kakšno vlogo ima dizajn pri sprejemljivosti in implementaciji fotonapetostnih sistemov v stavbah?

Vloga se razlikuje od primera do primera. Pri nekaterih projektih dizajn ne igra nobene vloge, pri drugih pa je glavna tema.

Zanimivo je opazovati, kako različni so lahko pristopi. Tako so na primer izjemno svetleče sončne celice, ki spominjajo na marmor, prava uspešnica za enega arhitekta, medtem ko je glavni cilj drugega arhitekta, da kljub njihovi visoki učinkovitosti sončne celice »zakrije«.

To vprašanje je treba vedno obravnavati v kontekstu konkretnega projekta.

Imate kakšno posebno izkušnjo ali projekt, ki se ga še posebej spomnite?

To je bil nedvomno projekt za svetovno razstavo

2017 v Astani v Kazahstanu. Tema sejma je bila »Energija prihodnosti«, organizatorji pa so želeli integrirati fotonapetostno streho v 80 metrov veliko kroglo iz jekla in stekla. Celoten proces, od zasnove dizajna v sodelovanju z arhitektoma Adrianom Smithom in Gordonom Gillom iz Chicaga (ta pisarna je načrtovala tudi Burj Khalifo v Dubaju, trenutno najvišjo stavbo na svetu) prek faze pridobivanja ponudb do končne uspešne izvedbe, je bil resnično pravi izziv. S tem projektom smo pridobili ogromno izkušenj. Ampak najboljšje je, ko stojiš pod streho in vidiš »lastno delo«, ki ga je naša celotna ekipa uspela uresničiti; takrat te preplavi občutek ponosa in zadovoljstva.

Kako gledate na prihodnost proizvodnje energije, predvsem pa na proizvodnjo sončne energije na fasadi v naslednjih 10 letih?

Za to vprašanje bi potreboval kristalno kroglo. [smeh] Prihodnost proizvodnje energije je težko napovedati. Pri opazovanju kazalnikov iz fotonapetostne panoge pogosto opazimo tako imenovano ciklično oblikovanje cen (angl. *pork cycles*), kar je eden od pojavov v ekonomiji. Preprosto povedano, to pomeni, da se v času visokih cen izdelkov, v tem primeru fotonapetostnih modulov, naložbe v proizvodnjo povečujejo. Ko je trg preplavljen z veliko količino razpoložljivih izdelkov, zaradi presežne ponudbe cene padejo. Trenutno lahko vidimo podoben pojav z izjemno nizkimi cenami fotonapetostnih modulov iz Azije. Fotonapetostni sistemi še nikoli niso bili tako dostopni kot zdaj. Pri fasadnih sistemih je situacija nekoliko drugačna. Številni osnovni pogoji, kot so pravni predpisi, se dolgoročno gibljejo v stabilni smeri rasti. Menim, da takšnih ciklov v zvezi s tem ne bo.

Če bi lahko sporočili eno željo panogi, politikom in izvajalcem, kakšna bi bila?

Sporočilo panogi: Okrepite sodelovanje. Sporočilo politiki: Ustvarite stabilne osnovne pogoje. Sporočilo podjetjem: Držite se in ne obupajte.

Stik



dipl. ing. Dieter Moor,
arconsol

Steingasse 9/11
4020 Linz
M: 0660 / 574 37 44
E: dieter.moor@arconsol.com
www.arconsol.com