



MONTAŽA SOLARNIH SISTEMA

**GEBÄUDEHÜLLE SCHWEIZ**
ENVELOPPE DES EDIFICES SUISSE
INVOLUCRO EDILIZIO SVIZZERA
SCHWEIZER GEBÄUDEHÜLLE N-UNTERNEHMUNGEN

Montaža solarnih sistema



Impresum

Naslov originala

Solarmontagen

Uključena udruženja

Gebäudehülle Schweiz, Lindenstrasse 4, 9240 Uzwil

Swissolar, Schweizer Fachverband für Sonnenenergie, Neugasse 6, 8005 Zürich

Upravljanje projektom

Technische Kommission Solar/Energie von Gebäudehülle

Schweiz, Lindenstrasse 4, 9240 Uzwil Sahli Hansueli, Leiter

Technik, Gebäudehülle Schweiz, 8312 Winterberg

Radna grupa za upravljanje projektom

Walker Marco, 8500 Frauenfeld

Predstavnik

TK Solar/Energie von Gebäudehülle Schweiz

Radna grupa TK Solar/Energie

Bühler Urs, 6333 Hünenberg See

Heim Manuel, 8360 Eschlikon

Helbling Stefan, 8645 Jona

Nussbaumer Reto, 8808 Pfäffikon SZ

Pacifico Pino, 6318 Walchwil

Sahli Hansueli, 8312 Winterberg

Vosgerau Ruedi, 8953 Dietikon

Walker Marco, 8500 Frauenfeld

Predstavnik

Energy Systems and Engineering

BS Strohmeier AG

CH-Solar AG

Eternit Schweiz AG

PECSO Energy Consulting & Solutions

Gebäudehülle Schweiz

Elektrizitätswerke des Kantons Zürich

Polybau

Redakcija i ilustracije

Ragonesi Marco, RSP Bauphysik AG, 6003 Luzern

Prevod

Adnan Harbić, 75000 Tuzla, BiH

Tehnička obrada

Sejfudin Agić, 75000 Tuzla, BiH

Štamparija BiH

OFF-SET d.o.o. Tuzla, 7

Štamparija

Cavelti AG, medien. digital und gedruckt, 9200 Gossau

Naslovna slika

Michael Baur, 5622 Waltenschwil

Objekt: B. Christen, 1589 Chabrey

© Dieses Handbuch einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtes ist ohne Zustimmung von Gebäudehülle Schweiz unzulässig und strafbar. Dies gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherungen und Verarbeitungen in elektronischen Systemen.

© Ovaj priručnik, uključujući sve njegove dijelove, zaštićen je autorskim pravom. Bilo kakvo korištenje izvan uskih granica autorskog prava bez suglasnosti Swiss Building Envelope je nedopustivo i kažnjivo. To se posebno odnosi na reprodukcije, prevode, mikrofilmovanje te pohranu i obradu u elektronskim sistemima

Priručnik je preveden na bosanski jezik u okviru projekta "Solarna energija za Tuzlu" koji realizira Centar za ekologiju i energiju u saradnji sa Ministarstvom obrazovanja i nauke Tuzlanskog kantona, Građevinsko-geodetskom i Elektrotehničkom školom iz Tuzle, Švicarskim Caritasom, Fördervereinom i Polybau školom iz Švicarske. Priručnik je štampan u okviru projekta "Inovacije u EE i OE za bolje prilagođavanje klimatskim promjenama i smanjenje siromaštva" uz podršku Švicarskog Caritasa.

1	Uvod	3		
1.1	Zašto solarna energija?	3	6.1.1	Cjevovodi za solarno grijanje
1.1.1	Filozofija	3	6.1.2	Spojevi solarnih toplovodnih cijevi
1.1.2	Svrha priručnika	3	6.1.3	Povezivanje solarnih kolektora
1.1.3	Stanje korištene ovojnice objekta	3	6.2	Fotonaponski vodovi
1.2	Optika	4	6.2.1	Vodovi za solarnu električnu energiju
2	Solarni sistemi	5	6.2.2	Povezivanje solarnih kablova
2.1	Pasivno korištenje solarne energije	5	6.2.3	Povezivanje FN modula
2.2	Aktivno korištenje sunčeve energije	6	6.3	Ožičenje unutar i na objektima/ zgradama
2.2.1	Solarni kolektori - Termički solarni sistemi	6	6.3.1	Kosi krov
2.2.2	Drugi sistemi	7	6.3.2	Ravni krov
2.2.3	Fotonaponski - FN sistemi	7	6.3.3	Vanjski zid
2.2.4	Hibridni sistemi	8	6.4	Presjeci/preklapanja
3	Solarni sistemi - komponente	9	6.4.1	Spojna mjesta sa elementima sistema
3.1	Solarni kolektori - termički solarni elementi	9	6.4.2	Električni spojevi
3.1.1	Konstrukcija i funkcija solarnog kolektora	9	6.5	Proboji na objektima/zgradama
3.1.2	Ostali elementi	10	6.5.1	Proboji objekta na kosom krovu
3.2	Fotonaponski solarni elementi	12	6.5.2	Proboji na objektu na ravnom krovu
3.2.1	Izgradnja i princip funkcioniranja solarnog modula	12	6.5.3	Proboji objekta na vanjskim zidovima
3.2.2	Ostali elementi	12	7	Montaža na kosom krovu
3.3	Bifacijalni-dvostrani solarni moduli	15	7.1	Transport i skladištenje
3.4	Hibridni kolektori	17	7.1.1	Transport
4	Podkonstrukcije	18	7.1.2	Skladištenje na tlu
4.1	Slojevi i izgradnja kod kosih krovova	18	7.1.3	Skladištenje na krovu
4.1.1	Sistemi	18	7.2	Montaža solarnih kolektora na kosom krovu
4.1.2	Slojevi i materijali	18	7.2.1	Montaža na postojeću krovnu konstrukciju
4.1.3	Ventilacioni prostori	19	7.2.2	Vakumski kolektori
4.1.4	Kontrola pokrovnog materijala	20	7.2.3	Montaža solarnih kolektora u krov
4.2	Slojevi i struktura ravnih krovova	21	7.2.4	Kolektori velikih površina
4.2.1	Sistemi	21	7.2.5	Priključci i završeci pokrivnog materijala na solarnim kolektorima
4.2.2	Slojevi i materijali	21	7.3	Montaža FN sistema na kosom krovu
4.2.3	Procjena krova prije planiranja/gradnje	22	7.3.1	Montaža FN modula na krov
4.3	Slojevi i struktura vanjskih zidova	23	7.3.2	Montaža FN modula u krov
4.3.1	Sistemi	23	7.3.3	Priključci i završeci pokrivnog materijala za FN module
4.3.2	Slojevi i materijali	23	8	Montaža na ravnom krovu
5	Sistemi montaže i pričvršćivanja	25	8.1	Skladištenje i montaža FN sistema na ravnom krovu
5.1	Sistemi za pričvršćivanje na kosom/okomitom krovu	25	8.1.1	Transport i skladištenje kolektora i FN modula
5.1.1	Sistemi izgrađeni na kosim krovovima	25	8.1.2	Montaža solarnih kolektora na ravnom krovu
5.1.2	Integrirani solarni sistemi	34	8.1.3	Montaža FN modula na ravnom krovu
5.2	Sistemi pričvršćivanja na ravnom krovu	35	9	Montaža na vanjskom zidu
5.2.1	Upute za planiranje	35	9.1	Skladištenje i montaža solarnih sistema na vanjskom zidu
5.2.2	Balastni sistemi na ravnom krovu	36	9.1.1	Transport i skladištenje kolektora i FN modula
5.2.3	Prodirući sistemi na ravnom krovu	40	9.1.2	Montaža solarnih kolektora na vanjskom zidu
5.2.4	Čvrstoća na pritisak termoizolacija	40	9.1.3	Montaža FN modula na vanjskom zidu
5.3	Sistemi pričvršćivanja na vanjskim zidovima	41		
5.3.1	Montaža sa zidnim konzolama	41		
5.3.2	Montaža fiksiratora	41		
6	Vodovi: Povezivanje/ožičavanje	42		
6.1	Vodovi za solarne kolektore	42		

10	Specijalni sistemi	68			
10.1	Balkonske ograde	68	12	Norme	84
10.1.1	Balkon kao izvor energije	68	12.1	Građevinski propisi	84
10.1.2	Sigurnost od pucanja	68	12.1.1	Građevinska odobrenja	84
10.1.3	Instaliranje vodova	68	12.1.2	Zaštita od požara	84
10.2	Osjenčenja	69	12.1.3	Opterećenja usljed snijega i vjetra	84
10.3	FN prizemni sistemi	69	12.2	Solarni kolektorski sistemi	84
10.4	Ovješeni FN sistemi	70	12.2.1	Propisi za solarne kolektorske sisteme	84
10.5	Druge primjene	70	12.2.2	Grijači vode/Spremnici	84
10.5.1	Sistemi praćenja položaja sunca	70	12.2.3	Cjevovodi	84
10.5.2	Druga korištenja F modula	70	12.2.4	Cirkulacione pumpe	84
11	Sigurnost	72	12.2.5	Solarni kolektorski sistemi	84
11.1	Sigurnost na radu	72	12.3	Fotonaponski sistemi	85
11.2	Statika, opterećenja	72	12.3.1	Propisi iz oblasti elektriciteta	85
11.2.1	Usisavanje vjetra, pritisak vjetra, obračun opterećenja vjetrom	73	12.3.2	Propisi za izvodače radova	85
11.2.2	Opterećenje snijegom, proračun opterećenja snijegom	75	13	Primopredaja sistema	86
11.2.3	Zaključak	77	13.1	Solarni kolektorski sistemi	86
11.3	Snjegobrani/zadržavanje snijega	78	13.1.1	Preuzimanje/Kontrola	86
11.3.1	Nastanak krovnih lavina na solarnim sistemima	78	13.1.2	Pokretanje sistema (predaja, instrukcije, koncept održavanja)	86
11.3.2	Odgovornost za štetu uzrokovanu lavinama s krova	78	13.1.3	Dokumentacija	86
11.3.3	Rješenja za sisteme snjegobrana	79	13.1.4	Garancija	86
11.4	Zaštita od munja	80	13.2	Fotonaponski sistemi	87
11.4.1	Vodovi za štitnike	80	13.2.1	Preuzimanje/Kontrola	87
11.4.2	Zaštita od induciranih napona	81	13.2.2	Pokretanje sistema (predaja, instrukcije, koncept održavanja)	87
11.4.3	Zaštita od prenapona i integracija u sistem gromobranske zaštite	81	13.2.3	Dokumentacija	87
11.5	Sigurnost sistema	81	13.2.4	Garancija	87
11.6	Preventivne protivpožarne mjere	82	14	Održavanje	89
11.6.1	Propisi kod FN sistema	82	14.1	Održavanje i pregled	89
11.6.2	Propisi kod termičkih solarnih sistema	83	14.1.1	Održavanje	89
			14.1.2	Inspekcija/Ispitivanje	89
			14.2	Održavanje/popravci	89
			14.3	Poboljšanja	90
			14.4	Reciklažno zbrinjavanje	90
			14.4.1	Bez štetnih tvari u FN sistemima	90
			14.4.2	Težiti ka recikliranju	90

1. Uvod

1.1 Zašto solarna energija

1.1.1 Filozofija

Kada se planira novi građevinski objekat ili energetska modernizacija postojećeg objekta, onda on ne bi trebao zadovoljavati samo građevinske zakone i zahtjeve sadašnjosti, već i zahtjeve budućnosti.

Resursi, kao što su nafta i zemni plin, su ograničeni i postaju sve dragocjeniji. Pitanje energije se danas ne postavlja samo u saobraćaju već i u gradnji objekata. Vlasnici objekata, bilo da ih iznajmljuju ili žive u njima, su sve osjetljiviji na pitanje koliko je visoka potrošnja energije njihovog objekta ili stana i razmišljaju kako da ubuduće postignu da budu što neovisniji o potrošnji dragocjene energije.

Plan mnogih država s tim u vezi je jasan. Npr. u Švicarskoj se ovaj plan naziva Energetska strategija 2050. Temelj ove strategije su dešavanja u građevinskim objektima i reduciranje energije za grijanje na minimum, što znači optimalno toplotno izoliranje ovojnice objekta i korištenje učinkovitih sistema grijanja.

Čak je i u perfektno toplotno izoliranoj kući uvijek potrebna energija za zagrijavanje. Rješenje koje se danas nameće je proizvodnja i korištenje toplote iz solarnih sistema za zagrijavanje sanitarne vode ili za podršku grijanju.

Uz današnje tehnologije, solarna energija (Photovoltaic - PV, fotonapon - FN) može se jednostavno proizvoditi na krovovima i fasadi, a sami solarni elementi su optički integrisati na odgovarajući način. Nažalost, akumulacija/skladištenje električne energije nije tako jednostavna kao npr. kod tople vode.

U većini koncepcija se veliki dio dobivene solarne električne energije distribuira u javnu mrežu i kasnije, po potrebi, ponovo preuzima na korištenje. Na objektima kod kojih se treba postići visok stepen vlastite pokrivenosti, mogu se odabrati rješenja skladištenja sa baterijama/akumulatorima koji mogu 1 do 2 dana premostiti potrošnju u kući/objektu bez proizvodnje nove energije.

Kao dopuna, automatizacijom građevinskog objekta i dobro poredanim i usmjerenim solarnim modulima može se uštedjeti i iskoristiti veliki dio proizvedene energije na

građevinskom objektu. Svaki višak se tada može prodati ili koristiti za punjenje npr. elektroautomobila, bicikla i slično. Tako bismo u budućnosti biti manje ovisni o fosilnim izvorima energije.

Takvi zaokruženi potpuni energetske koncepti su nezamjenjivi u budućoj gradnji objekata. Osim toga, oni pomažu vlasniku stambenog prostora da ekonomično upravlja zgradom i postigne višu prodajnu cijenu, npr. u slučaju promjene vlasništva.

1.1.2 Svrha priručnika

Pružnik je napisan da bi se popunila praznina u ovoj važnoj tehnološkoj grani i odnosi se na tehnike planiranja i instaliranja solarnih sistema. Za detaljna znanja o tome kako solarno grijanje i solarni sistemi funkcionišu, preporučujemo mnogobrojne izvore na internetu, npr. dokumente za obuku od Swissolar-a.

Ovaj priručnik se koristi u svrhu obuke na različitim nivoima na temu: Solarne instalacije na omotaču objekta i, između ostalog, pruža važne upute o planiranju za arhitekta, planere, izvođače i vlasnike objekata.

Uz ove općenite teorijske prikaze, uvijek se moraju uzeti u obzir i upute o montaži ponuđača i proizvođača sistema.

1.1.3 Stanje korištene ovojnice građevinskog objekta

Svaki put kada se planira solarni sistem, potrebno je pažljivo provjeriti stanje građevinskog materijala, a posebno konstrukcije na koju se solarni sistem treba dograditi. Ovo uključuje statičke analize, kao i procjenu preostalog vijeka trajanja postojećeg građevinskog materijala/konstrukcije.

Nema smisla postavljati solarni sistem sa životnim vijekom od preko 20 godina na nekoj površini koja se mora sanirati za 10 godina.

Kod neprozirnih vanjskih građevinskih dijelova na objektima, koji se renoviraju, U-vrijednost treba biti manja ili jednaka od $\leq 0,2W/m^2K$. Ako to nije slučaj, posebno sa komponentama koje su opremljene solarnim elementima, razmatraju se povećanje energetske efikasnosti i prilagođavanja konstrukcija kroz moguća tehnička poboljšanja.

1.2 Optika

Kod planiranja solarnih sistema, ne može se zanemariti optički izgled. Solarni sistemi ne bi trebali naručiti vanjski izgled građevinskog objekta, a posebno krovni pejzaž i time ga obezvrijediti.

Ovo se odnosi na integrisane i priključene sisteme (slike 1.1 i 1.2).



Slike 1.1 i 1.2.: Vizuelno nepovoljan dizajn, također gubitak performansi zbog zasjenjenja kod dogradnje

Najjednostavnije se zadovoljavajući rezultat postiže ako se sistem može ugraditi po cijeloj površini krova. Moguće je postići željeni dizajn i na drugi način, preuzimanjem postojećih linija elemenata već ugrađenih na krovu i održavanjem iste udaljenosti od rubova krova (slika 1.3).



Slika 1.3: Postojeće linije ugrađenih elemenata se preuzimaju, rubni razmaci ravnomjerno raspoređeni

Važno je paziti na to da se kolektori i solarni moduli koriste sa istim bočnim dužinama i da se njihovo poravnanje (horizontalno ili vertikalno) ne mijenja unutar jedne površine objekta.

Temu "estetski solarni sistemi" je preuzela i solarna industrija. U ponudama postoje moduli i kolektori u posebnim veličinama, sa kosim ivicama i specijalnom bojom.

Sa tim osobinama i inovativnim materijalima, otvorene su mnoge mogućnosti kod planiranja i realizacije integrisanih sistema (uporedi slike 1.4 i 1.5).



Slike 1.4 i 1.5: Optimalno na objektu prilagođeni FN (fotonaponski) sistem

Autonomni, tzv. off-grid solarni sistemi za vlastite potrebe ne zahtijevaju građevinsku dozvolu, ali postoji obaveza njihovog prijavljivanja.

2. Solarni sistemi

2.1 Pasivno korištenje solarna energija

Kod korištenja sunčeve energije razlikuje se pasivno i aktivno korištenje.

Kod pasivnog korištenja koristi se sunčeva energija pomoću postojećih građevinskih i konstruktivnih dijelova objekata (prozori, zimski vrt/bašta, transparentna toplotna izolacija...).

Ovaj priručnik obrađuje nadalje samo aktivno korištenje sunčeve energije za stvaranje toplote i električne energije.



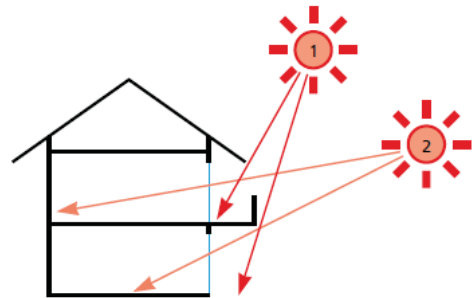
Slika 2.1: Pasivno korištenje solarne energije kroz prozore, na lokacijama bez magle



Slika 2.2: Fasada sa transparentnom toplotnom izolacijom na dograđenom dijelu objekta



Slika 2.3: Zimski vrtovi/bašte kao nastanjivi prostori u stambenoj zgradi



Slika 2.4: Pasivno korištenje sunčeve energije:
1 - maksimalni položaj sunca tokom ljeta, unutrašnje prostorije sunce ne zagrijava,
2 - maksimalni položaj sunca zimi, niska pozicija sunca zagrijava unutrašnje prostorije

2. Solarni sistemi

2.2 Aktivno korištenje solarna energija

Solarnu energiju možemo koristiti aktivno kod:

- solarnih termički sistemi, solarni kolektori za proizvodnju tople vode za kućnu i industrijsku upotrebu, i
- fotonapona FN (photovoltaic PV) za transformaciju solarne u električnu energiju na solarnim/fotonaponskim modulima.

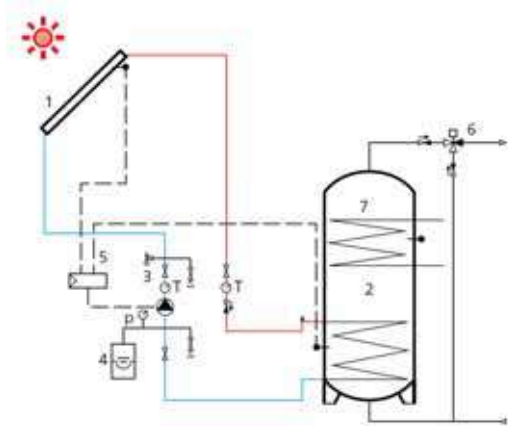
U vezi sa konstrukcijom sistema razlikuju se sljedeće tri građevinske mogućnosti:

- dogradnja na krovu ili fasadi,
- integracija u objekat, integrira se u krov ili fasadi (BIPV, building integrated PV),
- noseća konstrukcija za FN sisteme na velikom slobodnom prostoru (ova vrsta montaže nije sastavni dio ovog priručnika).

2.2.1 Solarni kolektori - Termički solarni sistemi

Upotreba solarnih kolektora kreće se od jednostavne pripreme tople vode u kućama za jednu porodicu ili kućama za više porodica sve do industrijske upotrebe (npr. procesna toplota).

Korisna topla voda



Slika 2.5: Šema solarnog termičkog sistema

1. Kolektor
2. Spremnik/bojler i izmjenjivač topline kolektora
3. Solarna grupa
4. Ekspanzija
5. Solarni regulator
6. Termički mikser hladne i tople vode
7. Izmjenjivač topline za dodatnu energiju (električnu, toplotnu pumpu, biomasa, fosil...)

Kod sistema zagrijavanja sa toplom vodom kuća za jednu i više porodica, tokom cijele godine, potrebe za toplom vodom mogu biti pokrivena

solarnim kolektorima. Takvim sistemima se može pokriti 2/3 potrebne energije za zagrijavanje uz pomoć sunca (slika 2.5).

Kod kuća u kojima stanuje više porodica se u većini slučajeva za obezbjeđenje tople vode koriste sistemi sa prethodnim zagrijavanjem. Kod sistema za prethodno zagrijavanje tople vode u seriju se uključuju dva ili više spremnika.

Ako je potrebno, industrijska topla voda se može direktno dovesti preko toplinskog izmjenjivača iz spremnika do potrošača. Na taj način se uklanja strah od razvijanja legionele* (*Bakterija koja uzrokuje legionarsku bolest).

Podrška zagrijavanju

Ako koristimo toplotnu solarnu energiju kao podrška za grijanje u pravilu nam je potreban spremnik velikog volumena i veća kolektorska površina. Ovi sistemi su, u pravilu, vezani sa još jednim dodatnim sistemom za grijanje.



Slika 2.6: Šema za pripremu grijanja i tople vode

1. Kolektor
2. Kombinovani spremnik sa grijanjem vode
3. Solarna grupa
4. Ekspanzija
5. Termički mikser
6. Dodatna energija (električna, toplotna pumpa, biomasa, fosil...)
7. Grijna grupa (podno grijanje, radijatori, grijanje toplim zrakom...)

U kombinovanoj varijanti obezbjeđenja tople vode i podrške grijanju nalazi se bojler za toplu vodu (2) koji je okružen vodom za grijanje u unutrašnjosti spremnika (slika 2.6).

2. Solarni sistemi

2.2 Aktivno korištenje solarna energija

2.2.2 Drugi sistemi

Procesna toplota

U industrijskim pogonima mogu se planirati različite primjene. Tipični primjer su postrojenja i uređaji za proizvodnju sira, uređaji za praonice, za farmaceutske proizvode i kozmetičku industriju. Svugdje tamo, gdje je potrebna toplota u procesu proizvodnje, solarni kolektori su dobra dopuna za konvencionalno osiguravanje energije.

Grijači za bazene

Pomoću jastučastih apsorbera, apsorbera u obliku otirača ili pomoću gumenih cijevnih sistema može se koristiti solarna toplota bez privremene pohrane za predgrijavanje bazena ili drugih vodenih sistema (pogledati sliku 3.4).

Solarni termički sistemi za proizvodnju električne energije

Najveći broj ovih sistema koriste tzv. koncentrirajuće kolektore za fokusiranje sunčevih zraka na mjesto apsorpcije ili na liniju apsorpcije, pri čemu se mogu postići temperature od 390°C do preko 1000°C. Ova toplota se nakon toga koristi ili kao industrijska procesna toplota ili transformira preko generatora u električnu energiju. Budući da su koncentrirajući sistemi upućeni na direktno sunčevo zračenje, oni se koriste samo u suhim regijama sa puno sunca (npr. u južnoj Španiji).

2.2.3 Fotonaponski - FN sistemi

Fotonaponski panel transformiše sunčevu/solarnu energiju zračenja u istosmjernu električnu energiju na svojim priključcima.

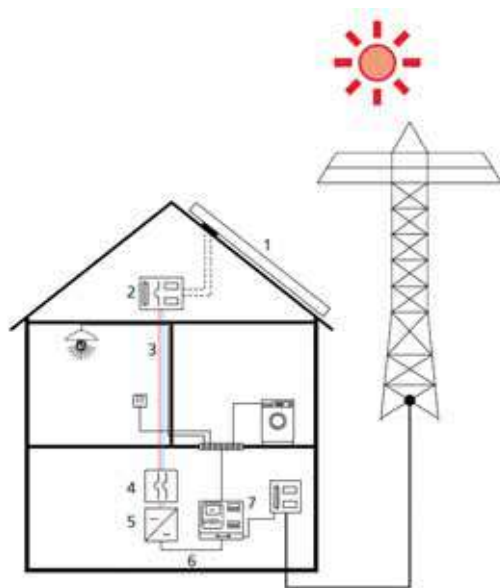
On-grid sistemi spojeni na električnu mrežu

Osnovno obilježje sistema koji se spajaju na električnu mrežu, tzv. on-grid sistemi (slika 2.7) je priključivanje na javnu mrežu za snadbjevanje električnom energijom. Sa ovim sistemima je moguće proizvedenu električnu energiju ili višak električne energije predati u mrežu i po potrebi nedostajuću električnu energiju ponovo preuzeti iz javne elektro mreže.

U zavisnosti od vrste napajanja (dovođenja električne energije) postoje različiti mjerni koncepti za registriranje energije.

Kada se proizvedena električna energija treba koristiti na mjestu proizvodnje, može se višak električne energije pohraniti u baterije (akumulatore).

Mrežno povezani sistemi sa podrškom baterija/akumulatora mogu funkcionirati i kao ostrvski ili off-grid sistemi.



Slika 2.7: Šema on-grid, povezanog na električnu mrežu u koju se plasira višak električne energije

1. Fotonaponski generator (Moduli)
2. Priključna kutija za generator sa odvajajućim mjestom i zaštitom od preopterećenja napona
3. Vod istosmjerne struje/napona (DC)
4. DC-sklopka
5. Izmjenjivač - inverter, invertovanje istosmjerne struje/napona u izmjeničnu
6. Vod izmjenične struje (AC)
7. Pokazivač plasirane električne energije sa brojačem energije i glavnim osiguračem

Ostrvski ili off-grid sistemi

Kao solarni ostrvski sistemi se smatraju od mreže neovisni, autonomni (sami sebi dovoljni) ili off-grid sistemi.

To su fiksno instalirani, ili mobilni sistemi za snabdijevanje električnom energijom.

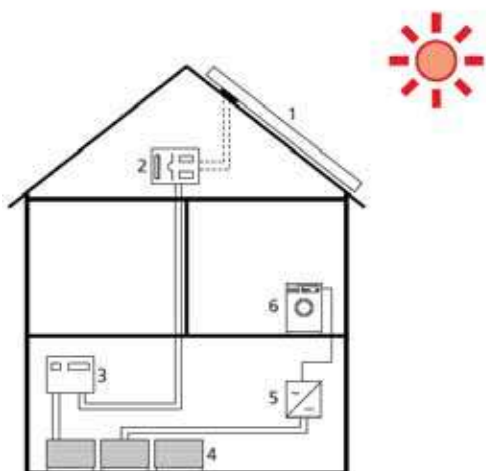
Autonomni solarni sistemi se koriste tamo gdje priključak na javnu mrežu električne energije nije moguć, nije poželjan ili nije ekonomičan.

Snabdijevanje električnom energijom objekata koji su udaljeni od mreže kao što su planinske kolibe, kuće za odmor, stubovi za hitne pozive ili parking automati realizirani su pomoću autonomnih solarnih sistema sa spremnicima energije - baterijae, akumulatori, slika 2.8.

2. Solarni sistemi

2.2 Aktivno korištenje solarna energija

Pored hibridnog kolektora postoje, neovisni jedan o drugom, jedan termički i jedan električni sistem. (slika 2.9).

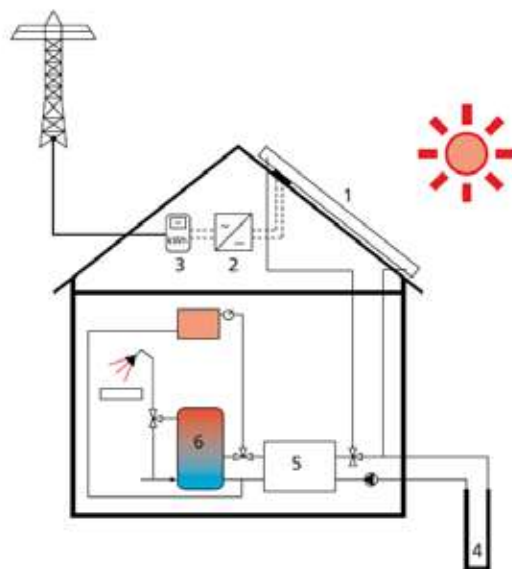


Slika 2.8: Off-grid ili ostrvski sistem

1. FN generator (moduli)
2. Priključna kutija za generator(e)
3. Regulator punjenja baterija
4. Baterije/akumulatori
5. Invertor istosmjerne u izmjeničnu struju/napon
6. Uređaj koji koristi energiju

2.2.4 Hibridni sistemi

Hibridni kolektor/hibridni modul (PVT-modul) je u stanju da proizvodi kako električnu energiju tako i toplotu. On pretvara sunčevu energiju zračenje u toplotu i električnu energiju.



Slika 2.9: Hibridni sistem

1. Hibridni kolektor (el. energija/termički)
2. Ispravljač ili izmjenjivač struje/napona
3. Brojilo energije
4. Zemna sonda za toplotnu pumpu (termički)
5. Toplotna pumpa (termički)
6. Spremnik za grijanje i toplu vodu (termički)

3 Solarni sistemi - komponente

3.1 Solarni kolektori - termički solarni elementi

Solarni kolektor je najvažnija komponenta termičkog solarnog sistema (slika 3.1).

Proizvedena toplota u kolektoru se prenosi na tekućinu za prenos toplote (glikol) i transportuje se toplinski izolovanim cjevovodovima do spremnika. Tamo se energija pomoću izmjenjivača topline prenosi na vodu u spremniku, a rashlađena tekućina za prenos toplote se vodi nazad u kolektor.

Ovaj kružni tok pokreće solarni regulator koji mjeri razliku temperatura temperaturnih senzora na izlazu iz kolektora i na izlazu iz spremnika, na osnovu čega se pokreće pumpa.



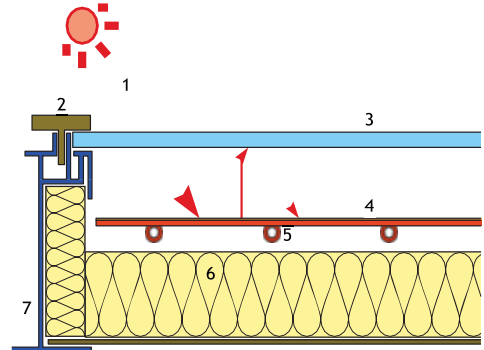
Slika 3.1 Tanki solarni kolektor

2.2.1 Konstrukcija i funkcija solarnog kolektora

Solarno zračenje prolazi kroz solarno tzv. kaljeno staklo i dolazi do tamno obojenog apsorbera (upijača), koji je fiksno povezan sa dijelovima koji provode tekućinu za prenos toplote. Tekućina, koja cirkuliše u cjevovodima se zagrijava i odvodi toplotu. Toplotna izolacija koja je postojana na visoke temperature, na poleđini apsorbera, kao i na stranicama kolektora, sprječava gubitak toplote prema nazad i bočno i zadržava tako prihvaćenu energiju. Okvir kolektora štiti bočne komponente od utjecaja vremenskih (ne)prilika i daje kolektoru mehaničku čvrstoću (slika 3.2).

Pored često korištenih tankih kolektora koriste se i kolektori sa vakumskim cijevima (slika 3.3). Kod njih se energija predaje na drugačiji način prema tekućini koja prenosi toplinu: ili direktno pomoću zagrijavanja u cijevi ili indirektno pomoću isparivača koji se zagrijava u vakumskoj cijevi i pri tome isparava. Ova energija se prenosi na vrh kolektora (skupljača), a potom na tečnost za prenos toplote i dovodi do spremnika.

Za zagrijavanje vode u bazenima su absorbirajuće prostirke i toplotno i troškovno isplative (sliku 3.4).



Slika 3.2: Presjek tankog solarnog kolektora

1. Upijanje sunčevih zraka
2. Bočni držač stakla
3. Solarno staklo
4. Apsorber obložen (drugom vrstom materijala)
5. Cijevi za prihvatanje toplote
6. Toplotna izolacija
7. Aluminijski okvir



Slika 3.3: Vakumske cijevi



Slika 3.4: Apsorbirajuća prostirka za bazene

3.1.2 Ostali elementi

Spremnik za toplu vodu

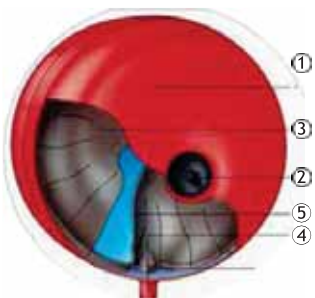
U unutrašnjosti spremnika tople vode (bojler) nalazi se izmjenjivač topline u obliku spiralnog cjevovoda kroz kojeg prolazi u kolektoru zagrijana tečnost, koja je nosilac toplote. Tako se toplota prenosi na vodu u spremniku (slika 3.5 lijevo).

U kombinovanim spremnicima koji se koriste za sanitarnu vodu i podršku grijanju nalazi se integrisani bojler za sanitarnu toplu vodu (slika 3.5 desno).



Slika 3.5: Slike grijača vode (lijevo) i kombinovnog spremnika (desno)

Ekspanziona posuda



Slika 3.6: Ekspanziona posuda

1. Vanjsko kućište od čeličnog premaza
2. Ventil za podešavanje predpritiska
3. Membrana od EPDM (Etilen-Propile-Dien-Monomer) tehničke glatke gume
4. Otvor za tečnost koja prenosi toplotu
5. Vanjsko područje (azot)

Ekspanziona posuda služi za prijem povećanja volumena koji nastaje zagrijavanjem tečnosti za prenos toplote. U unutrašnjosti se nalazi tečnost za prenos toplote koja se širi. Vanjsko područje je ispunjeno azotom i služi kao povratni pritisak kako bi prilikom hlađenja tečnosti, koja prenosi toplotu, istu ponovo vratio u sistem (slika 3.6).

Cirkulaciona pumpa

Cirkulaciona pumpa ima zadatak da transportuje tečnost za prenos toplote kroz elemente i cjevovod kolektorskog solarnog sistema.

Cirkulacione pumpe moraju odgovarati energetske zahtjevima i propisima i obavezi deklaracije za cirkulacione pumpe, tzv. A-klasa pumpi (slika 3.7).



Slika 3.7: Cirkulacione pumpe (Grundfos i Wilo)

Sigurnosni ventili

Sigurnosni ventil (slika 3.8) služi kao sigurnosni element i ispušta višak pritiska koji eventualno nastaje pregrijavanjem, koji se ne može prihvatiti u ekspanzionoj posudi.

U idealnom slučaju se sigurnosni ventil ne bi nikada trebao dirati i to je znak da svi elementi sistema rade besprijekorno. Instalater sistema je odgovoran za tačno dimenzionisanje sigurnosnog ventila.



Slika 3.8: Sigurnosni ventil

3 Solarni sistemi - komponente

3.1 Solarni kolektori - termički solarni elementi

Termički mikser (mješač)

Termički mikser je ugrađen u sanitarnom kružnom toku i služi kao zaštita od pregrijavanja. On štiti korisnike (ljude) od visoke temperature korištene sanitarne vode. Količina vode koja se miješa, a time i temperatura, može se individualno podešavati (slika 3.9).



Slika 3.9: Termički mikser (mješač)

Solarni regulator/nadzor i senzori za temperaturu

Solarni regulator - solarna upravljačka jedinica nadzire i upravlja cijelim kolektorskim sistemom.

Temperature u solarnom sistemu se mjere pomoću senzora temperature i daju odgovarajuće naredbe regulacionim elementima.

Solarni regulator uključuje npr. solarnu pumpu kada je razlika temperatura koju mjeri senzor na izlazu iz kolektora i one na ulazu u spremnik veća od 13°C. Ili se može postaviti željena razlika temperatura na displeju regulatora.

Solarni regulator također se koristi za daljinski nadzor i može se koristiti za to uz odgovarajuću opremu (slike 3.10 i 3.11).



Slike 3.10 i 3.11: Solarni regulator i mjerac temperature

Manometar

Manometar služi za prikaz pritiska i/ili temperature u cjevovodima solarnog sistema.

Očitava se vizuelnim posmatranjem. Radni pritisak postrojenja se periodično kontrolise (slika 3.12).



Slika 3.12: Radijalni manometar 0-6 bara

Tečnost za prenos topline (mješavina glikola i vode za zaštitu od smrzavanja)

Tečnost za prenos topline (mješavina glikol-voda) služi kao medij - nosilac toplote i štiti solarni uređaj od šteta uzrokovanih smrzavanjem i korozijom.

Za mjerenje mješavine za zaštitu od smrzavanja, glikol-voda, je potreban refraktometar (slike 3.13 i 3.14). Kvalitet medija za prenos toplote se periodično kontrolise.

Pažnja: ne smiju se miješati različite tečnosti za prenos toplote jedna sa drugom.



Slike 3.13 i 3.14: Tečnost za prenos toplote i refraktometar

Cijevi/Kompaktni vodovi

(pogledati poglavlje 6.1)

2.2.1 Izgradnja i princip funkcionisanja solarnog modula

Unutar solarnog modula se nalaze solarne ćelije vezane u seriji koje se sastoje od silicija. Veza se uspostavlja preko metalnih pruga-kontaktata na prednjoj i/ili stražnjoj strani ćelija/modula.

Moduli sa kontaktnim ćelijama na stražnjoj strani su karakteristični po tome što nemaju vidljive metalne trake pa je stepen dejstva takvog modula veći. Ćelije i metalni kontakti se moraju zaštititi od utjecaja okoliša. Iz tog razloga se spojene ćelije čvrsto laminiraju sa folijama. Iz tog razloga je npr. 14 međusobno povezanih ćelija čvrsto spojeno laminiranim folijama.

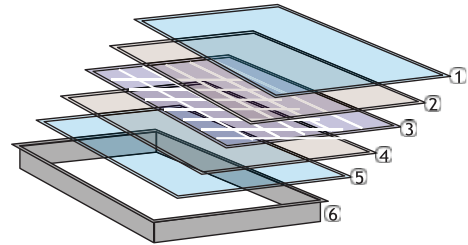
Za površinu modula obično se koristi posebno kaljeno i antirefleksno staklo. Zbog mikrostrukture ovog stakla svjetlost se bolje iskorištava.

Stražnja strana modula prekrivena je plastičnom folijom visoke čvrstoće (Tedlar) ili drugom staklenom pločom. Moduli mogu biti opremljeni aluminijskim okvirom ili je modul zaliven u cijelosti i ostaje bez okvira kao takozvani laminat (slika 3.15). U usporedbi s modulima staklo/folija, moduli staklo/staklo imaju duži životni vijek s boljom mehaničkom otpornošću i manjom degradacijom.

Solarne ćelije se mogu podijeliti u dvije grupe:

- silicijska ćelija (mono - ili polikristalne)
- ćelija tankog sloja (slika 3.16)

Ove vrste ćelija se razlikuju u izgledu, stepenu djelovanja i potrebnoj površini za određenu snagu.




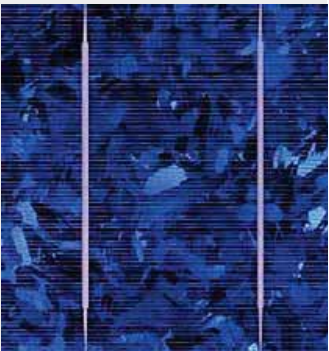

Slika 3.15: Konstrukcija jednog fotonaponskog modula

1. Kaljeno staklo ESG* (*ESG=sigurnosno staklo iz jednog komada)
2. PVC folija od etilen-vinil acetata (EVA)
3. Solarne ćelije od silicija, električni povezani jedna sa drugom
4. PVC folija od etilen-vinil acetata (EVA)
5. Tedlar (PVC folija) ili kaljeno staklo ESG
6. Aluminijski okvir

3.2.2 Ostali elementi

Priključna kutija za generator - GAK (slika 3.17) se koristi između FN modula i invertora (DC/AC pretvarača). Ona služi za prijem rastavljača (odvojnih prekidača), odvodnika prenapona, sabirnica itd.

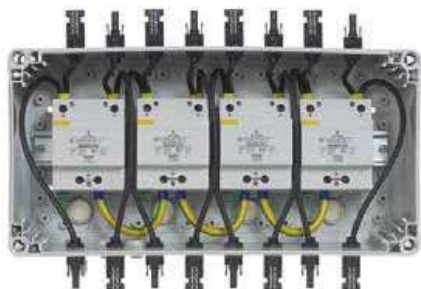
Priključne kutije za generator u manjim sistemima se rijetko koriste, jer su njihove funkcije često integrisane u invertoru.

Silicijske ćelije		Ćelije tankog sloja
Monokristalne	Polikristalne	CIS/CIGS- Solarna ćelija
		
Stepen djelovanja modula		
14 do 22 %	14 do 20 %	12 do 17 %
Potrebne površine za 1 kW_p		
5 do 9 m ²	6 do 10 m ²	7 do 12 m ²

Slika 3.16: Vrsta ćelija za fotonaponske solarne elemente

3 Solarni sistemi - komponente

3.2 Fotonaponski solarni elementi



Slika 3.17: Priključna kutija za generator (GAK)

Priključak na solarni generator štiti se, prema propisima o izbjegavanju od šteta kod udara munja, sa odvodom od prenapona (slika 3.18). Kod manjih FN sistema je zaštita od prenapona direktno ugrađena u inverter.

Kod većih sistema se nalazi zaštita od prenapona uglavnom u GAK-u, izvan ulaza u objekat kablova istosmjernje struje.

O normama za instalaciji niskog napona (NIN) pogledati poglavlje 7.12.



Slika 3.18: Zaštita od prenapona

Invertori/ Pretvarači općenito

Pretvarači (eng. inverter) pretvaraju istosmjernu struju/napon generirane od FN modula, na svom ulazu, u izmjeničnu struju/napon, na svom izlazu, prilagođenu električnoj mreži. Istovremeno su u invertoru ugrađene razne upravljačke, regulacione, nadzorne i zaštitne funkcije. Npr. inverter upravlja optimalnim tokom energije od solarnih modula u električnu mrežu i uključuje se samostalno ujutro, a isključuje ponovo pri zalasku sunca. Nadalje su često ugrađeni komunikacijski uređaji kako bi se u svako

vrijeme moglo putem interneta (online) posmatrati, kontrolisati i komunicirati sa radom sistema i dobivenim količinama energije.

Kao mjesto montaže dolaze u obzir mnoge opcije. Tehnički prostor je dobro mjesto za invertore ili sjeverna strana neke krovne konstrukcije. Nisu dozvoljena mjesta pored protivpožarnih puteva, kod prostorija u kojima postoji mogućnost izbijanja vatre ili prostorija sa puno prašine.

Povezani invertori/višestruko povezani invertori (Multistring)

Povezani invertori (slika 3.19) su povezani u seriju sa više povezanih solarnih modula. Ovo su najrašireniji invertori. Kod korištenja povezanih - string invertora, FN generator je podijeljen na nizove koji se pojedinačno spajaju na inverter. Velika prednost ovog decentraliziranog koncepta leži u tome što se uvijek mogu sastaviti moduli koji podliježu istim uslovima. Gubici od osjenčanja mogu se na taj način svesti na minimum. U zavisnosti od ukupnog broja FN modula mogu se koristiti više ili samo jedan vezani inverter. U zavisnosti od veličine sistema nudi se i korištenje multistring invertora. Ovakav inverter raspolaže sa više MPP-Tracker-a (maksimalne tačke snage za praćenje) čime postoji mogućnost da se i nizovi različitog broja modula, nagiba i usmjerenja priključe u strujni krug na multistring inverter. Zahvaljujući većem broju MPP praćenja (trekera) podešavaju se individualno radne tačke pojedinačnih modula u seriji.

String invertori (invertori u seriji) se preporučuju naročito za male sisteme pa sve do velikih sistema snage od 2 do 100 kW_p. Sa više serijski povezanih pretvarača se tako mogu realizirati i sistemi mnogo veće snage.



Slika 3.19: Multi serijski pretvarač sa rastavljačem na linijskoj strani

Centralni inverter

Veliki FN sistemi sa snagama od 100 kW_p do MW_p su uglavnom opremljeni sa jednim ili više centralnih invertora (slika 3.20).

Kod ovog centralnog koncepta se obuhvata mnogo modula u seriji i priključuju se u pravilu pomoću GAK-a (priključne kutije za generator) na inverter.

Ovaj koncept je prikladan naročito u slučajevima u kojima FN moduli podliježu istim eksploatacionim uslovima (nagib, usmjerenje). Centralni invertori se uglavnom koriste u velikim sistemima gdje string invertori, koji bi tada bili potrebni u velikom broju, nisu isplativi zbog troškova održavanja.



Slika 3.20: Centralni pretvarači/invertori

Modularni invertori

Modularni invertori su najmanji pretvarači čija je snaga raspona od 200 do 500 W_p, za istosmjerni strujni priključak, za jedan do dva solarna modula.

Modularni invertori su pričvršćeni na sistem neposredno kraj modula ili u njegovoj blizini. Na izmjeničnoj strani (AC), modularni invertori su spojeni na mrežu direktno ili, ako se koristi više invertora, preko spojne kutije (slika 3.21).



Slika 3.21: Modularni inverter

Upotreba modularnih invertora nudi nekoliko prednosti:

- modularna izgradnja modularnih polja i jednostavno proširenje sistema,
- izvrsno funkcioniranje i pri djelimičnom zasjenjenju,
- u najvećem broju invertora je ugrađen daljinski nadzor koji pojednostavljuje kontrolu, funkcionisanja pojedinačnih jedinica,
- jednostavno spajanje kablovima modularnih invertora, od strane mreže se da realizirati sa standardnim materijalom,
- sigurno isključenje pojedinačnih modula pri stavljanju sistema van pogona.

Na sljedeće nedostatke treba obratiti pažnju:

- srazmjerno kraće životno trajanje uređaja usljed više temperature okruženja u kojoj se nalazi inverter,
- zbog većeg broja elektronskih komponenti raste vjerovatnost ispada dijelova sistema,
- težak pristup radi zamjene invertora kod kosih krovova i sistema integrisanih u krov.

Optimizator

Optimizatori omogućavaju spajanje jednog FN modula pa se smanjuju istosmjerni gubici energije i brinu se za to da se prilikom isključenja kruga istosmjerne struje moduli mogu uključiti i da ne budu pod naponom (slika



3.22).

Slika 3.22: Optimizator

Više optimizatora se međusobno spajaju na DC-strani u seriju i priključuju na inverter.

Upotreba optimizatora nudi nekoliko prednosti:

- izvrsno funkcioniranje i pri djelimičnom zasjenjenju,

3 Solarni sistemi - komponente

3.2 Fotonaponski solarni elementi

-
- u najvećem broju pretvarača ugrađeni daljinski nadzor pojednostavljuje kontrolu funkcionisanja pojedinačnih jedinica,
- sigurno naponsko isključenje pojedinačnih modula pri stavljanju sistema van pogona,
- moguće prepoznavanje svjetlosnog luka - zasjenjenja,
- pri isključenju sistema na svakom modulu postoji samo još 1V napona.

Na sljedeće nedostatke treba obratiti pažnju:

- srazmjerno kraće životno trajanje uređaja usljed više temperature okruženja od optimalne,
- zbog većeg broja elektronskih komponenti raste vjerovatnoća ispada dijelova sistema,
- teži pristup radi zamjene komponenti kod kosih krovova i sistema ugrađenih u krov.

Nadzorna - upravljačka jedinica sistema

FN sistemi se uglavnom opremaju sa jednim nadzornim upravljačkim uređajem (slika 3.23).



Slika 3.23: Primjer upravljačke jedinice za nadzor sistema sa odvojenom registracijom podataka

Nadzorne funkcije su često integrisane već u invertoru ili se eksterno naknadno priključuju invertoru, eventualno i mjerači električne energije.

Nadzorna upravljačka jedinica omogućava funkcionalnu kontrolu sistema na licu mjesta i/ili prijavljuje stanje sistema i smetnje preko internetnih/eksternih upravljačkih jedinica.

3.3 Bifacijalni-dvostrani solarni moduli

Na osnovu višestrukih mogućnosti upravljanja i rastućih sistemskih zahtjeva stalno se proširuje i unapređuje funkcionalnost upravljačkih i nadzornih sistema.

Upravljačke jedinice mogu npr. pokazivati sljedeće funkcije:

- nadzor invertora,
- registrovati i snimiti proizvodnju energije,
- prijaviti smetnje pri proizvodnji energije,
- vršiti nadzor uzemljenja i kratkog spoja solarnog generatora.

Prošireni sistemi mogu uključivati sljedeće funkcije u budućnosti:

- smanjivanje proizvodnje energije pomoću regulatora kod prevelike ponude u elektro mreži,
- optimiranje vlastite potrošnje uz zajedničko djelovanje sa npr. Sistemom pametnog doma (Smart home system),
- upravljanje baterijskim sistemima kao dopuna FN uređaju sa funkcijom Back up,
- nadzor pojedinačnih solarnih modula opremljenih sa optimizatorima, itd.

Akumulatorske baterije

Osnovna ideja akumulatorskih baterija leži u vremenskoj razlici između proizvodnje energije pomoću FN sistema i vremena stvarne potrošnje energije. Sa akumulatorskim baterijama se višak proizvedene solarne energije može u međuvremenu sačuvati.

Zbog smanjenja visine naknada za solarnu energiju, decentralizirani sistemi skladištenja električne energije integrirani su kao dodatak FN sistemu, te tako oni postaju jeftiniji.

Ugrađuju se pretežno olovne ili litijum-ionske baterije. Najviše rašireni akumulatorski sistemi su spojevi na strani izmjenični napon (AC-Alternating Current sistemi) i/ili na strani istosmjerni napon (DC-Direct Current sistemi).

AC sistemi

Kod AC sistema je akumulatorska baterija povezana preko DC/AC invertora, koji proizvodi sinusni signal, frekvencije 50Hz, na električnu kućnu mrežu. Sistem mora da omogućava predaju energije iz kućne mreže kao i povratno punjenje energijom iz javne električne mreže u kućnu.

Akumulatorske baterije povezane na strani izmjeničnog strujnog kruga mogu se instalirati i

upravljati neovisno o FN sistemu. Također, takvi se sistemi mogu jednostavno naknadno ugraditi u kuće u kojima je FN sistem izgrađen bez akumulatora ili kao proširenje postojećeg sistema skladištenja energije.



Slika 3.24: AC sistemi

1. Akumulatorske baterijski spojene na AC strani
2. Invertor/Pretvarač

DC sistemi



Slika 3.25: DC sistemi

1. Akumulatorske baterije spojene na DC strani
2. Invertor/Pretvarač

U ovom sistemu baterija se puni iz DC međukruga u invertoru, a fotonaponski sistem i baterije povezani su s električnom mrežom preko istog invertora.

Kao rezultat toga, potrebno je manje komponenti za cjelokupni sistem, što su prednosti u pogledu troškova i prostora.

Osim toga, električna energija proizvedena fotonaponskim poljem prolazi kroz ukupno manje stepeni pretvorbe na svom putu do punjenja u akumulatorske baterije. Na taj način pri radu nastaju manji gubici u transformaciji energije.

Bifacijalni solarni moduli

Bifacijalni solarni moduli raspoložu sa „dvostranim“ ćelijama koje prihvataju svjetlosno zračenje ne samo preko prednje već i preko stražnje strane modula.

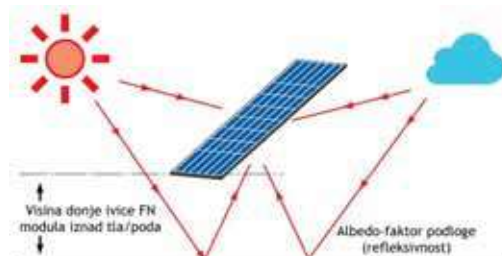
Staklena ploča na stražnjoj strani modula osigurava da indirektna svjetlost reflektovanih sunčevih zraka dođe do stražnje strane modula.

Koliko svjetlosnog zračenja se prihvata preko stražnje strane zavisi od:

- osobine podloge (boja, materijal, struktura površine),
- vrste montaže modula (razmak od podloge i razmak između modula).

Bifacijalni solarni moduli mogu proizvesti do 20% više energije od standardnih modula. Ovaj višak energije se mora uzeti u obzir prilikom projektovanja invertora.

Kod montaže bifacijalnih solarnih modula se obavezno mora voditi računa o tome da stražnju stranu modula ne zasjene kablovi i montažni sistem.



Slika 3.26: Bifacijalni solarni modul

3 Solarni sistemi - komponente

3.4 Hibridni kolektori

Hibridni kolektori kombinuju funkcije solarnog modula i solarnog kolektora.

Hibridni kolektor isporučuje istosmjernu energiju, kao i standardni fotonaponski modulu, ali i dodatno toplotnu energiju medija - nosioca toplote.

Solarni kolektor postavljen na poledini hladi fotonaponski modulu i time povećava efikasnost modula (slika 3.27).

Pretpostavka za to je mogućnost predaje toplote na nižem temperaturnom nivou.

Niža temperatura se najviše koristi za ljetnu regeneraciju iz geotermalnih sondi ili kao izvor toplote dodatno priključene toplotne pumpe.

Hibridni sistemi su vrlo zahtjevni s obzirom na sistem uvezivanja i dimenzioniranja invertora i solarnog kolektorskog kola.

Zbog složenosti potrebni su obimniji troškovi vezani za planiranje i instalaciju.



Slika 3.27: Hibridni kolektor

1. Prednja strana: kristalne solarne ćelije
2. Poledina: apsorber sa vodovima za transport toplote

4 Podkonstrukcije

4.1 Slojevi i struktura kosih krovova

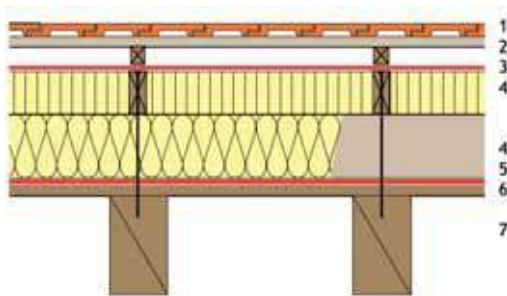
Podkonstrukcije su: slojevi i građevinski dijelovi konstrukcije ispod pokrivača krova koji se ne odnose na noseću konstrukciju krova, odnosno objekta.

Podkonstrukcije se moraju proračunavati statički i pri tome se uzimaju u obzir razmjere koje se odnose na objekat i prostor.

Uz to moraju biti prilagođene kao podloga za montažu elemenata solarnog sistema. Propisi proizvođača i upute za montažu se bezuslovno moraju slijediti.

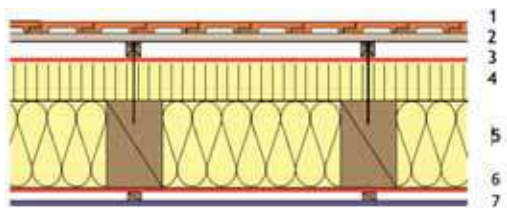
4.1.1 Sistemi

Načelno sistemi moraju odgovarati normi za kose krovove SIA 232/1 (pogledati i upute o normi SIA 232/1).



Slika 4.1: Izgradnja krova kod konstrukcija sa izolacijom iznad roga

1. Pokrov i pokrovne letve
2. Kontra letvište/prostor za ventilaciju između podkrova i pokrova
3. Podkrov (difuziono otvoren)
4. Termoizolacija
5. Parna kočnica/zračna izolacija
6. Drvena oplata
7. Rog/ovi



Slika 4.2: Izgradnja krova kod konstrukcija sa izolacijom između i iznad roga

1. Pokrov i pokrovne letve
2. Kontra letve - ventilacijski prostor između podkrova i pokrova
3. Podkrov (difuziono otvoren)
4. Termoizolacije iznad roga
5. Termoizolacija između rogova
6. Parna kočnica/zračna izolacija
7. Koso rezano letvište (šuplji prostor za instalaciju) i oplata za pokrivanje plafona

4.1.2 Slojevi i materijali

Pokrivanje krova

Krovni pokrivač je direktno izložen vremenskim prilikama i mora biti UV-postojan i nezapaljiv. Krovni pokrivač mora biti nepropustan za neometan odvod padavina.

Mogući materijali za pokrivanje su:

- glinasti crijep: falcovani crijep (sa žljebovima) koji omogućava pokrivanje uklapanjem svakog crijepa jedan preko drugog, crijep sa jednim svodom (izbočinom) cijelom dužinom, crijep bramac (glatki sa svodom), biber crijep (ravni crijep koji na gornjoj ivici ima izbočinu (nos), a na donjoj ivici zaobljen i podsjeća na dabrov rep - crijep dabrov rep),
- betonski crijep: biber betonski crijep, ravni crijep,
- pokrovi od vlaknastog cementa: vlaknasto-cementne valovite ploče, krovni škrljanc sa dvostrukim pokrovom, vodoravni pokrov,
- metalni pokrov: limeni savijeni krov, profilni lim, limeni crijep (crijep od lima u obliku klasičnog glinenog crijepa),
- fotonaponski kolektori, solarni kolektorski elementi, hibridni kolektori.

Krovne letve/Krovno letvište

Standardne dimenzije su 24/48 mm ili 30/50 mm.

Kontra letve/letvište

Kontra letve služe kao ventilacijski prostor između donje strane krova i pokrovnog materijala.

Ovaj ventilacioni prostor odvodi nakupljajući kondenzat, isušuje konstrukciju i služi ljeti za zaštitu od toplote. Na kontra letve se učvršćuju letve za pokrovni materijal.

Unutrašnji dio krova

Kod termo izolovanih krovova se zahtjeva unutrašnji dio krova bude iznad noseće konstrukcije i toplotne izolacije.

Kod unutrašnjih dijelova krovova razlikujemo tri različita opterećenja:

- unutrašnja strana krova za normalno opterećenje (npr. skalirana, jednostavna gradnja bez posebnog fiksiranja podloge)
- unutrašnja strana krova za povećano opterećenje (podloga ispod unutrašnje strane krova, vodootporna, obljepljena ili čvrsto zaljepljena)

4 Podkonstrukcije

4.1 Slojevi i struktura kosih krovova

- unutrašnja strana krova za izvanredno opterećenje (podloga ispod unutrašnje strane krova, vodootporna, zavarena).

Prema normi SIA 232/1, propisano je sljedeće: Materijali za unutrašnju stranu krova moraju biti prikladni za predviđenu konstrukciju i vrstu izvedbe, kako za građevinsku fazu, tako i za fazu korištenja. Osim toga materijali trebaju za predviđeno korištenje biti dovoljno trajni, otporni na starenje i kompatibilni sa susjednim građevinskim materijalima.

Kod odabira unutarnje strane krova se moraju uzeti u obzir relevantne specifikacije isporučioaca podkrova i isporučioaca solarnog sistema (temperature, oblik objekta, odnosna visina). Podkrov mora izdržati bez štete temperature od minimalno 80°C.

Toplotna izolacija

Toplotna izolacija služi za redukciju transmisionih toplotnih gubitaka i time smanjuje potrošnju energije za grijanje. Toplotna izolacija doprinosi ugodnijoj klimi u prostoriji i može voditi do poboljšane zvučne zaštite. Kako bi se udovoljilo savremenim zahtjevima, morao bi kosi krov iznad objekata koji se zagrijava da postigne U-vrijednost ispod 0,20W/m²K. (U - konstanta propusnosti toplote; W=Wat, K-Kelvin).

Kod današnjih izolacionih materijala zahtjev je izolaciona debljina od 120 do 140 mm u zavisnosti od sposobnosti toplotne provodivosti toplotne izolacije i da li se ista može polagati homogeno ili između noseće strukture (udio drveta sa lošom sposobnosti toplotne izolacije).

Parna brana i dihtovanje zraka

Parna brana/dihtovanje zraka se postavlja sa tople strane izolacije i služi, s jedne strane, za redukciju protoka vlage usljed difuzije vodene pare i garantuje, s druge strane, potrebnu zračnu nepropusnost.

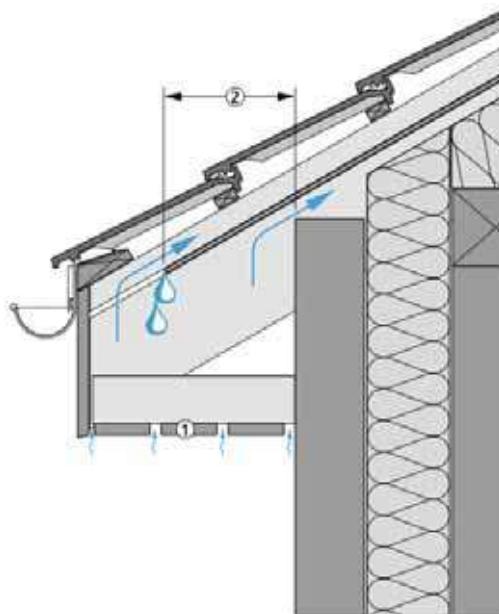
U slučaju propuštanja parne brane, npr. zbog ugradnje solarnih sistema, istu je potrebno ponovno zadihtati, u protivnom će krovna konstrukcija na tom mjestu biti trajno oštećena vertikalnim prodorom vlage.

4.1.3 Ventilacioni prostori

Ventilacioni prostori između krova i podkrova se definiraju kontra letvama. Dimenzioniranje mora da slijedi prema normi SIA 232/1 (slika 4.3), kosina krova, dužina krova i odnosna visina utiču na ovo dimenzioniranje.

Pozadinsko prozračivanje solarnih sistema integrisanih u/na krov

Dimenzija poprečnog presjeka ventilacije mora se prilagoditi dimenzijama kontra letvi. Pri tome se mora održavati minimalna dimenzija kontra letve od 60x60 mm.



Slika 4.4 Ventilacijski otvori u nadstrešnici

1. Donja strana krova s otvorima za ventilaciju
2. Pokrov mora prelaziti preko fasadne konstrukcije i može se "vidljivo" odvoditi preko nadstrešnice ili u oluk (slika 4.6)

Isto tako mora se voditi računa da ulaz zraka treba da iznosi minimalno 50% prostora za ventilaciju/zračenje (jačina kontra letvi). Ulazak i izlazak zraka se pokriva zračnom rešetkom kako ne bi sitne životinje mogle prodrijeti u krovnu konstrukciju (slike 4.5 i 4.6).

Pažnja: zračna rešetka reducira protok zraka i do 50%, ovo se mora kompenzirati većim presjekom prilikom ulaska/izlaska zraka.

Npr.: kontra letve visine 60 mm, otvor za zrak 60 mm sa zračnom rešetkom (reducirano za 50%).

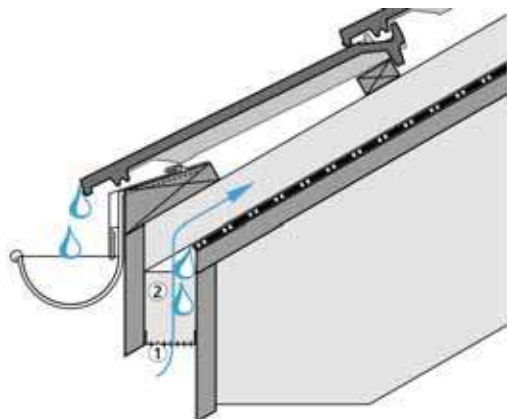
Norma SIA 232/1 regulira samo uslovno zahtjeve za podkrovom i prostorom za prozračivanje pri ugradnji solarnih sistema. Samo se navodi da se preduzmu odgovarajuće zaštitne mjere. Stoga je važno uzeti u obzir podatke isporučioaca sistema i dokumentovati ih.

4 Podkonstrukcije

4.1 Slojevi i struktura kosih krovova

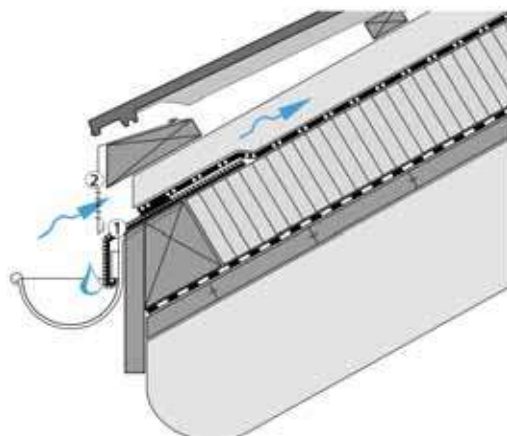
Dužina rogova	Kosina krova, odnosna visina h_0 i min. visina ventilacionog prostora < 800 m iznad površine mora (nadmorske visine - nv)							
	< 15 °		15 ° bis < 20 °		20 ° bis < 25 °		> 25 °	
	< 800 nv	> 800 nv	< 800 nv	> 800 nv	< 800 nv	> 800 nv	< 800 nv	> 800 nv
< 5 m	45 mm	60 mm	45 mm	60 mm	45 mm	45 mm	45 mm	45 mm
5 bis < 8 m	60 mm	80 mm	60 mm	80 mm	45 mm	60 mm	45 mm	60 mm
8 bis < 15 m	80 mm	100 mm	80 mm	100 mm	60 mm	80 mm	60 mm	80 mm
> 15 m	100 mm	120 mm	100 mm	120 mm	80 mm	100 mm	80 mm	100 mm

Slika 4.3: Minimalni ventilacioni prostor između podkrova i pokrova, u ovisnosti od kosine krova, odnosno visine h_0 i dužine rogova (prema normi SIA 232/1). Kod krovova se termoizolacijom ne preporučuje prekoračiti visinu ventilacionog prostora od 60mm.



Slika 4.5: Odvod ispod krova i ulaz za prozračivanje između čeonih daski

1. Rešetke kod otvora za prozračivanje protiv insekata
2. Letva za razmak



Slika 4.6: Podkrov sa odvodom u slivnik, ulaz za prozračivanje iznad slivnika

1. Ulazni (slivni) produženi lim (UV-otpornost)
2. Zaštitni lim za letve, probušen

4.1.4 Kontrola pokrovnog materijala

Kod sistema sa krovnom instalacijom ispod solaranog sistema ostaje pokrovni materijal postojan i trebao bi moći za još minimalno sljedećih 20 godina preuzeti svoju funkciju. Važno je da krovopokrivač ispita podkrov i izvrši procjenu da li je to slučaj.

Važno pri tome je znanje, da porozni pokrovni materijali, kao cigla ili ploče od vlakastog cementa brže stare ispod solarnih sistema nego kada su izloženi vremenskim utjecajima (slika 4.7).

Razlog za brže starenje je sljedeći: pokrov će još uvijek biti mokar zbog padavina, međutim solarni sistem sprječava njegovo brzo sušenje, što znači da je materijal pokrova znatno više opterećen zbog mraza.



Slika 4.7: Zaprljanje pokrovnog materijala ispod FN sistema, već nakon nekoliko godina, vodi do bržeg starenja

Kao neprikladan pokrovni materijal za instalacije na krovu su jednostavni pokrovi sa biber crijepom (slika 4.8), čije fuge su izolovane sa drvenom šindrom, budući da očekivano trajanje ovih drvenih šindri iznosi 15-20 godina, a ispod sistema postavljenog na krov traje još kraće.

4 Podkonstrukcije

4.2 Slojevi i struktura ravnih krovova



Slika 4.8: Jednostavan krov sa biber crijepom i šindrom, sa izolacijom kod vertikalnih fuga



Slika 4.9: Krovovi od cementnih vlakana (azbesta) (trapezasti ili ravni) koje su se proizvodile prije 1995. se moraju provjeriti na sadržaj azbesta

4.2.1 Sistemi

Svi sistemi za ravne krovove moraju odgovarati normi SIA 271.

Topli krov

Topli krov je: višeslojni ravni krov kod kojeg se hidroizolacija polaže preko termoizolacionih slojeva bez ventilacije (slika 4.10).

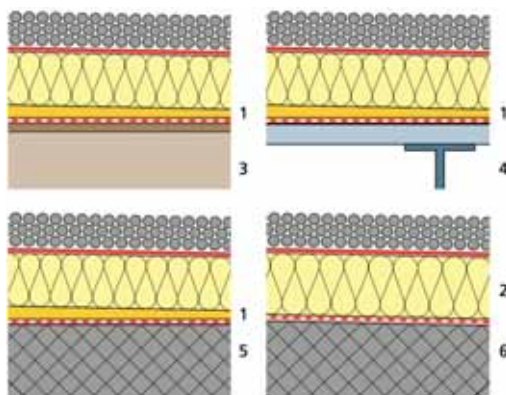
Oko 90% ravnih krovova se izvode u sistemu toplog krova.

Drugi sistemi za konstrukcije ravnih krovova su:

- obrnuti (ravni) krov (sloj termoizolacije preko hidroizolacije),
- vezani ili kompaktni krov,
- duo krov,
- plus krov,
- hladni krov, krov sa ventilacijskim slojem,
- dvostruki/dupli krov

4.2.2 Slojevi i materijali

Sistem ravnog krova se sastavlja iz različitih slojeva i materijala. Osobine ovih materijala moraju se spojiti u funkcionalnu cjelinu.



Slika 4.10: Ravni krov oblikovan kao topli krov, sa različitim mogućnostima postizanja stepena nagiba

1. Gradijentni (nagibni) slojevi
2. Toplotna izolacija
3. Drvena podkonstrukcija bez nagiba
4. Čelična konstrukcija sa profilnim limom bez nagiba
5. Čelično-betonski pokrivač bez nagiba
6. Čelično-betonski pokrivač sa nagibom

Podkonstrukcije

Pod pojmom podkonstrukcije se obuhvataju noseća konstrukcija i svi kompenzacioni i gradijentni slojevi.

Gradijenti - stepeni nagiba

Kod svakog ravnog krova mora hidroizolacija da posjeduje nagib - gradijent za odvode od 1,5% (Norma SIA 271). U tom cilju može podkonstrukcija ili pokazati dovoljan stepen nagiba ili se stepen nagiba npr. realizira sa gradijentnom izolacijom (sliku 4.10).

Parna brana/vrijeme gradnje hidroizolacije

Ovaj sloj predstavlja sloj sa definiranom propusnosti vodene pare. Sa parnom branom se spriječava da se vodena para nagomilava u termoizolaciji i dovodi do nedozvoljenog vlaženja.

Parna brana također je projektirana kao građevinska izolacija. Kod podkonstrukcija koje nisu hermetički nepropusne (npr. drvene i čelične konstrukcije), parna brana također mora preuzeti funkciju hermetičke nepropusnosti i funkciju zračne izolacije.

Toplotna - termoizolacija

Toplotna termoizolacija služi za smanjenje toplotnih gubitaka čime smanjuje potrošnju energije za grijanje. Toplotna izolacija doprinosi ugodnoj klimi u prostorijama, a ljeti smanjuje pregrijavanje prostora/prostorija.

Kako bi zadovoljio današnje zahtjeve, ravni krov nad grijanim objektima, trebao bi imati vrijednost $U \leq 0,20 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Hidroizolacija

To su jedan ili više slojeva slojeva koji služi sa za hidroizolaciju objekta protiv kiše, snijega i otopljene vode. Hidroizolacija sprječava prodiranje vode u strukturu objekata.

Hidroizolacije mogu biti izrađene od sljedećih materijala:

- **Elastomer bitumen (PYE)**
Bitumenske hidroizolacije se izvode u pravilu dvoslojno. One se sastavljaju zavarivanjem pomoću gorionika za zavarivanje. Bitumen nije otporan na UV-zračenje, a također nije otporan ni na korjenje, bez posebnih dodataka.
- **Termoplastični poliolefini (TPO)**
Termoplastični poliolefini su plastične geomembrane koje se zavare sa vrućim zrakom pri $280^\circ\text{C} - 360^\circ\text{C}$. TPO hidroizolacije se izvode jednoslojno i otporni su na UV-zračenje i korjenje.
- **Polivinilhlorid (PVC)**
Termoizolacije od polivinilhlorida se ne koriste više tako često za hidroizolacije ravnih krovova. Polaganje je uporedivo sa TPO i izgleda, također, slično. PVC je otporan na korijenje.
- **Etilen-propilen-dien-kaučuk (EPDM)**
Sirovi materijal je kaučuk. EPDM hidroizolacije se u pravilu podižu i postavljaju na krov kao kompletne, prethodno pripremljene izolacije. Povezivanje staza se obavlja vuklanizacijom. EPDM je postojan na korijenje.
- **Tečna plastika**
Ova termoizolacija se nanosi u tečnom obliku na licu mjesta. Ona se ne koristi na standardnom ravnom krovu osim kod spojeva i završetaka bitumenskih hidroizolacija. Česta primjena je kao hidroizolacija kod balkona, tuš-kada ili hidroizoliranje podzemnih garaža.

Zaštitni i korisni slojevi

Zaštitni sloj opterećuje i štiti postavljenu hidroizolaciju od vanjskih utjecaja kao što je UV-zračenje, grad ili vatra, odnosno,

termoizolaciju kod obrnutog krova od vanjskih utjecaja.

Opterećenje je utoliko važno što osigurava da vjetar i vrtlog ne podižu krov.

Korisni sloj mora ispunjavati iste zahtjeve kao zaštitni sloj i može se dodatno napraviti kao površina za hodanje ili transport. U korisne površine se uračunavaju i zeleni ravni krovovi.

Razdvojne i klizne umetnute izolacione staze

Razdvojne i klizne umetnute izolacione staze (membrane) se koriste onda kada se slojevi ne smiju lijepiti jedan sa drugim, međusobno se ne podnose ili kako bi se izbjeglo oštećenje usljed pritiska ili različitim kretanjima.

4.2.3 Procjena krova prije planiranja/gradnje

Kako bi se ugrađeni solarni sistemi mogli ekonomično koristiti najvažnije je da oni ostanu što je moguće duže u funkciji, a ne da se moraju razmontirati zbog saniranja krova i/ili da se kasnije moraju ponovo ugrađivati.

Iz tog razloga je važno da hidroizolacija ima trajanje od najmanje 20 godina ili više. Isto tako je važna kontrola standarda za termoizolaciju, koji bi trebao imati vrijednost $U \leq 0,2 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$.

Preporučuje se prije planiranja/gradnje da stručna osoba izradi kontrolne otvore kako bi se ispitalo da li je postojeća hidroizolacija netaknuta/cijela i da je termoizolacija za montažu dovoljno otporna na pritisak.

Saznanja ove kontrole se moraju protokolirati i pohraniti u dokumentaciju sa priložima.



Slika 4.11: Ravni krov se otvara da su vidljivi svi slojevi i da njihovo stanje može procijeniti stručnjak, kontrolni otvor se nakon toga zatvara

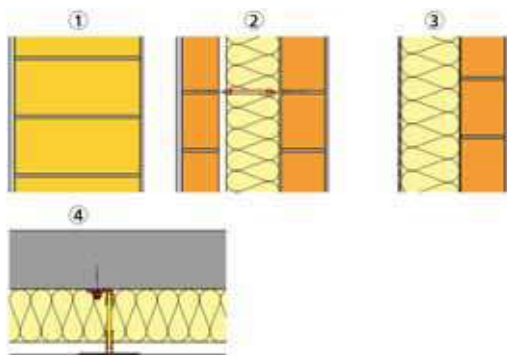
4 Podkonstrukcije

4.3 Slojevi i struktura vanjskih zidova

4.3.1 Sistemi

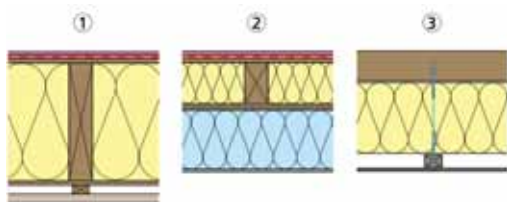
Načelno vanjski zidovi moraju zadovoljiti normativne zahtjeve, npr. kod izbočenih prozračnih oplata prema normi SIA 232/2.

Zidna konstrukcija se sastoji od više međusobno usklađenih slojeva (slike 4.12 do 4.14) čija funkcionalnost je pretpostavka za oblaganje sa elementima solarnih sistema.



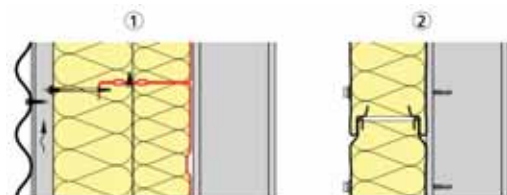
Slika 4.12: Primjeri za masivne konstrukcije vanjskog zida

1. Jednozidna termoizolaciona konstrukcija
2. Zidna konstrukcija sa dvostranom ovojnicom
3. Vanjska termoizolacija malterisana
4. Vanjska termoizolacija sa ventiliranom oplatom



Slika 4.13: Primjeri za konstrukcije vanjskog zida sa drvetom (horizontalni presjeci)

1. Okvir od drveta sa ventiliranom oplatom
2. Okvir od drveta sa malterisanom vanjskom hidroizolacijom
3. Konstrukcija od punog (masivnog) drveta sa ventiliranom oplatom

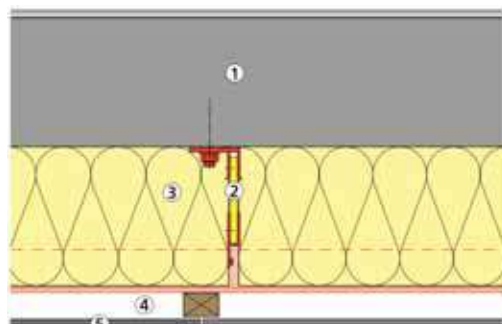


Slika 4.14: Primjeri konstrukcije vanjskog zida od čelika (vertikalni presjeci)

1. Čelična konstrukcija sa zidnom kasetom
2. Čelična konstrukcija sa sendvič-elementom

4.3.2 Slojevi i materijali

Glavni slojevi kod vanjskog zida sa ventiliranom oplatom pokazuje slika 4.15.



Slika 4.15: Konstrukcijski slojevi kod vanjskog zida sa isturenom ventiliranom oplatom

1. Noseća konstrukcija - sidrište
2. Podkonstrukcija bez toplotnog mosta
3. Sloj termoizolacije
4. Ventilacijski prostor
5. Fasadna oplata

Podkonstrukcije za ventilirane oplate

Podkonstrukcije se izrađuju od različitih građevinskih dijelova i materijala. Postoje različiti sistemi na tržištu.

U idealnom slučaju se odabiru podkonstrukcije bez toplotnih mostova.

Ventilacija

Minimalno potrebni ventilacijski prostori kod isturenih fasada su definisani u normi SIA 232/2.

Ventilacijski prostor mora minimalno iznositi 20mm i ulaz zraka ne smije prelaziti 100cm²/m. Kod otvorenih fasadnih oplata iznosi ventilacijski prostor minimum 40mm.

Iza fotonaponskih modula treba ventilacijski prostor isto tako iznositi minimalno 40mm. Tako je osigurano da se uprkos smanjenju poprečnog presjeka polaganjem kablova može osigurati zahtjev iz norme.

Oplate

Kod izrade fasada sa današnjim materijalima postoje bezgranične mogućnosti. Značaj primjene solarnih tehnologija se povećava u oblasti fasada, jer solarne komponente postaju sve povoljnije i omogućavaju da se oplata sama isplati. Pored toga, zahvaljujući fotonaponskim modulima potrebnih posebnih dimenzija i raznih boja, ne postoje ograničenja u dizajnu.

Između ostalih i sljedeće fasadne oplata stoje na raspolaganju:

- solarni moduli i solarni kolektori,
- metalne oplata (sistemi sa falcevima, limene ploče, panel sistemi, profilni limovi, bušeni limovi i ekspanzirani metali),
- (azbestne) oplata od cementnih vlakana (ploče malog i velikog formata, profilne ploče),
- oplata od drveta (zatvorene i otvorene oplata, ploče velikih formata, drvene šindre),
- prirodni škriljac, prirodno kamenje,
- osnovne ploče od gipsa,
- staklene ploče, keramičke ploče,
- betonske ploče sa staklenim vlaknima,
- tekstilne oplata (omotači).

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

5.1 Sistemi pričvršćivanja na kosom/okomitom krovu

Da bi se solarni kolektori ili solarni moduli mogli montirati potrebni su za to odgovarajući sistemi učvršćivanja - fiksiranja.

Na kosom krovu se pravi razlika između sistema na krovu (pokrovni sistemi) i integrisanih sistema. To važi za FN sisteme kao i za kolektorske solarne sisteme.

Nadkrovni solarni sistemi se montiraju preko postojećeg, nezapaljivog krovnog pokrivača.

Nepropusni hermetički pokrov montira se ispod elemenata solarnog sistema. Kod montaže integrisane u krov nepropusnost kosog krova preuzimaju kolektori ili FN moduli.

5.1.1 Sistemi napravljeni na kosim krovovima

Na kosim krovovima instalirani solarni sistemi zahtjevaju krovne fiksatore s ciljem pričvršćivanja na rogove ili podrožnjače (horizontalne grede dužinom cijelog krova). Na ove fiksatore se montiraju uglavnom aluminijski profili, kao vezni elementi, radi pričvršćivanja modula. U zavisnosti od ponuđača sistema isporučuju se različiti fiksatori koje se razlikuju samo u detaljima. Sa ciljem montaže većine fiksatora pokrovni materijal se otkriva u predjelu tačke fiksiranja i fiksator se učvršćuju u noseću konstrukciju.



Slika 5.1: Fotonaponski sistem na krovu

Kuke i fiksatori

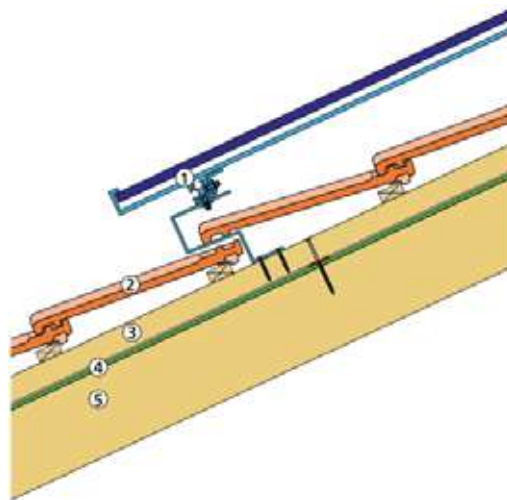
Kuke i fiksatori formiraju spojni dio između solarnog sistema i kosog krova.

Načelno se mora paziti na sljedeće:

- Broj i izvedba tačaka za učvršćivanje je ovisna o opterećenosti fiksatora, konstrukcije krova, visine zgrade, kosine krova, vjetra i težine snijega prema normi

SIA 261, kao i prema drugim obračunima prema normi SIA 260,

- s obzirom na udare vjetra rubovi i uglovi se posebno uzimaju u obzir,
- noseća konstrukcija se mora ispitati na dovoljnu nosivost i dovoljnu dugotrajnost korištenja (25 godina),
- hermetičnost krova se mora osigurati zajedničkim radom i kvalitetnom montažom krovopokrivača i isporučioaca opreme za solarni sistem, proizvođači sistema ne nude garanciju na hermetičnost.



Slika 5.2: Solarni sistem na kosom krovu

1. Solarni sistem sa fiksatorima za učvršćivanje
2. Pokrov sa letvama
3. Kontraletva sa učvršćenjem u rogu
4. Potkrov
5. Rog

Najveći dio šteta nastaje nepridržavanjem načela planiranja, nestručnim korištenjem sredstava za pričvršćavanje i nedovoljnim kvalitetom montaže. Zato se moraju primjenjivati sva uputstva o montaži od strane proizvođača komponenti.

Za sisteme pričvršćivanja različiti ponuđači koriste iste ili slične dijelove. Komponente koje se primjenjuju za kolektorske i FN sisteme, su tačke fiksiranja (probijanje vanjskog sloja krova) i bazni profili (slike 5.3. do 5.5).

Stepen opterećenosti pojedinačnih komponenti se mora razjasniti sa njihovim proizvođačima ili proizvođač sistema mora dati dokaz o dovoljnom stepenu opterećenosti.

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

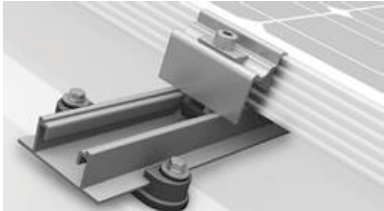


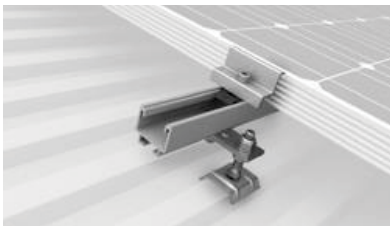

5.1 Sistemi pričvršćivanja na kosom/okomitom krovu

Učvršćivač	Područje upotrebe	Prednosti i nedostaci
<p>Kuka za krov - fiksna</p> 	<p>Krov od crijepa</p> <p>U zavisnosti od izvedbe prikladan do velikih opterećenja snijegom.</p>	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pokrovni materijal ostaje (mora se na mjestima ukloniti i prilagoditi) • može izdržati srednje do velike terete <p>--:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Visinske razlike se ne mogu izjednačiti • Moguće je oštećenje ispod položenih crijeva zbog velikog opterećenja i pogrešne upotrebe • Lomovi crijeva se teško mogu uočiti i popraviti
<p>Krovna kuka - varijabilna</p> 	<p>Krovovi sa crijepovima koji imaju odstupajuće visine. Prikladni do srednjeg nivoa opterećenja snijegom. Krovovi sa crijepovima sa potrebom poravnjanja površine sistema.</p>	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pokrovni materijal (mora se lokalno ukloniti i prilagoditi) • Optimalna prilagodljivost prema neravninama krova i različitim visinama crijeva <p>--:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Moguće oštećenje zbog prevelikih opterećenja i pogrešne upotrebe crijeva koji je položen ispod • Štete, kao što su lomovi crijeva, se mogu teško prepoznati i popraviti
<p>Limeni ili PVC crijep</p> 	<p>Krovovi sa crijepom. Pokrov u obliku ljske. Prikladan za veća opterećenja.</p>	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pokrovni materijal se lokalno zamjenjuje limenim crijepom • Limeni crijep se ne lomi • Dostupan u različitim tipovima crijeva <p>--:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dodatni trošak pri instalaciji • Potrebno višestruko pojačavanje sa letvama
<p>Fiksator trapeznog lima</p> 	<p>Na profilnom limu i sendvič elementima</p>	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mali trošak pri instalaciji • Dobar prenos snage za korektno učvršćivanje • Poboljšana ventilacija modula • Moguće rastezanje horizontalnih profila <p>--:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Samo gornji sloj se buši, zavrće vijcima ili nitnuje <p>Pažnja: Proizvođači sendvič elemenata i profilnog lima moraju dati saglasnost da je fiksiranje moguće. Jačina lima i slojeva mora biti kompatibilna sa uslovima solarne podkonstrukcije.</p>



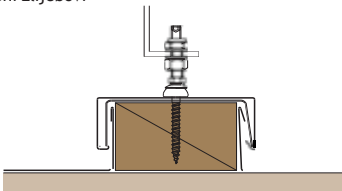
Slika 5.3: Elementi i sistemi za pričvršćivanje na kosom krovu

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

5.1 Sistemi pričvršćivanja na kosom/okomitom krovu

Fiksator	Područje korištenja	Prednosti i nedostaci
<p>Fiksator trapeznog lima</p> 	<p>Na trapeznom limu i sendvič elementima</p>	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Povoljna cijena • Moguće rastezanje horizontalnih profila <p>-:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Umanjena ventilacija modula
<p>Fiksator trapeznog lima</p> 	<p>Fiksator za krovove sa trapeznim limom sa različitim konfiguracijama visokih žlijebova (užljebljenja) sa otvorima za vezivanje u odnosu na širinu i bočne uglove</p>	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Upotreba kod različitih oblika visokih žlijebova sa otvorima za vezivanje • Male neravnine se mogu prihvatiti <p>-:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Problemi prilikom zavrtnja vijaka u području krovnih vijaka i preklapanja modula • Veliki posao i trošak za podešavanje • Profili se ne mogu proširivati
<p>Fiksator trapeznog lima</p> 	<p>Zavrtnje pomoću vijaka za tanki lim se obavlja na bočnim stranama visokih žlijebova sa otvorima na trapeznom limu</p>	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Povoljna cijena <p>-:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nosač profila na krovu od lima također mora biti podložen kako bi se izbjegla elektrokorozija • Umanjena ventilacija modula
<p>Trapezoidni ulaz s visećim vijkom</p> 	<p>Na trapeznom limu i sendvič elementima</p>	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Povoljna cijena • Ugradnja fiksirnog sistema sa ankerovanjem u podkonstrukciju <p>-:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Stvaranje toplinskih mostova u krovu od sendvič elemenata
<p>Viseći vijak i viseći vijak sa priključkom za vertikalnu šinu</p> 	<p>Pokrovni materijali velikog formata kao Welleternit (azbest) i profilni lim. Probušiti i učvrstiti na vrhovima (ne u područjima slivanja vode) sa probijanjem u noseću konstrukciju</p>	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jednostavna montaža • Prenos snage direktno u noseću konstrukciju <p>-:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Probijanje krovne opne i eventualno potkrova

Slika 5.4: Elementi i sistemi za pričvršćivanje na kosom krovu

Fiksator	Područje upotrebe	Prednosti i nedostaci
<p>Viseći vijak učvršćen kroz kroz debeli lim u podkonstrukciji</p> 	<p>Pokrovi za krovni škrljac (vrsta criijepa od vlaknastog cementa - azbesta)</p>	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Jednostavna montaža • Prenos snage direktno u noseću konstrukciju • Sigurno dihtovanje bez prodiranja u krov <p>-:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Prodiranje u krovnu opnu i eventualno potkrov
<p>Klema za limene falcovane profile za krov</p> 	<p>Limeni falcovani krovovi (limovi sa žljebovima)</p>	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bez bušenja pokrovnog materijala <p>-:</p> <p>Prenos snage je nesiguran</p> <ul style="list-style-type: none"> • Oštećenje krovnih žljebova (falceva) moguće zbog kretanja montera ili širenja materijala
<p>Rubni žlijebovi</p> 	<p>Krov sa rubnim žljebovima</p>	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Limeni krov se može slobodno širiti • Preporuka za izmjene solarnih instalacija na krovu sa vertikalnim žljebovima <p>-:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Radno i finansijski zahtjevan

Slika 5.5: Elementi i sistemi za pričvršćivanje na kosom krovu

Montaža konstrukcije za fiksiranje za sisteme na krovu

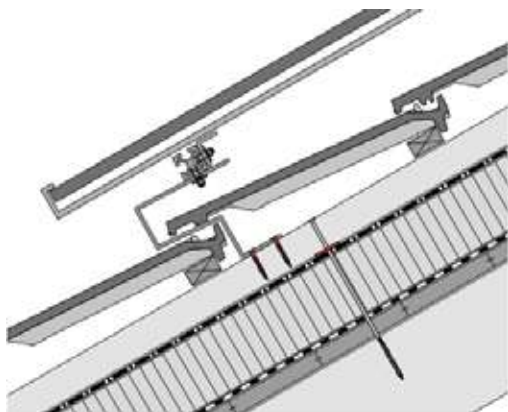
Prvi korak je odrediti gdje moraju biti fiksne tačke na temelju informacija koje je dostavio dobavljač ili planer sistema. Nakon toga se, zavisno od sistema, uklanjaju jedan ili više pokrivnih elemenata. Na postojeće letve ili kontra letve se montiraju krovne kuke. Važno je osigurati da odabrana vrsta fiksatora odgovara zahtjevima: pri tome uzeti u obzir težinu, vjetar i pritisak snijega. Krovne kuke i vijci za elemente za vješanje moraju biti poravnati u ravnim redovima kako bi se osigurala montaža bez zatezanja profila. Mora se paziti da vijci za drvo i elementi za vješanje ne oštete podkrov (slika 5.7). Ukoliko se probijanje podkrova ne može zaobići, probijanja se moraju stručno izolovati, npr. sa izolacionim trakama sa otvorima. (slike 5.8 do 5.11). Preporučuje se koristiti izolacione trake sa otvorima već prilikom nove izrade krovova.



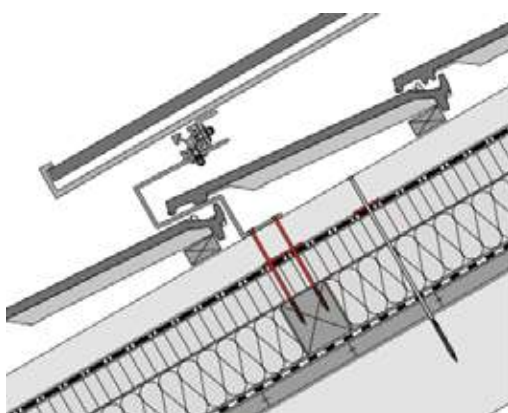
Slika 5.6: Bočnim postavljanjem kontra letvi, u području kuke za krov, mogu se postaviti i dodatni vijci, a (uz upit kod proizvođača sistema) mogu se koristiti i kraći vijci

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

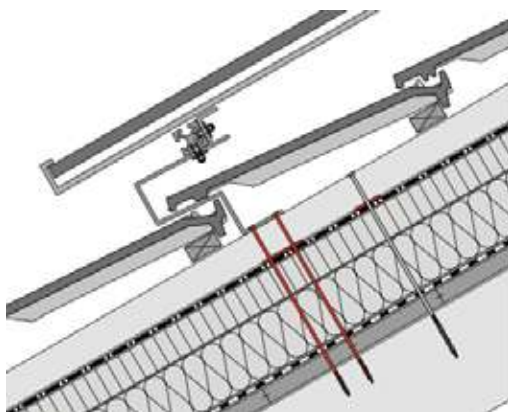
5.1 Sistemi pričvršćivanja na kosom/okomitom krovu



Slika 5.7: Vijci za montažu kuka za krov koji ne probijaju potkrov



Slika 5.8: Vijci kuka za krov koji probijaju potkrov. Ova probijanja se moraju izolovati hidroizolacionim trakama kroz koje prolaze vijci



Slika 5.9: Vijci kuka za krov ulaze sve do krovne grede. Ovi proboji se moraju izolovati hidroizolacionim trakama kroz koje prolaze vijci



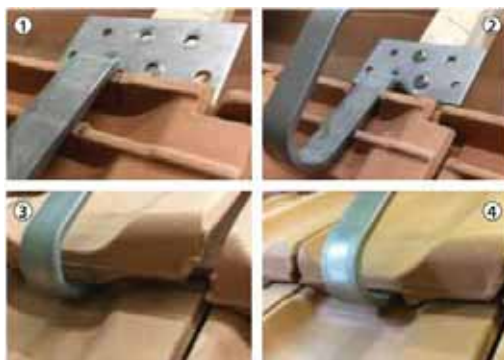
Slike 5.10 i 5.11: Fiksiranje kontra letvi koje su izolovane trakom za eksere/vijke i Fiksiranje kontra letvi sa hidroizolacionom trakom, gdje su vijci automatski hidroizolovani

Obično se mora za besprijekorno prodiranje kroz pokrovni sloj djelimično ukloniti rebro/falc crijepa, kako sa donjeg tako i sa gornjeg dijela crijepa. (Slika 5.12). Kuke se ni pri maksimalnom opterećenju ne smiju savijati i nalijegati na crijep. Pri tome se pokrov može izvući, kuka podložiti i podesiti na varijabilnu visinu za korištenje.

Besprijekornom probijanju nabora na crijepu se mora pokloniti posebna pažnja. Kod prevelikog skidanja rebra/falca sa crijepa neizbježno je prodiranje vode, naročito kod jakih udara kiše (slika 5.14).

Kod montaže sa kukama za krov važi sljedeće:

- kuka ne smije nalijegati na crijep niti pod teretom od snijega,
- prodiranja se moraju hidroizolacijski izolovati,
- gornji i donji dio crijepa se moraju očistiti od otpadaka crijepa.



Slika 5.12: Tok montaže kuke:

1. Lokacija kuke se nacрта na crijepu,
2. Rebra/falcovi se tako uklanjaju, da se ne prenosi nikakav pritisak na crijep. Kuka se pričvrsti na kontra letvu,
3. Kuka je prikazana bez nalijeganja na crijep.
4. Rebra u podnožju crijepa se odrežu i podloži se eventualno pločica za odvajanje.

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

5.1 Sistemi pričvršćivanja na kosom/okomitom krovu



Slika 5.13: Nepropisno postavljena kuka je samo nakačena na vrh crijeva. Opterećenja od snijega se prenose na crijep. Vjetar i vrtlog mogu podići cijeli sistem.



Slika 5.14: Glava i podnožje crijeva su potpuno uklonjeni. Ovo dovodi do ulaska vode.

Pored montaže krovnih kuka može se napraviti veza sa podkonstrukcijom pomoću visećih vijaka (slika 5.15). Pri tome se buše rupe u pokrovni materijal i kroz te otvore se uvrću vijci te vrši hidroizolacija sa prethodno montiranim izolatorima za vijke.

Ovo fiksiranje je prikladno za krovove sa PVC valovitim pločama, trapeznim limom i sendvič elementima koji su montirani na drvenu ili čeličnu podkonstrukciju.

Prilikom montaže sa visećim vijcima treba voditi računa o sljedećem (slike 5.15 i 5.16):

- čista podjela snage na rogove ili grede, po mogućnosti u središtu prema vertikalnoj šini,
- bespriječno dihtovanje probijenih dijelova krova sa visećim vijkom,
- pri montaži vertikalnih profila na viseće vijke posebno treba paziti na širenje šina.



Slika 5.15: Montaža na valovitim azbestnim pločama sa visećim vijkom



Slika 5.16: Podkonstrukcija od šina aluminijskih profila

Prilikom montaže na trapeznom limu (slika 5.17) paziti na:

- dovoljan kvalitet i jačinu sa ciljem zavrtanja vijaka za tanki lim,
- dovoljnu stražnju ventilaciju modula,
- bespriječno premoštavanje pri udarima na modul i fiksirne vijke krova i njihove kupolaste vrhove,
- širenje podkonstrukcije, pokrova i montažne konstrukcije.



Slika 5.17: Montaža na komadu trapeznog lima i sendvič elementu

Montaža na sendvič elementima se mora dogovoriti sa krovopokrivačem ili proizvođačem krova.

Proizvođači panela obično ne daju garanciju protiv ljuštenja gornjeg remena sa sloja toplinske izolacije kada se pričvršćuju pomoću vijaka za tanki lim. Zavrtanje vijaka za tanki lim na uzdignutim rubovima bočnog preklapanja panela rezultira vijčanim spojem kroz dvije debljine lima i povećava sigurnost.

Moraju se stalno pratiti upute o montaži od strane proizvođača sistema.

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

5.1 Sistemi pričvršćivanja na kosom/okomitom krovu

Sistemi sa šinama

Različite systemske konstrukcije

Kod izrade profila razlikuju se jednoredni i dvoredni (ukršteno-vezani) sistemi. Ukršteno/križno vezni sistem je izrađen od jačeg materijala, ali robusnije konstrukcije i omogućava besprijekorno prilagođavanje uz distancu prema gredama, rogovima i rožnjačama, stabilnu mrežu pokrivenosti i mrežu modula.

Sistemi sa polaganjem/umetanjem

Sistemi sa umetanjem su materijalno zahtjevniji, kako kod jednoslojnih sistema za stezanje, još više kod dvoslojnih steznih sistema. Korištenjem plivajućeg polaganja modula izbjegavaju se zatezanja na modulima koja nastaju kao posljedica kretanja krova i termičkog rastezanja. Ako su solarni moduli postavljeni poprečno, sistem umetanja može apsorbirati znatno veća opterećenja snijegom i vjetrom (više u poglavlju 7.3.1).

Sistemi sa stezanjem

Sistemi sa stezanjem se mogu montirati na horizontalnim i vertikalnim šinama. Treba voditi računa o tome da se kod jednoslojnih sistema stezanja veće sile apsorbiraju preko ivica (okvira) modula. U slučaju neispravne montaže tako fiksiranih sistema mogu nastati štete na solarnim modulima, npr. zbog opterećenja usljed vjetera i snijega.

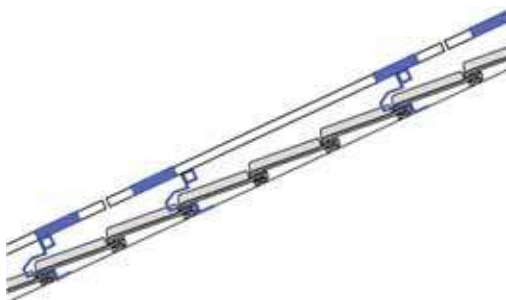
Kod montaže modula sa klemama proizvođač modula određuje područje u kojem moduli moraju nalijegati na šine i biti stegnuti. Pridržavanje ovog raspona je neophodno kako se moduli ne bi oštetili pod opterećenjem i da ostane garancija na njih. Budući da razmak šina zavisi o dimenzijama mreže pokrovnog materijala, to nije uvijek moguće bez problema. Ovoj problematici treba posvetiti pažnju već u fazi planiranja (slike 5.18 do 5.21).



Slika 5.18: Kleme modula se mogu ugraditi kako je odredio dobavljač modula (plavo područje)



Slika 5.19: Montirani FN moduli. Područja stezanja su urađena po propisu (plavo područje na slici 5.18)







Slika 5.20: Područje stezanja (plavo područje) je izvan dozvoljenog područja! (Uporedi i sliku 5.22)



Slika 5.21: Problem: područje stezanja ne odgovara navodima dobavljača

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

5.1 Sistemi pričvršćivanja na kosom/okomitom krovu

Učvršćivanje	Područje upotrebe	Prednosti i nedostaci
<p>Šine položene jednoređno horizontalno, moduli učvršćeni sa klemama/stezaljkama na šinama</p> 	Kosi krovovi	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mali utrošak materijala <p>-:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opterećenje okvira modula kod fiksiranja vezanjem modula u odnosu na mehanička i termička rastezanja • Razmak između šina zavisi o veličini rešetke pokrovnog materijala • Raspon stezanja se često ne može održati
<p>Šine postavljene jednoređno vertikalno, moduli učvršćeni sa klemama na šinama</p> 	Često na krovovima, položeni na krovne grede	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mali utrošak materijala <p>-:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opterećenje okvira modula prilikom fiksiranja modula sa klemama u odnosu na mehanička i termička rastezanja • Raspon stezanja se često ne može održati
<p>Šine dvoređno položene, moduli učvršćeni sa klemama na šinama</p> 	Sve krovne konstrukcije	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Robusna konstrukcija • Veća fleksibilnost s obzirom na noseću konstrukciju i raširenost po tačkama spajanja <p>-:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Zahtjeva više materijala • Opterećenost modula smanjena kod vertikalnog redanja modula
<p>Šine dvoređno položene u sistem, moduli su umetnuti polaganjem u horizontalne šine</p> 	Sve krovne konstrukcije	<p>+:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Robusna konstrukcija • Veća fleksibilnost u odnosu na noseću konstrukciju i raširenost po tačkama spajanja • Pojedinačni moduli se u svrhu održavanja jednostavno mogu demontirati • Manji utrošak materijala u poređenju sa dvoređnim zateznim sistemima • Bez utjecaja na module pri termičkoj promjeni dužine podkonstrukcije <p>-:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Opterećenost modula smanjena kod visoko stojećih umetnutih modula

Slika 5.22: Referenca na tabelu i slike u prethodnom tekstu

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

5.1 Sistemi pričvršćivanja na kosom/okomitom krovu

Rastezanje (širenje) solarnih profila

Zbog temperaturnih oscilacija materijali podliježu termičkom širenju, što se mora kod planiranja i montaže uzeti u obzir.

Širenje različitih građevinskih materijala se iskazuje koeficijentom rastezanja, koji definiše za koliko milimetara se rasteže neki materijal od 1m dužine pri zagrijavanju od 100K.

Koficijenti rastezanja materijala, koji se koriste u montaži solara:

Aluminijum:	2,4 mm/(m·100K)
Čelik:	1,2 mm/(m·100K)
Bakar:	1,7 mm/(m·100K)
Staklo:	0,5 mm/(m·100K)
Ojačani PVC staklenim vlaknima GFK:	5 do15 mm/(m·100K)

Primjer: Standardni alu-profil ima dužinu od 6m. Koeficijent rastezanja aluminija iznosi 2,4 mm/(m·100K). Zimi računamo sa vanjskim temperaturama na krovovima od -20°C, a ljeti od +80°C. Temperaturna razlika iznosi dakle okruglo 100K. Aluminijski profil se rasteže između zime i ljeta.

Kod profila od 6m dužine promjena dužine

iznosi: $2,4 \text{ mm/m} \cdot 6\text{m} = 14,4\text{mm}$.

Ovoj problematici se kod planiranja i montaže modula treba posvetiti posebna pažnja.

Kada se moduli montiraju preko slobodno utegnutog spoja profila kretanje jednog od profila prenosi se na fugu dva modula.

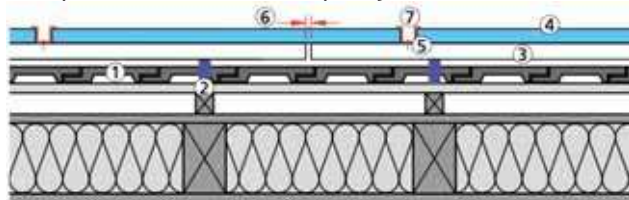
Budući da je raspon stezanja klema modula često samo 4 - 5 mm, modul se izvlači ispod stezaljke/ kleme i leži olabavljen na krovu. Iz tog razloga se kod montažnih sistema, koji se stežu, moraju planirati i izvesti dilatacije.

Primjer: Dilatacija/istezanje šina se dešava kod držača modula. Pri nižim temperaturama modul se izvlači ispod držača modula i sklizne (slika 5.23).

Rješenje (slika 5.24): Šine se mogu slobodno istežati. Nema prenosa na module i držače.

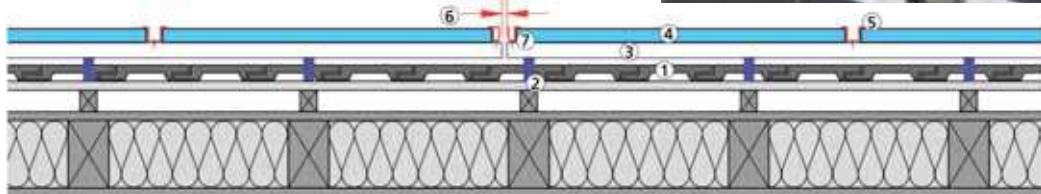
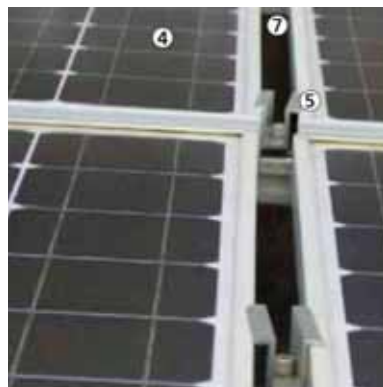
Pažnja: Spajanje dva montažnih profila sprječava dilataciju na spoju profila, ali ne i širenje. Širenje se prenosi na krovne kuke i njihovo fiksiranje ili se profili deformiraju.

Mora se voditi računa o smjernicama proizvođača.



Slika 5.23: Problematična izvedba

1. Pokrovni materijal (crijep)
2. Kuka za krov
3. Noseći profil/Montažna šina
4. Solarni modul
5. Držač modula
6. Spoj šina, ovdje se dešava dilatacija (istezanje) profila
7. Dilatacija kod spoja modula (ne dijeli se na sve module)



Slika 5.24: Rješenje izvedbe (montažna šina i FN modul su prekinuti na istoj strain, šine mogu slobodno da se istežu, dilatiraju)

- | | |
|--------------------------------|--|
| 1. Pokrovni materijal (crijep) | 5. Držač modula |
| 2. Krovna kuka | 6. Spoj šina, ovdje se dešava dilatacija profila |
| 3. Noseći profil/montažna šina | 7. Završetak kleme na modulu |
| 4. Solarni modul | |

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

5.1 Sistemi pričvršćivanja na kosom/okomitom krovu

5.1.2 Integrirani solarni sistemi

Integrirani solarni sistemi su optički zahtjevni. Planiranje sistema, posebno stražnje ventilacije modula u području strehe i sljemena, te spojeva na krovne prodore i pokrov, zahtjeva ozbiljno planiranje i pripremu rada. Kod integriranih solarnih sistema solarni modul ili kolektor preuzima funkciju krovnog pokrova.

Ovi moduli moraju biti nepropusni na kišnicu i druge vremenske utjecaje.

Također moraju biti prohodni, izdržati opterećenje snijegom i usisavanje vjetra, kao i biti otporni na grad.

Na tržištu se nudi razni sistemi. Zavisno o sistemu, nepropusnost je osigurana preko spojeva modula, s odvodom preko pričvrstnih šina ili pomoću skaliranih profila. Različiti integrirani unutarkrovni sistemi razlikuju se po spoju pojedinačnih elemenata i po spojevima na krovni materijal sa svih strana.

Ovi spojevi mogu biti više ili manje zahtjevni.

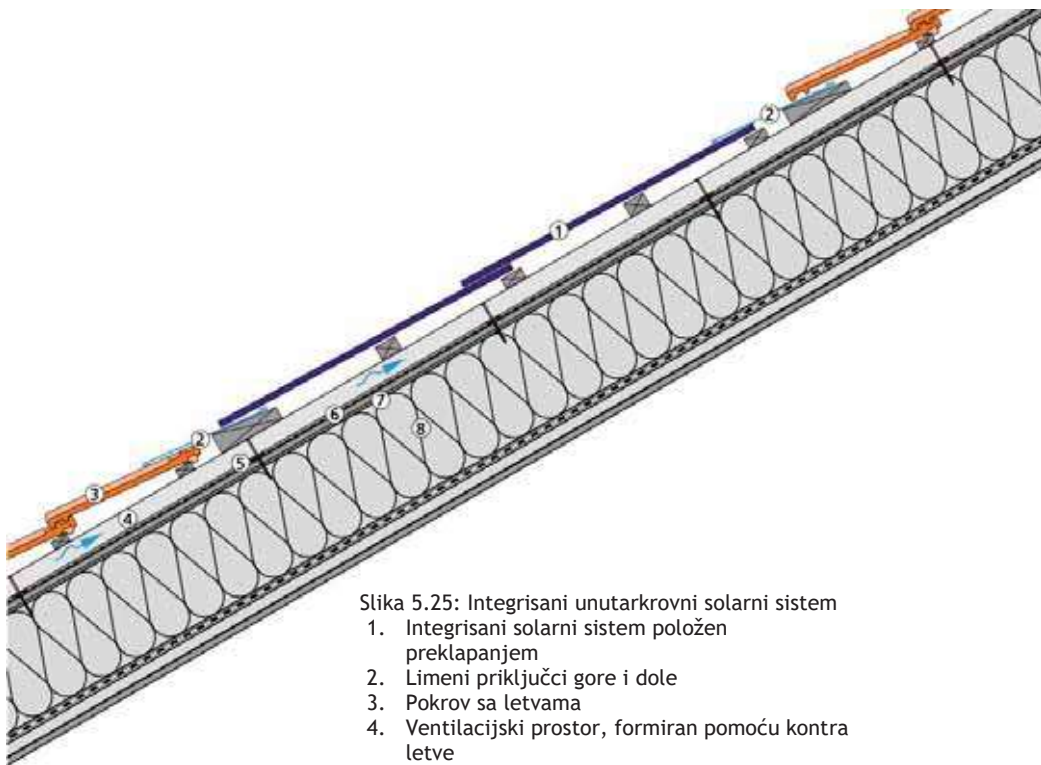
Kod integriranih sistema je najvažnije da postoji dobar ulaz i izlaz zraka. Bez cirkulacije zraka između potkrova i fotonaponskog modula, nakupljanje topline dovodi do velikih gubitaka u radu. Može doći do oštećenja modula kao što je rđanje i raslojavanje, a time i do mogućeg preranog kvara sistema.

Već za vrijeme planiranja treba definisati kako su projektovani detalji ulaza i izlaza zraka. Za to stoje razne mogućnosti na raspolaganju. (poglavlje 4.1.3).

Tok montaže je ovisan o sistemu. U pravilu se prethodno postavljaju fugovani ili odvodni profili.

Nakon toga mogu se montirati moduli. Razlika u montiranju solarnih modula je u tome, da li se mogu montirati odozdo prema gore ili odozgo prema dole. Isto tako, ne mogu se svi sistemi instalirati bez velikog utroška sa vertikalnim fugama.

Detaljne upute o montaži su u poglavlju 7.3.2 i dalje.



Slika 5.25: Integrirani unutarkrovni solarni sistem

1. Integrirani solarni sistem položen preklapanjem
2. Limeni priključci gore i dole
3. Pokrov sa letvama
4. Ventilacijski prostor, formiran pomoću kontra letve
5. Fiksator kontra letve sa hidroizolacijom
6. Potkrovnna membrana
7. Potkrovnna ploča
8. Rogovi / Puna izolacija rogova

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

5.3 Sistemi pričvršćivanja na vanjskim zidovima

5.2.1. Upute o planiranju

Podkonstrukcija u pravilu nije povezana sa nosećom konstrukcijom. Zbog toga podkonstrukcija mora zadovoljiti sva osobine statike i pritiska vjetra/usisavanja vjetra (pogledati i instalaciju FN sistema i solarnih toplinskih sistema na ravnim krovovima).

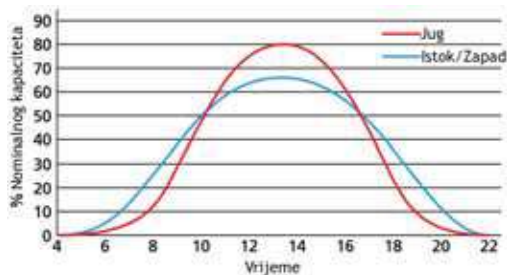
U slučaju ravnog krova, potreban ugao nagiba se mora postići konstrukcijskim mjerama kao što su npr. podizanja na nosače - elevacije.

Usmjeravanje prema istok-zapad

Materijal za FN sistema je u prošlosti bio relativno skup, stoga se težilo ka optimalnom položaju usmjerenom ka suncu. Ugao podešavanja je bio uglavnom između 15° - 30° .

Kako bi se optimizirao udio u sopstvenoj potrošnji energije proizvedene u FN sistemu danas se grade i sistemi orijentisani prema istok-zapad.

Sa optimizacijom sopstvene potrošnje više se ne želi dobiti samo maksimalni prinos, već dobra distribucija prinosa tokom cijelog dana (slika 5.26).



Slika 5.26: Poređenje FN sistema različitih orijentacija u toku jednog sunčanog dana



Slika 5.27: Nizovi modula usmjereni istok - zapad

Ova orijentacija sistema omogućava optimalno korištenje krovne površine.

Podkonstrukcije se često postavljaju sa orijentacijom istok-zapad i uglom nagiba od 10° - 20° (slika 5.27).

Električna energija se proizvodi tokom dužeg perioda dana sa smanjenjem oko podneva. Ali, udio sopstvene potrošnje može se povećati tokom dužeg perioda dana.

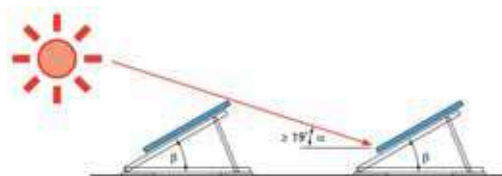
Orijentacija istok-zapad se ne koristi za solarne kolektorske sisteme za toplu vodu.

Usmjeravanje prema jugu

Kod sistema koji su usmjereni prema jugu najviše se može profitirati direktnim osunčavanjem u podne. Sistemi imaju u pravilu fiksiran ugao nagiba. Postoje međutim različiti sistemi na tržištu čiji uglovi nagiba se u određenom području mogu izabrati po želji.

Kod sistema okrenutih prema jugu, redovi modula su poravnati jedan iza drugog na isti način. Važno je da se razmak između redova održava u skladu sa specifikacijama proizvođača.

Rastojanje je izračunato tako da redovi međusobno ne prave sjenu ni kada je sunce 21. decembra u najnižoj tački (slika 5.28).



Slika 5.28: Udaljenost sjenčenja na južnu kotu

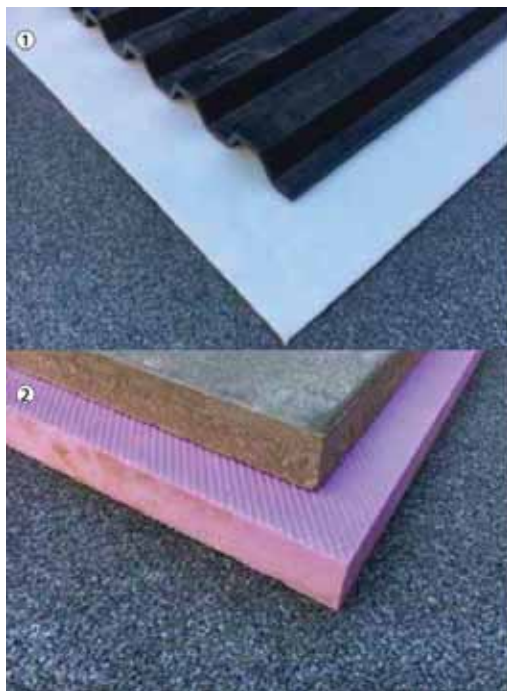


Slika 5.29: Nizovi modula usmjereni prema jugu

Zaštita površine krova

I najmanje oštećenje površine krova može da uzrokuje veliku štetu. U idealnom slučaju se između izolacije i zaštitnog sloja (npr. šljunak) nalazi zaštita. Ona sprječava mehaničko oštećenje izolacije. Kasnija sanacija je zahtjevna i skupa jer se kompletan solarni sistem mora demontirati. Ukoliko se koriste sistemi koji donose dodatnu težinu na krov, neophodno je jasno razjasniti stanje krova i statike krovne konstrukcije, kao i termo izolacije kako bi se dugoročno izbjegla oštećenja (pogledati poglavlje 5.2.4).

Veća poziciona opterećenja na krovu se moraju izbjegavati. Posebno se kolektorski solarni sistemi često montiraju na velike betonske ploče. Kod pozicionih opterećenja netkana zaštita (flis) nije dovoljan, pod određenim okolnostima, ali su XPS-ploče stabilnije. Tokom građevinske faze potrebno je voditi računa o pozicionom opterećenju krova. U zavisnosti od konstrukcije krova palete sa materijalom se ravnomjerno raspoređuju po krovu.



Slike 5.30 i 5.31: Prikladni materijali za zaštitu izolacije

1. Zaštitni flis polipropilen min. 500 g/m² sa PVC reciklažnom pločom
2. Ekstrudirani polistirol - XPS sa cementnom pločom

Ako su neophodna veća pomjeranja šljunka, više smisla ima usisavanje šljunka nego preraspodjela šljunka. To omogućava čist rad i nema problema sa lokalnim opterećenjima.

5.2.2 Balastni sistemi na ravnom krovu

Prilikom instalacije sistema za fiksiranje na postojeće objekte, zaštitni sloj (okrugli šljunak, zelenilo) mora biti uklonjen i treba paziti da se ne ošteti izolacija. Kod balastnih sistema planiranje i izvođenje radova moraju raditi stručnih lica. U svakom slučaju mora se štiti izolacija. Pri tome se nikako ne postavljaju slojevi koji mijenjaju građevinsku fiziku krova. Obrnuti krovovi već imaju toplotnu izolaciju otpornu na pritisak i stoga su pogodni za solarne panele. Preko termoizolacionog sloja položenog u obrnuti krovni sistem ne postavljaju se paronepropusni slojevi (čak ni zaštitni flis), jer u suprotnom funkcionalnost difuzije pare više nije zagarantovana.

Stalci se mogu postaviti na različite načine. Sistemi su projektovani tako da se težina solarnog sistema raspoređi na što veću površinu, da ne dolazi do mjestimičnih opterećenja. Pored toga, sve više se koriste sistemi koji su aerodinamični i zahtjevaju manje balasta. Nedostatak ovih sistema je smanjena stražnja ventilacija i nisu prikladni za zelene krovove. Zavisnosno od proizvođača sistem montaže i pričvršćivanja može biti drugačije struktuiran.

Sa malom težinom sistema pokušava se postići nisko balastna, jednostavna i brza montaža. Mnogi sistemi koriste zaštitni sloj kao osnovni balast. Tako se može uštediti veliki dio dodatne težine. Dodatni balast se uvijek primjenjuje u zavisnosti od statičkih zahtjeva.



Slike 5.32 do 5.39 daju pregled uobičajenih načina montaže

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

5.3 Sistemi pričvršćivanja na vanjskim zidovima



Slika 5.33: Stalci od aluminija su opterećeni betonskim elementima



Slika 5.34: Balastiranje se može izvršiti nanošenjem zaštitnog sloja (okrugli šljunak ili substrat) ili polaganjem ploča



Slika 5.35: Betonske ploče kao balast



Slika 5.36: Nepravilno balansiranje. Raspodjela opterećenja ne odgovara zahtjevima po normi SIA 261 i 271. Opterećenje vjetrom je veće u području ivice krova nego na sredini krova, što se uvijek odrazi na raspodjelu balasta koji se primjenjuje



Slika 5.37: Noseći profil dizajniran za zaštitni sloj



Slika 5.38: Noseći profil ispunjen šljunkom i balastiran



Slika 5.39: PVC posude spremne za sakupljanje šljunka

Usmjeravanje istok-zapad

Pomoću šatorske strukture sistema montaže i fiksiranja se može spriječiti međusobno osjenčenje redova (slike 5.40 i 5.41).

Razmak između redova je manji nego kod jednostranog poravnjanja i površina krova se može bolje iskoristiti. Ova struktura šatora je bolje zaštićena od vjetrova, tako da je potrebna manja dodatna težina. Sistemi istok-zapad se na sličan način postavljaju kao i sistemi prema jugu.

Često se mogu sistemi montaže i fiksiranja nekog proizvođača koristiti za obje varijante.



Slike 5.40 i 5.41: Montažni sistemi istok-zapad

Sistemi u paraleli sa krovom

Ekonomičan tip montaže za ravne krovove sa blagim nagibom je sistem paralelne instalacije sa ravni krova (slike 5.42 do 5.44).

Može se postaviti sa malo balasta i pokrivajući površinu. Zbog ravnog nagiba, snijeg i prljavština se duže zadržavaju na površini pa se efekat samočišćenja i stražnja ventilacija mora dodatno rješavati.

U drugoj varijanti se mogu koristiti gumene (kaučuk) folije kao zaštita na krovovima. Podkonstrukcija se pričvršćuje pomoću ugrađenih navoja u držačima panela.



Slike 5.42 i 5.43: Instalacije FN sistema paralelno s krovom



Slika 5.44: Paralelni FN sistem sa krovom sa folijom

Sistemi na zelenim krovovima

Posebna pažnja se treba posvetiti planiranju sistema na zelenim krovovima. Zeleni krovovi su često vezani sa građevinske propise, npr. za retenciju (zadržavanje vode radi rasterećenja postrojenja za prečišćavanje otpadnih voda) i iz tog razloga se ne mogu jednostavno ukloniti sa krova. Ne preporučuje se postavljanje iznad substrata (podloge) jer bi pojačan rast biljaka mogao osjenčiti module (slika 5.45). Međutim, nije preporučljivo postavljati vegetacijske barijere, jer kišnica može da formira lokve i da počne raspadanje (slika 5.46). Uz to, organske supstance u substratu ispod vegetacijske barijere mogu same da se raspadaju i razviju neprijatne mirise.

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

5.3 Sistemi pričvršćivanja na vanjskim zidovima

Pokušaji da se spriječi rast biljaka korištenjem modula i okvira od lima, kako bi se sunčeva svjetlost držala dalje od podloge krova neće uspjeti, pošto su sami otvori za ventilaciju već dovoljni za rast biljaka.

Kod planiranja FN sistema na ravnim krovovima sa zelenilom treba voditi računa o sljedećim tačkama:

- ispod FN modula bez supstrata napravite zonu bez vegetacije sa okruglim šljunkom ili baštenskim pločama 30 - 50 cm na prednjoj ivici FN modula (slika 5.47),
- odabrati sisteme za učvršćivanje koji su viši od vegetacije (slika 5.48),
- ako je moguće, ne stvarati zelenilo na cijelom području FN sistema, i obezbjediti zaustavljanje rasta izvan dosega FN sistema.

Zeleni krovovi zahtijevaju intenzivnije održavanje od šljunčanih krovova. Ovaj dodatni napor se često potcjenjuje ili zanemaruje (napomene o održavanju su u poglavlju 11).



Slika 5.45: Nekompatibilni rast biljaka između FN modula



Slika 5.46: Barijera od biljaka sa lokvama vode



Slika 5.47: Povišeni sistem montaže i pričvršćivanja na zelenim krovovima



Slika 5.48: Energetski zeleni krov, energija iz sunca i zelenilo na istom krovu, pločaste staze čine FN sistem pristupačnim

Sistemi u regijama sa mnogo snijega

Uzdignuti montažni sistemi za učvršćivanje se također postavljaju u snježnim regionima, kako bi se izbjeglo sjenčenje od nagomilanog snijega (slika 5.46).

Ove specijalne konstrukcije su izložene veoma velikim opterećenjima vjetrom i snijegom i stoga zahtijevaju vrlo dobro planiranje.



Slika 5.49: Montažni sistem za učvršćivanje u planinskim regijama

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

5.3 Sistemi pričvršćivanja na vanjskim zidovima

5.2.3 Prodirući sistemi na ravnom krovu

Postoje montažni sistemi za ravni krov koji su razvijeni specijalno za industrijske krovove, u kojima se kao unutrašnja noseća školjka može naći trapezni lim.

Često ni izolacioni sloj ovih krovova ni trapezni lim nemaju dovoljnu nosivost da bi mogli da apsorbiraju i opterećenje solarnog sistema. Sistemi stoga prenose opterećenja na noseću konstrukciju ispod trapeznog limenog profila.

Ovi sistemi mogu premostiti velike raspone i stoga zahtjevaju manje tačaka za pričvršćivanje.



Slika 5.50: Prodirući sistem na industrijskom krovu

5.2.4 Otpornost na pritisak toplotna izolacija

Prilikom montaže sistema za pričvršćivanje bez prodiranja, potrebno je paziti da se ne ošteti hidroizolacija. Takva oštećenja teško se pronađu i skupa su za popravku.

Samo stručna lica mogu polagati zaštitne prostirke od flisa ili građevinske prostirke.

Da ne bi dolazilo do probijanja kroz hidroizolaciju, mora se obezbijediti da se ne prekorači dozvoljena specifična nosivost izolacionog sloja ispod hidroizolacije.

Instalacije se izvode tako da moraju imati minimalnu otpornost na pritisak od 120 kPa (pri 10% kompresije). Ovo mora biti verifikovano i dokumentovano tokom planiranja i izgradnje.

Vrijednosti se mogu uzeti iz tabele na slici 5.51, iz smjernica za SIA normu 271.

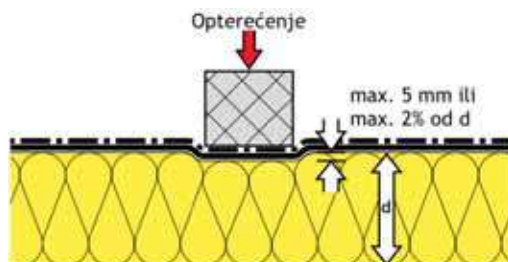
Za određivanje dozvoljenog specifičnog opterećenja, mora se uzeti u obzir vrijednost od dobavljača pri kompresiji od 2%. Da bi se obračunalo maksimalno specifično opterećenje izolacije, mora se

računati sa efektivnom kontaktnom površinom.

Pri određivanju maksimalnog specifičnog opterećenja koje se javlja na izolacionom sloju, mora se uzeti u obzir težina sistema, pritisak vjetra, opterećenje snijegom i smanjena kontaktna površina kote (visine nosača).

Termoizolacioni materijali	Otpornost na pritisak [kPa]
EPS: Ploča od tvrde pjene od polistirena ekspanzirana	120 do 350
XPS: Ploča od tvrde pjene od polistirena ekstrudirana	300 do 700
PUR: Ploča od tvrde pjene od poliuretana	100 do 350
MW: Ploča od mineralnih vlakana	50 do 120
CG: Ploča od pjenastog stakla	600 do 1000
VIP: Vakumirana ploča	90 do 160

Slika 5.51: Izbor standardnih termoizolacionih materijala iz norme SIA 271, sa navodnom otpornosti na pritisak pri 10% kompresije



Slika 5.52: Izolacija smije biti komprimirana pod opterećenjem za maksimalno 5 mm (2% debljine)

Ukoliko se solarni sistem montira na vanjski zid, može se koristiti podkonstrukcija fasadne obloge. Dimenzije mreže moraju biti prilagođene elementima koji se ugrađuju na osnovu dokumentacije dobavljača. Treba uzeti u obzir ako su solarni elementi teži od standardne oplata. Informacije o planiranju i izvođenju se mogu pronaći u izvorima na internetu.

5.3.1 Montaža sa zidnim konzolama

Solarni elementi (kolektori ili FN moduli) integrisani vertikalno u fasadu imaju efikasnost koja je 25 - 30% slabija od sistema na konzolama sa nagibom od oko 45° - 70° nagiba. Ako su sistemi izgrađeni na takvim konzolama (slike 5.53 i 5.54), prinos pojedinačnih modula je bolji, ali se zbog međusobnog sjenčenja može ugraditi za trećinu manje elemenata.

Istovremeno, ožičenje je djelimično vidljivo i

5 Sistemi montaže i pričvršćivanja

5.3 Sistemi pričvršćivanja na vanjskim zidovima

remeti ukupnu sliku. Kosi nosači su pogodni tamo gdje elementi istovremeno imaju funkciju zasjenčenja ili zaštite od vremenskih prilika. Ako se postavljaju konzole, postojeća fasada mora da ispunjava određene kriterije:

- montaža se vrši na gotovu, vodoodbojnu fasadu (cementne ploče, drvena oplata, spoljni malter),
- površina fasade mora biti otporna na pritisak,
- mora biti u stanju da apsorbira statičke utjecaje (svoju težinu, vjetra, snijeg).



Slika 5.53: Kolektori na spoljnom zidu montirani sa zidnim konzolama - treba izbjeći zasjenjenje

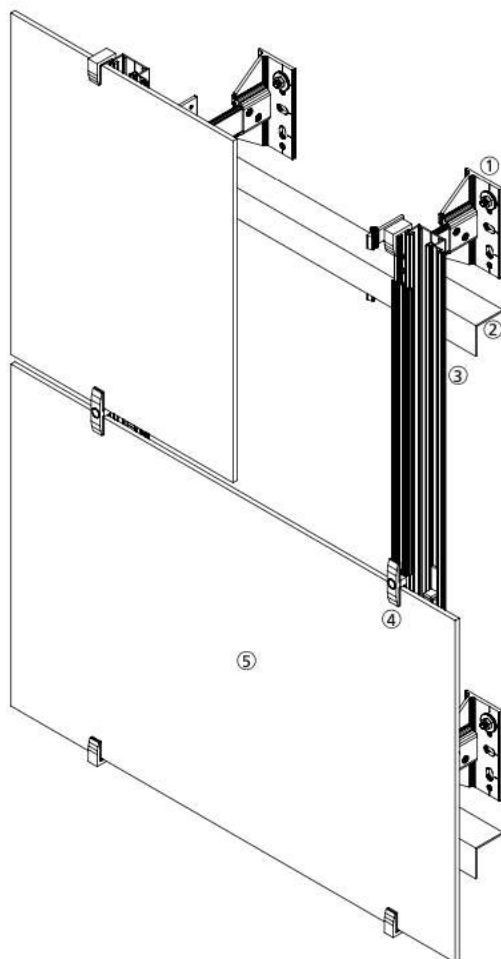


Slika 5.54: Kolektori montirani sa zidnim konzolama na nadkrovlju

5.3.2 Montaža fiksatora na fasadi

Montiranje FN sistema obloganjem fasada, u obliku zavjesa, koje imaju stražnju ventilaciju, uobičajeni su sistemi za fasadne podkonstrukcije. Sastoje se od nosećih konzola i vertikalnih ili horizontalnih profila.

Za prihvatanje FN modula je potrebna dodatno i sekundarna podkonstrukcija, koja se sastoji od specijalnog profila koji omogućava montažnu solarnih elemenata (slika 5.55).



Slika 5.55: Standardne podkonstrukcije za fasade za prihvat FN modula

- 1 Zidna konzola
- 2 Potporni profil (primarna podkonstrukcija)
- 3 Noseći profil (sekundarna podkonstrukcija)
- 4 Držač modula
- 5 Solarni modul (oplata)

Budući da su solarni kolektori obično debljine 100 - 120 mm, razmak isturenog dijela fasadne oplata se mora tako povećati da kolektor bude u ravni sa oplatom na gotovoj fasadi.

Ovo povećano rastojanje između isturenog dijela stvara veći stražnji ventilacioni prostor između oplata i toplotne izolacije koji se također koristi za instalaciju kablova.

Prilikom planiranja podkonstrukcija za FN fasade, također se mora uzeti u obzir da su FN moduli dobro provjetreni sa zadnje strane kako bi se postigao njihova efikasnost i kako bi se izbjegla oštećenja modula.

6 Vodovi: Povezivanje/ožičavanje

6.1 Vodovi za solarne kolektore

6.1.1 Cjevovodi za solarno grijanje

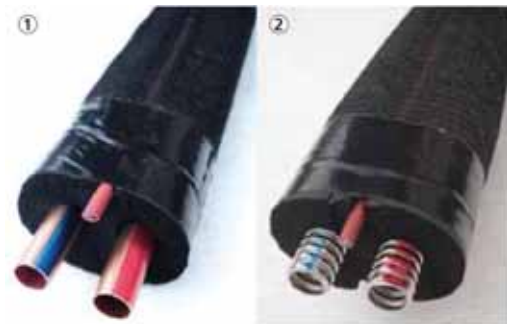
Za povezivanje termičkih solarnih sistema, solarnih kolektora, potrebne su cijevi kroz koje bi se transportovala proizvedena toplotna energija.

Vodovi za prenos toplote do kolektora se sastoje od valovitih bakarnih ili nehrđajućih cijevi (slika 6.1).

Od kolektora vodi prelazni cjevovod, a do kolektora, povratni cjevovod. Ovi vodovi se obavezno moraju izolovati da bi se izbjegli gubici toplotne energije.

Solarni vodovi se obično nude kao kompaktni cjevovodi sa integrisanim senzorskim kablom i dostupni su u različitim dužinama. Prečnik cijelog paketa je relativno velik i može iznositi od 60x100mm do 80x150mm, ovisno o prečniku cijevi i debljini toplotne izolacije.

Crvene i plave oznake na cjevovodima brinu za to da se protok (označen crvenom bojom) i povrat (označen plavom bojom) između polja kolektora i rezervoara za skladištenje ne miješaju.



Slika 6.1: Vodovi za prenos toplote sa kolektora

1. Bakarni vodovi
2. Valovita cijev od plemenitog čelika

6.1.2 Spojevi solarnih toplovodnih cijevi

Spoj bakarnih cjevovoda

Dvije bakarne solarne cijevi se povezuju pomoću mesinganih vijčnih spojeva (slika 6.2). Metalne, glatke cijevne spojnice spadaju u grupu odvojivih priključaka za glatke krajeve cijevi.

Nakon što je bakarna cijev isječena na dužinu i očišćena na ivicama, spojna matica i stezni prsten se vode preko bakarne cijevi. Bakarna cijev se ubacuje u konektor cijevi.

Stezni prsten se zategne okretanjem navrtke rukom, a zatim se njegova matica zategne za oko četvrtinu okreta odgovarajućim alatom.

PAŽNJA: Izbjegavati upotrebu komponenti različitih sistema, različitih proizvođača.



Slika 6.2: Spajanje bakarnih vodova

1. Preklopna matica i rezni prsten idu preko bakarne cijevi
2. Preklopna matica se pritegne odgovarajućim alatom
3. Metalna cijevna spojnica za bakarne cijevi

Spoj valovite cijevi

Dvije valovite cijevi se spajaju pomoću jednostavnog sklopa preko dihtujućeg metalnog spoja (slika 6.3).

Valovita cijev se isječe na potrebnu dužinu u talasastom dijelu. Nakon što je preklopna matica gurnuta naprijed, dva poluprstena se polažu u prvo valovito udubljenje i preklopna matica se povlači ponovo preko poluprstena.

Parni element se navija i zateže do graničnika. Postavlja se vijčna spojnica i pričvršćuje na valovitu cijev bez zaptivke.

Ovaj princip vijčne veze je pogodan za većinu valovitih cijevi od nehrđajućeg čelika.



Slika 6.3: Spajanje valovitih cijevi

1. Metalni zaptivni vijčni spoj za valovitu cijev
2. Metalni zaptivni spoj na valovitoj cijevi

6 Vodovi: Povezivanje/ožičavanje

6.1 Vodovi za solarne kolektore

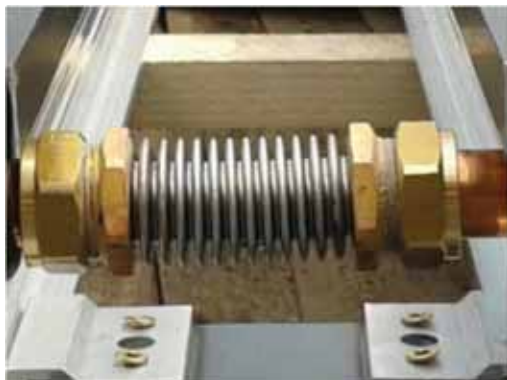
6.1.3 Povezivanje solarnih kolektora

Veze između pojedinačnih kolektora, preko cjevovoda, do solarne stanice predstavljaju najveći izazov.

Kako bi se postigla čvrsta i stabilna veza svih komponenti mora se strogo pridržavati uputa dobavljača.

Dijelovi za priključivanje na kolektor su raspoređeni sa bočnih strana. Pojedinačni kolektori se međusobno spajaju serijski i/ili paralelno prema potrebama sistema i specifikacijama proizvođača.

Ovisno o proizvođaču, spojevi između pojedinačnih kolektora sastoje se od fleksibilnih priključaka koji se lako pomiču i imaju potrebne spojne komponente (slike 6.4 i 6.5).



Slika 6.4: Priključak kolektora na bakrenoj cijevi



Slika 6.5: Priključak na kolektoru sa pojedinačnim komponentama

Neki dobavljači izode spojeve s kratkim komadima bakrenih cijevi koji su unaprijed pripremljeni.

Priključci vodova prema spremniku obično se izvode sa istim elementima kao i priključci ispod kolektora.

Temperaturni senzor za kontrolu kružnog toka je instaliran na najtoplijoj tački, izlazu tople vode iz posljednjeg kolektora sistema.

Njegova ugradnja se realizuje tako da se kroz pripremljenu cjevčicu, senzor ugura, učvrsti i začepi radi vlage. Priključne žice senzora se spajaju na priključne vodove do regulatora za upravljanje.

Ovisno o proizvođaču spajanje se vrši u isporučenoj kutiji sa klemama (spojnicama) ili s utičnim spojevima. Sve se potrebne komponente zajedno isporučuju (slika 6.6).



Slika 6.6: Kolektor sa senzorom i kutijom sa klemama

1. Kolektor
2. Kutija sa klemama
3. Ugrađeni senzor temperature u cjevčici



Slika 6.7: Priključak senzora na kolektor sa ovojnicom senzora i pojedinačnim komponentama

6.2 Fotonaponski vodovi

6.2.1 Vodovi za solarnu električnu energiju

Za povezivanje fotonaponskih sistema su potrebni električni kablovi/vodovi kako bi se proizvedena, istosmjerna, električna energija prenosila do ostalih elemenata u FN sistemu.

Za spajanje niza FN modula se mogu koristiti dvije vrste solarnih kablova: od 4mm² ili 6mm², ovisno od dužine kabla. Tanji kablovi su nešto jeftiniji, ali imaju veći električni otpor, a time i gubitke (pad napona). Ukoliko se spaja više kablova, potrebno je posavjetovati se sa projektantom za elektro instalacije.

Solarni kablovi sastavljeni su od višežilnih bakarnih vodiča/licni i dvostrukog omotač sa visokom UV otpornošću i otpornošću na vremenske uslove. Ovisno o dizajnu i veličini sistema potrebno je postaviti više parova takvih vodova.

U predjelu podkonstrukcije potrebno je umetnuti i žuto-zeleni kabal, za izjednačavanje potencijala. On se sastoji od bakarnih licni presjeka do 10mm² (bez vanjske gromobranske zaštite) ili 16mm² (sa vanjskom gromobranskom zaštitom).



Slika 6.8 i 6.9: Dvostruko izolirani solarni kabl sa bakrenim licnama u različitim bojama i kabl za izjednačavanje potencijala sa bakrenim žicama

6.2.2 Povezivanje solarnog kabla

Spajanje solarnih kablova bez predmontiranih utikača smiju izvoditi samo osobe s općom ili ograničenom dozvolom za postavljanje kablova! Može biti prisutan smrtonosan istosmjerni napon do 1000V DC!

Za spajanje solarnih kablova moraju se koristiti utikači istog proizvođača. Za presovanje (sastavljanje) konektora koriste se ispravani alati kako bi se izbjegla naknadna oštećenja. (Slika 6.10).

Važno je voditi računa o tome da se utikači različitih proizvođača ne koriste zajedno. Čak i ako su utikači međusobno kompatibilni, tehnička osobine proizvoda nisu ista i može doći

do ozbiljnog oštećenja (utikač se pregrije i topi).



Slika 6.10 i 6.11: Kliješta za presovanje, utikač i utičnica sa kompresionim čahurama tipa MC4

6.2.3 Povezivanje FN modula

Moduli se isporučuju već spremni za priključivanje. Na priključnim utičnicama modula se nalaze dva kabla duga oko 1 metar sa montiranim utikačima.

Utikači su opremljeni zaštitom od promjene polariteta. Dakle, niti jedna veza se ne može zamijeniti. Utikači su zaštićeni od slučajnog dodira, ali se smiju spojiti samo kada su suhi i moraju se stisnuti do kraja.

Moduli moraju biti spojeni zajedno prema rasporedu projektanta sistema. To je jedini način da osigurate ispravno funkcionisanje sistema.



Slika 6.12: FN modul sa priključnom kutijom i predmontiranim priključnim kablovima

6 Vodovi: Postavljanje i povezivanje vodova

6.3 Ožičenje unutar i na objektima/zgradama

Električni vodovi i cjevovodi koji se koriste moraju biti dobro zaštićeni. Važno je da ni vlaga ni UV zrake ne utiču na njih. Vodove također treba zaštititi od oštećenja kao što su mehanički utjecaji, glodavci, grad. Iz tih razloga vanjski vodovi uvijek moraju biti položeni u metalne cijevi ili kanale.

Prodori u objekat moraju biti pažljivo planirani. Kod probijanja kroz ovojnici zgrade spojevi svih slojeva moraju biti izvedeni prema propisanom standardu i ispravno dihtovani.



Slika 6.13: Pokriveni PVC kanal za unutrašnje kablove



Slika 6.14: Otvoreni mrežni kablovski kanal, u zgradi



Slika 6.15: Toplinski cjevovod doveden u kanal sa žičanom mrežom



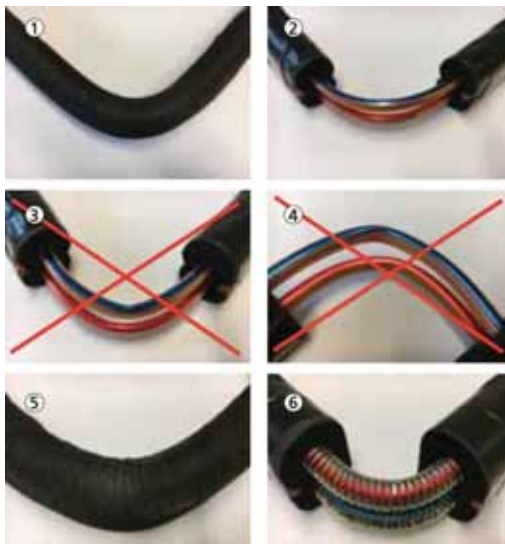
Slika 6.16: Fiksni cjevovod za toplinski vod s izolacijom (izolacija izvedena u području armature)

6.3.1 Kosi krov

Već prilikom planiranja moraju se uzeti u obzir različite mogućnosti trasiranja vodova. Kod novogradnji se potrebne prazne cijevi postavljaju u dovoljnoj dužini i prikladnim promjenama smjera (npr. lukovi 45° ili veliki radijusi). Kablovi se u takve cijevi mogu uvući bez problema. Treba uvijek odabrati direktan put od krova do prostorije sa opremom. Kablovi za FN sisteme su lakši za montirati, jer zauzimaju manje prostora. Što se tiče sigurnosti od požara i zaštite od dodira, zahtjevi su puno stroži nego za solarne kolektorske sisteme.

Posebnu pažnju treba obratiti na savijanje radijusa (slika 6.17). To se mora učiniti pažljivo, osobito s mekim bakrenim vodovima, jer se u izoliranom voda ne može vidjeti je li vod u njemu stisnut. Zgnječena cijev smanjuje protok i smanjuje solarni prinos, te može uzrokovati zastoj sistema. Valovite cijevi, od nehrđajućeg čelika, imaju jasnu prednost kad se radi o prignječenjima.

Ako postoji mogućnost usmjeravanja vodova niz vanjsku stranu zgrade, prema dole, to uvijek treba iskoristiti. Na taj način se može spriječiti nepotrebno prodiranje u zagrijane prostorije.



Slika 6.17: Savijanje radijusa

1. Kompaktni vod savijen
2. Bakarni vodovi ispravno zakrivljeni (savijeni)
3. Bakreni vodovi sa prignječanjem u luku
4. Vod je prignječen do nedopuštene mjere, mora se zamijeniti
5. Kompaktni vod zakrivljen
6. Valovita cijev od nehrđajućeg čelika ispravno zakrivljena

6 Vodovi: Postavljanje i povezivanje vodova

6.3 Ožičenje unutar i na objektima/zgradama

Prilikom polaganja vodova ispod sloja koji nosi vodu, mora se paziti da se stražnja ventilacija ne prekida ili ometa (slike 6.18 i 6.19).

Toplinska izolacija kod cjevovoda mora biti prohodno montirana i ne smije se smanjivati kod suženja i u ulazima u krov (opasnost od požara).

Treba provjeriti da li se privremeno zatvoreni dimnjaci mogu koristiti kao zone uspona.



Slika 6.18: Vodovi u nivou s ventilacijom, paralelno s kontra letvom, ventilacija radi besprijekorno



Slika 6.19: Vodovi koji vode preko kontra letvi mogu spriječiti prozračivanje u nedopuštenoj mjeri

U slučaju sistema koji se postavljaju na krov, kablovi i vodovi ne smiju nalijegati labavo ispod ili pored solarnih modula na krovu. Kablovi se mogu montirati izravno na sistem za pričvršćivanje pomoću kablovskih vezica otpornih na UV-zračenje i temperaturu ili ih postaviti u zaštitne cijevi (slika 6.20).



Slika 6.20: Kabl pričvršćeno na šinu s kablovskim vezicama

6.3.2 Ravni krov

Mora se voditi računa o tome da su vodovi postavljeni na ravnom krovu u zaštitnim cijevima ili kanalima. Kablovi se ne smiju polagati slobodno i labavo. Treba ih uredno sastaviti i pričvrstiti. Ako se po ravnom krovu mora hodati radi održavanja, vodovi ne smiju predstavljati opasnost od spoticanja. Također se ne preporučuje prekrivanje zaštitnim slojem, najčešće šljunkom, jer su vodovi tada uvijek izloženi vlazi.

Cijevi solarnog grijanja se trebaju toplinski izolirati u skladu sa propisima (slike 6.21 i 6.22). S vanjske strane radi se o toplinski otpornoj izolaciji s aluminijskim omotačem prilagođenim temperaturama sistema. Ako se ventilacijski otvori koriste u solarnim toplinskim sistemima (slika 6.21), moraju biti lako dostupni. Treba koristiti visokokvalitetne proizvode koji imaju dug vijek trajanja i otpornost na očekivane visoke temperature.

Vodovi iz FN sistema polažu se u zatvorene kablovske kanale (sliku 6.23)



Slike 6.21 i 6.22: Zaštitna cijev za odvođenje topline od kolektora do spremnika topline



Slika 6.23: Metalni kablovski kanal za FN sistem

6 Vodovi: Postavljanje i povezivanje vodova

6.3 Ožičenje unutar i na objektima/zgradama

6.3.3 Vanjski zid



Slike 6.24 i 6.25: Kolektorski solarni vod postavljen u posebnu odvodnu cijev na fasadi, FN vodovi su na fasadi u kanalu od aluminija

Polaganje linija za vodove na fasadi je prvenstveno estetski zahtjevno jer su linije često vidljive.

U kolektorskim solarnim sistemima su vidljivi cjevovodi postavljeni u zaštitnim cijevima.

Ako su cjevovodi kolektorskog sistema integrisani u isturene fasade sa stražnjom ventilacijom mogu nevidljivo biti usmjereni u liniji sa stražnjom ventilacijom.

Vodovi FN sistema se moraju zaštititi od dodira, oštećenja i UV-zračenja.

Vidljivi vodovi polažu se u zaštitne cijevi. Kod naprijed isturenih fasada sa stražnjom ventilacijom može se usmjeravanje vodova odvijati jednostavno u razini stražnje ventilacije.

6.4 Presjeci/preklapanja

Prilikom montaže solarnih sistema uvijek će biti i preklapanja poslova između zanatlija.

Važno da se kod planiranja ta preklapanja precizno definiraju. Samo tako se mogu izbjeći iznenađenja i nesuglasice u pogledu opsega usluga tokom izgradnje.

Kod većih projekata bi sve firme učesnice unaprijed trebale zajedno sjesti i definirati ova preklapanja.

6.4.1 Spojna mjesta sa elementima sistema

U ranoj fazi se sa svim uključenim obrtnicima mora razjasniti ko će šta isporučiti i montirati i šta je čija odgovornost.

Montažu kolektora i modula s njihovom podkonstrukcijom u idealnom slučaju bi izvršila firma koja ima iskustva sa ovojnicom zgrade. Na taj način se osigurava tačna procjena stanja pokrovnog materijala i podkrova te zadržavanje funkcije i nakon ugradnje sistema.

Da li će cjevovode kolektora ili međusobno ožičenje modula, kao i polaganje vodova unutar zgrade izvesti ista firma, ovisi o odgovarajućem znanju iz stručnih područja.

Međutim, važno je pridržavati se svih građevinsko-fizikalnih i sigurnosno-tehničkih propisa. U načelu, ne smiju se izvoditi nikakvi radovi ako niste upućeni ili nemate dozvolu za njih.

Za manje sisteme ovi se propisi mogu preuzeti od dobavljača solarnog sistema. Propisi su usklađeni s proizvodom i može ih postaviti i stručnjak za ovojnice zgrade.

Kod zahtjevnih proboja ili konstrukcija u području krova, kao i dimnjaka ili krovnih prozora, potrebno je pozvati vodoinstalatera.

Kod prelaza solarnih sistema u unutrašnjost objekta posebnu pažnju treba posvetiti planiranju i izvedbi.

Prelazi su mjesta gdje se komponente spajaju, povezuju i priključuju. Ovo rade različiti obrtnici i profesionalne grupe. To mogu biti krovopokrivači, elektro-instalateri ili instalateri sanitarija/vodovoda/grijanja.

Odgovornost i kordinacija za unos takvog rada u mrežu mora se raspraviti, planirati i unaprijed koordinirati.

Tako ništa ne stoji na putu naknadnom prijemu (urađenih radova) i puštanju sistema u rad.

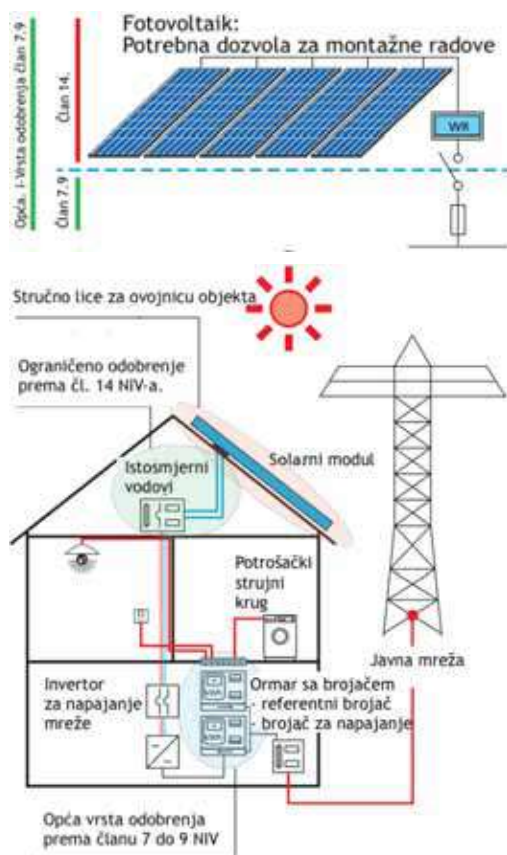
6.4.2 Električni spojevi

Električne instalacije mora izvoditi ovlašteni električar s općom dozvolom za ugradnju sukladn čl. 9 NIN-a.

Izuzetak od ovoga je spajanje modula zajedno, pod uslovom da je utikač već tvornički ugrađen, zaštićen od slučajnog dodira i od promjene polariteta. Ovaj posao smije izvršiti svako stručno lice. Postoje drugi izuzeci kod spajanja utikača i priključivanja DC i AC kabla do sklopke sistema i sa sklopkom sistema. Ovaj rad mogu obavljati osobe s ograničenom dozvolom u skladu sa člankom 14. NIN-a (slika 6.26). Pod određenim uslovima ovu dozvolu može dobiti stručno lice za solarne sisteme.

Zahtjevu za Odobrenje ne podliježe:

- montaža solarnih modula, i
- spajanje priključaka modula s prethodno montiranim kablovima u krovnom prostoru



Slika 6.26: Instalacioni presjeci kod FN sistema/ Obavezna odobrenja pri instaliranju FN sistema

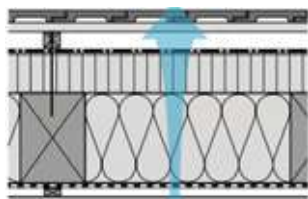
6 Vodovi: Povezivanje/ožičavanje

6.5 Proboji na objektima/zgradama

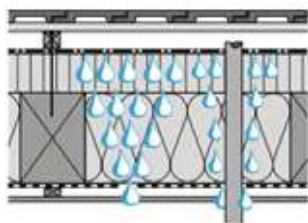
U mnogim slučajevima kada se instaliraju solarni sistemi, kolektorski cjevovodi i električni kablovi, moraju se provući kroz slojeve omotača zgrade u unutrašnjosti objekata. Velika pažnja se mora posvetiti hermetičnosti. Ovakvi proboji moraju biti besprijekorno priključeni i hermetičnost.

Ako previše vlage uđe u konstrukciju, npr. kroz loše izolovane cjevovode, vlaga iz vazduha koja izlazi skuplja se na donjoj strani pokrova i kondenzuje. Ta nakupina vlage pogoršava termoizolaciju i drvene dijelove, koji počinju da trule.

Isti efekat nastaje kada se cijevi, u koje vazduh iz prostorije može da izađe usmjeravaju iz toplog dijela u spoljašnji prostor. Da bi se ovo spriječilo, (prazne) cijevi se obostrano hermetički zatvaraju.



Difuzno otvoreni pokrov, sa hermetičkom konstrukcijom, obezbjeđuje difuziju pare



Prolaskom kroz hermetički otvorene prostore ili prazne cijevi, dolazi vlaga u hladno područje konstrukcije, što može voditi do truljenja

Slika 6.27: Propuštanje vlage se mora izbjeći



Slika 6.28: Gumeni čep sprječava razmjenu vazduha iz unutrašnjeg u spoljašnji ili hladni prostor u praznoj cijevi



Slika 6.29: Gumeni čep



Slike 6.30 i 6.31: Ulaz u kuću hermetički zatvoren sa kitom ili tečnom plastikom

6.5.1. Proboji objekta na kosom krovu

Prodori u pokriveni materijal riješeni su ivicama kao što su oni koji se koriste za odvodne otvore. Za ove otvore postoje na tržištu već montažni okviri ili ih može izraditi limar prema odgovarajućim zahtjevima na gradilištu.

Prodori u području podkrova, toplotne izolacije i parne brane moraju se izvoditi sa velikom pažnjom.

Pri tome se moraju uzeti u obzir odgovarajuće upute za obradu korištenih materijala i posao se mora obaviti profesionalno. U slučaju novih objekata sa zonama podizanja na krovu, takvi prodori se mogu izvesti standardnim rješenjima, jer se materijali mogu međusobno uskladiti već od faze planiranja.

Smiju se koristiti samo materijali koje je odobrio proizvođač parne brane i potkrovnne membrane (folije).

Inače može doći do nekompatibilnosti kada se obrađuju pogrešni proizvodi.

Kod postojećih objekata bi se trebalo, ukoliko je moguće, izbjeći da se vodovi polažu kroz izolaciju vanjskih zidova.

Loše priključeni prodori mogu dovesti do štetnih posljedica.

Često je jednostavnije i lakše položiti kablove kroz nadstrešnicu duž omotača objekta. Na ovaj način se ne oštećuje toplotna izolacija i smanjuje se rizik od oštećenja.

Ako je krov probijen u zoni nadstrešnice, mora se osigurati da se prazna cijev zaljepi ili zavari za potkrov tako da voda na može da dospije uz cijev u donji sloj i u podrum.



Slika 6.32: Proboj od bakarne cigle



Slika 6.33: Proboj za bakarne valovite cementne ploče



Slike 6.34 i 6.35: Proboj parne brane sa fleksibilnim crijevom (lijevo): priključak sa PE folijom i kaučuk trakom; i proboj parne brane za solarne cjevovode (desno): priključak sa dihtung trakom



Slika 6.36: Manžetna za ulaz kablova kroz potkrov, termički zavarena



Slika 6.37: Različite varijante dihtovanja za kablovske ulaze kroz potkrov
1. Dihtovanje ljepljivom trakom (zavisno od sistema i proizvoda)
2. Dihtovanje samoljepljivim gumenim trakama

6.5.2. Proboji objekta na ravnom krovu

U mnogim slučajevima biće potrebno da se vodovi provuku kroz krovnu oblogu i cijelu slojevitou strukturu ravnog krova. U tu svrhu montiraju se okviri i svi slojevi se povezuju s njima.

Važno je osigurati da instalacija bude nepropusna na paru i bez toplinskih mostova. Rubovi (okviri) moraju biti opremljeni poklopcem (slika 6.41), koji predstavlja hidroizolaciju protiv kišnice. Vodove je

6 Vodovi: Povezivanje/ožičavanje

6.5 Proboji na objektima/zgradama

potrebno provući kroz kućište, da vlaga ne može prodrijeti duž vodova.

To znači da je posljednji dio voda najbolje položiti uz vertikalu. Kod korištenja sistema za pražnjenje treba izbjegavati uzlazne vodove.

Kod postojećih krovova sa folijama treba izbjegavati prodiranje kroz folije, kad god je to moguće. Zavarivanje ili vulkaniziranje postojećih folija je vrlo zahtjevno.

Sa stručnjakom za hidroizolacije potrebno je razjasniti koji sistemi rubova omogućavaju savršeno spajanje postojeće hidroizolacije.

Za pouzdano spajanje šavova potrebno je također konsultirati stručnjaka za hidroizolaciju.



Slika 6.38: Spajanje s bitumenskom parnom branom



Slika 6.39: Proboj na krovu s limenim spojem sa bitumenskom hidroizolacijom i lukom na vrhu

Preporučuje se vodove povući preko ruba krova, duž fasade, do podrum. Za to se koriste u idealnom slučaju metalne cijevi i zavoji (slika 6.42).



Slika 6.40 i 6.41: Solarni vod se dovodi u zgradu kroz otvoreni gornji okvir (lijeva slika) i prekriven poklopcem (desna slika)



Slika 6.42: Kablovski kanal za solarne kolektorske i FN sisteme

6.5.3. Proboji objekta na vanjskim zidovima

Kod probijanja ovojnice zgrade na fasadi, kao i kod kosog krova, treba paziti da slojevi na mjestu probijanja budu uredno spojeni.

Nakon izvedenih spojeva svaki sloj mora prema svojoj funkciji ponovo ispunjavati uslove zračne nepropusnosti, toplotne izolacije i vodonepropusnosti.

Preporučljivo je odabrati proboj fasade na mjestu koje se ne grije sa unutrašnje strane, npr. sobe.

Za to su posebno pogodni postojeći proboji u podrum ili trasiranje vodova kroz svjetlosni šaht u podrum.

Ako je potrebno probušiti rupe kroz ovojnicu objekta, one bi trebale biti blago nagnute prema vani, kako bi se voda, kod takvih proboja, uvijek odvodila od zgrade.

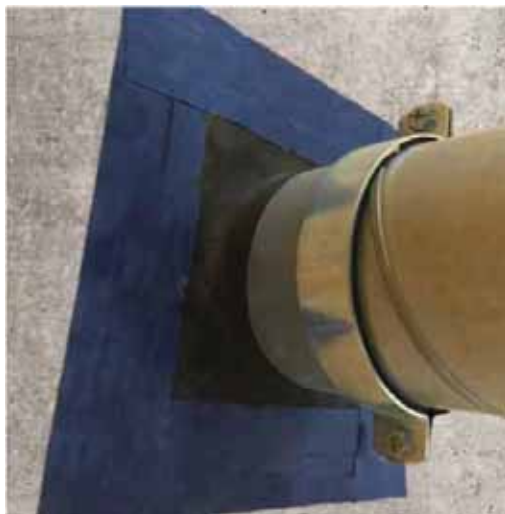
6.5 Proboji na objektima/zgradama

Bez vodonepropusnog priključka nije dopušteno direktno probijanje kroz zemlju u objekt!

Zagušenje ili neodgovarajuće brtvljenje može dovesti do oštećenja vodom. Taloženje se može spriječiti funkcionalnom drenažom!



Slike 6.43 i 6.44: Solarni kabl pvi uvedeni u zgradu kroz šaht za rasvjetu



Slika 6.45: Manžetna za hidroizolaciju kod proboja kroz fasadu (nije prikladna za podzemnu upotrebu)

7 Montaža na kosom krovu

7.1 Transport i skladištenje

Kroz solarne kolektore, nakon njihove ugradnje, teče tekućina za prenos toplote pa se oni moraju izolirati što je najbolje moguće. Priključci na svim elementima sistema moraju biti čisti i bez oštećenja. Kolektori su teški, a staklena površina osjetljiva te je važno osigurati dobru zaštitu tokom transporta do mjesta postavljanja.

Kao i kolektori, fotonaponski moduli su osjetljivi i skupi elementi i mora se zbog toga sa njima stalno postupati s najvećom pažnjom. Moduli se obično provjeravaju na funkcionalnost prije isporučivanja iz proizvodnog pogona i profesionalno pakiraju za transport.

Zato, osim ako pakiranje nije oštećeno, moduli se smatraju potpuno funkcionalnim kad stignu kod instalatera.

1.1.1. Transport

Rizik prevoza do odredišta u pravilu snosi dobavljač. Ukoliko transport organizuje sam poduzetnik, poduzetnik snosi rizik transporta. Stoga je važno provjeriti kompletnost i eventualna oštećenja robe po prijemu. Sva oštećenja se u pravilu moraju prijaviti odmah po prijemu robe!

Rizik istovara na gradilištu i rizik transporta na krov snosi firma koja izvodi radove.

1.1.2. Skladištenje na tlu

Kolektori/moduli se isporučuju na paletama. Važno je da se moduli skladište suhi i zaštićeni (uključujući i krađu) na stabilnoj, ravnoj površini. U idealnom slučaju, moduli se skladište u originalnom pakiranju od isporučioaca, a koje se uklanja tek pri ugradnji.

Voditi računa o uputama proizvođača u vezi skladištenja.

1.1.3. Skladištenje na krovu

Potrebno je provjeriti da li je mjesto skladištenja na krovu/konstrukciji statički prikladno za težinu materijala. I ovdje važi da kolektore/module treba do ugradnje skladištiti na sistemskim paletama.

Palete treba skladištiti na stabilnoj podlozi i zaštititi od nevremena.



Slika 7.1: Sigurni transport modula na sistemu sa šinama

1.2.1. Montaža na krovu

Upute za ugradnju krovnih kuka i montažnih šina se nalaze u poglavlju 5.1 ovog priručnika. Ovo poglavlje opisuje kako pričvrstiti solarne sisteme na podkonstrukciju. Prilikom ugradnje na krov potrebno je pridržavati se uputa referentnog proizvođača.



Slika 7.2: Pogled na pločasti (ravni) kolektor pri montaži na krovu



Slika 7.3: Pogled ispod kolektora: na krovnu kuku je pričvršćena montažna šina za držač radi montaže kolektora



Slika 7.4: Fiksator kolektora sa fleksibilnim kolektorskim priključkom



Slika 7.5: Fiksiranje kolektora bočno na montažnu šinu sa priključkom kolektora iznad



Slika 7.6: Pričvršćivanje kolektora bočno klemom na montažnu šinu; nosači bočno od kolektora se moraju još izolovati

1.2.2. Vakumski kolektori

Vakumski kolektori (slika 7.7) se mogu na kosom krovu isto tako koristiti kao i prethodno prikazatni ravni kolektori.

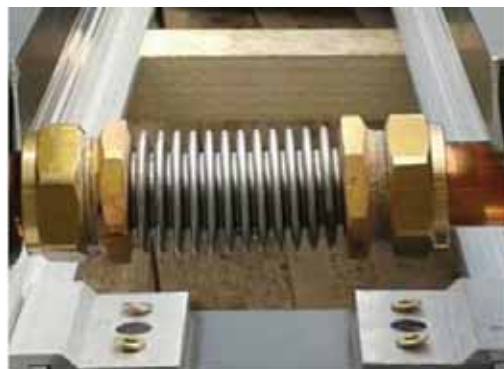
Iako su tehnologije različite prednosti, mogućnost upotrebe i očekivani prinosi su poređivi s ravnim kolektorima.



Slika 7.7: Vakuumski - cijevni kolektor na krovu

1.2.3. Montaža solarnih kolektora u krov

Kada se pločasti solarni kolektori montiraju u kosi krov oni se najčešće integiraju u krovnu konstrukciju, ali ne samo iz estetskih razloga. Kada su integrisani u krov, kolektori se mogu pričvrstiti na krovne letve pomoću držača ili klema (slika 7.8). Potrebno je osigurati da su krovne letve u ovom području dodatno pričvršćene vijcima, budući da one sada moraju zadovoljiti statičke zahtjeve.



Slika 7.8: Kolektorska spojnica između kolektora koja se zatim izolira. Bočna montaža kolektora na letve crijepa

Kod dodatnog pričvršćivanja krovnih letvi treba paziti da vijci ne oštete potkrov. Moraju se poštovati zadate vrijednosti koje je naveo proizvođač.

Kolektori se obično polažu/redaju odozdo prema gore i precizno poravnaju prije pričvršćivanja. Postoje sistemi kod kojih je prelaz u horizontali preklapajući (slika 7.9) i takvi kod kojih je horizontalni čeon spoj hidroizolovan metalnim pločama i EPDM*-izolacijama (*etilen-propilen-diene-monomer).

7 Montaža na kosom krovu

7.2 Montaža solarnih kolektora na kosom krovu



Slika 7.9: Preklapanje kolektora na vodoravnoj ravni sa izolacionom trakom za kiselinsku hidroizolaciju protiv kišnice



Slika 7.10: Vertikalni čeoní spoj spojnim limom
 1. Kolektor sa preklapanjem
 2. Kolektor s razmakom i izolacionim profilom
 3. Vertikalni čeoní spoj

1.2.4. Kolektori velikih površina

Kako bi se izbjeglo horizontalno spajanje kolektora, djelimično se koriste ravni pločasti kolektori velike površine.



Slika 7.11: Kolektor velike površine. Na slici je jedva vidljivo da su samo dva kolektora.

Dopunska informacija o vakumskim kolektorima mogu se naći u poglavlju 7.2.2.

Integrirana rješenja ovih kolektora u kosom krovu se ne nude na tržištu.

1.2.5. Priključci i završeci pokrovnog materijala na solarnim kolektorima

Prije pričvršćivanja limenih okvira i uklanjanja konstrukcija i drugih sigurnosnih naprava, kolektorski sistem se mora provjeriti na nepropusnost, što se obično radi komprimiranim zrakom.

Spojne komponente različitih dobavljača uveliko se razlikuju. Za FN module, s druge strane, često su dostupni u prodaji vrlo slični sistemi.

Također postoji mogućnost izrade limenih dijelova kod limara.

Ovi spojevi se izvide prema istim specifikacijama kao i drugi spojevi za pokrovni materijal (npr. krovni prozori, okviri i slika).

Konačni detalji (slika 7.12) mogu se pronaći u uputama za instalaciju.



Slika 7.12: Priključak na pokrovni materijal



Slika 7.13: Limeni rubovi sa spojnim dijelovima na pokrovnom materijalu

Prilikom raspakivanja FN modula potrebno je stalno paziti na to da kolektor nije izložen udarima ili pritisku, posebno ne na stražnjoj strani. Takvi utjecaju mogu oštetiti staklo, poledinu folije i ćelije. U tom slučaju garancija za modul je nevažeća i to može uticati na karakteristike. Prilikom montaže modula ne smije se nikada stajati na staklenu površinu. Savijanje dovodi do mikropukotina u staklu, što dugoročno može dovesti do kvara na modulu. Izuzetak su FN moduli staklo-staklo, ukoliko proizvođač dopušta hodanje po njima bez gubitka garancije.

Poseban oprez je potreban s modulima bez okvira (laminati). Ivice su vrlo osjetljive i čak i najmanja oštećenja (npr. stavljanje na kamenčiće) mogu uzrokovati pucanje stakla. Također se treba osigurati da su utikači na modulima istog tipa i proizvođača kao i utikači na dovodnom vodu.

FN moduli se obavezno sklapaju korištenjem rukavica. Time se sprječava da antirefleksni premaz na staklu reagira s masnoćom na koži. Reakcija uzrokuje promjenu boje na staklenoj površini koja se ne može isprati i može predstavljati optički defekt.

7.3.1. Montaža FN modula na krov

Montaža FN modula/panela uglavnom nije komplikovana. Moduli se postavljaju na podkonstrukciju i učvršćuju sa odgovarajućim komponentama sistema. Načelno se pravi razlika između dvije mogućnosti fiksiranja:

a) Montaža modula u sistemu umetanja

Kod sistema umetanja se radi o podkonstrukciji kod koje moduli leže plutajući u profilu (slika 7.14). To omogućava modulu da kompenzira proširenja na sve strane. Modul se gurne u profil na vrhu, spusti i uvuče u donji profil (slika 7.16). Tako leži svaki modul za sebe u profilu i može na taj način da se ponovo demontira neovisno jedan od drugog.

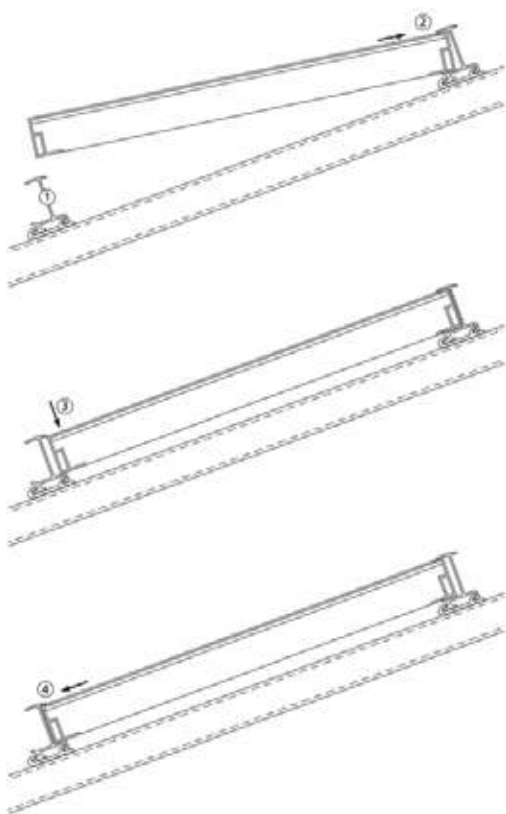
Razmaci između vodoravnih profila, kod ovog sistema, moraju biti usklađeni s dimenzijama modula kako bi moduli pravilno ležali u profilu. Ovaj radni korak mora biti izveden s milimetarskom preciznošću kako bi se moduli mogli umetnuti bez ikakvih problema, a u isto vrijeme kratki profilni vrhovi stabilno drže modul (sliku 7.16). Uz to je važno da visina profila odgovara visini okvira modula. Moduli bez okvira ne mogu se montirati sa sistemom za umetanje.



Slika 7.14: Sistem umetanja



Slika 7.15: Sistem umetanja u aluminijum sa vertikalnom montažom modula



Slike 7.16: Montaža FN modula:

1. Horizontalni profili se moraju milimetarski tačno montirati pomoću distancione praznine
2. Modul se ugura u gornji profil
3. Modul se postavlja na donji profil
4. Modul se uvlači u vrh donjeg profila

7 Montaža na kosom krovu

7.3 Montaža FN sistema na kosom krovu

b) Montaža modula sa klemama

Kod sistema sa klemama FN moduli se postavljaju na jednoslojnu ili dvoslojnu podkonstrukciju i bočno učvršćuju na četiri tačke posebnim stezaljkama (klemama) modula. Na taj način su moduli trajno povezani s podkonstrukcijom. Stoga je važno održavati razmak između redova. To je jedini način da se kompenzira širenje materijala. Tačan položaj klema modula obično određuju proizvođač modula (vidi poglavlje 5.1.1.2). Ako se montiraju pogrešno, opterećenja snijegom mogu uzrokovati lomljenje modula.



Slika 7.17: Držač modula u sredini

Također je važno osigurati da visina klema odgovara visini okvira modula. Specijalne završne kleme se koriste na kraju reda modula (slike 7.18 i 7.19). Prilikom zatezanja stezaljke, uvjerite se da je sidrište kleme u ispravnoj poziciji i da su stezaljke zategnute potrebnim momentom. Pretjerano zatezanje klema može uzrokovati zatezanje u modulu. Preslabo zatezanje može dovesti do skliznuća modula. Budući da moduli leže pojedinačno i labavo na podkonstrukciji za vrijeme montaže, mora se raditi vrlo oprezno. Samo mali pomak modula može poremetiti cjelokupnu simetriju polja. U principu, moduli bez okvira (obično moduli staklo-staklo) također se mogu ugraditi sa sistemom stezanja. S proizvođačem modula potrebno je razjasniti hoće li se i kako izvršiti montaža.

Za uklanjanje modula iz ambalaže moraju se ukloniti četiri stezaljke na modulu. Treba imati na umu da su moduli pored tada pričvršćeni samo s dvije kleme i stoga više ne mogu biti stabilni!

Moduli se mogu montirati horizontalno i vertikalno. Međutim, ne preporučuju svi proizvođači modula svoje module za vertikalnu montažu. Zbog toga se već u fazi planiranja mora razjasniti za koje montažne pozicije odgovarajući modul ima odobrenje.



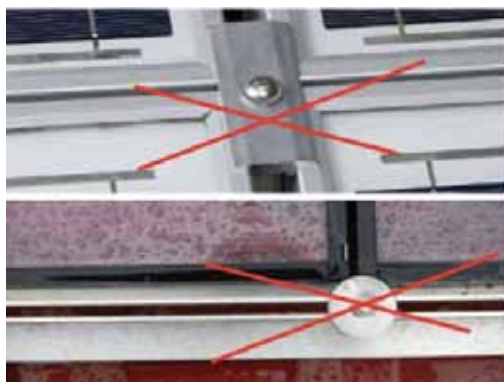
Slika 7.18: FN modul fiksiran sa klemom za kraj modula



Slika 7.19: Jednoslojni sistem stezanja u vertikalnom rasporedu, pričvršćen sa strane pomoću završne modul-kleme



Slika 7.20: Križne prečke u horizontalnom rasporedu



Slike 7.21 i 7.22: Pogrešno postavljene kleme držača modula na gornjoj slici, kao i pogrešna kleva na donjoj slici

7 Montaža na kosom krovu

7.3 Montaža FN sistema na kosom krovu

7.3.2. Montaža FN modula u krov

Podkonstrukcije sa primjenom montaže u krov razlikuju se zavisno od sistema. Dostupne su podkonstrukcije od drveta, drveta/aluminija, drveta/plastike ili samo aluminija.

Svi sistemi za montažu u krov nemaju ista rješenja i zahtjevaju posebne komponente za montažu.

Slike 7.23 do 7.32 pokazuju razne mogućnosti izvedbe podkonstrukcija, pričvršćivanja modula i izolacija. Moraju se slijediti upute za instalaciju različitih sistema.



Slika 7.23: Horizontalni spoj skalirano preklopljen, vertikalni spoj dihtovan s plastičnim profilima



Slika 7.24: Letvice modula, fugni limovi i kuke modula. Ovim sistemom mogući su kontinuirani, ali i stepenasti spojevi



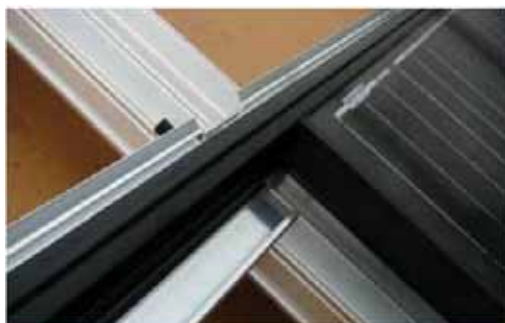
Slika 7.25: Montaža modula na dodatnim vertikalnim letvama. Pričvršćivanje se odvija kroz modul pomoću jednog vijka.



Slika 7.26: Kuke modula na okomitim letvicama. Gumeni rub omogućuje manje preklapanje



Slika 7.27: FN sistem sa kontinuiranim profilima



Slike 7.28 i 7.29: Sistem unutar krova koji se može izvesti sa standardnim modulima. Horizontalni umetnuti profili odvođe vodu u vertikalni noseći profil

7 Montaža na kosom krovu

7.3 Montaža FN sistema na kosom krovu



Slika 7.30: Pričvršćivanje modula na odvodni profil



Slika 7.31: Moduli se prikače na krovne letve i stezaljkom pričvršćuju na letve



Slika 7.32: Moduli se direktno polažu na crijep i pričvršćuju stezaljkom na podlogu crijepa.

7.3.3. Priključci i završeci pokrovnog materijala za FN module

Sistem montaže u krov je nepropusan samo onda ako je prelaz na pokrovni materijal dobro izveden. Ovi spojevi se obično izvode od tankog lima. Spojni materijal treba biti ne samo vizuelno prilagođen postojećem krovu, nego mora biti i elektrohemijski kompatibilan s postojećim metalnim dijelovima.

Priključci moraju biti izvedeni prema detaljnim specifikacijama isporučioaca sistema.

Ako cijela krovna površina nije pokrivena modulima, ugradbena visina modula treba iz optičkih razloga približno odgovarati ugradbenoj visini postojećeg krovišta. Zavisno o sistemu, to se može učiniti spuštanjem ili podizanjem kontra letve. Ako su sistemi ugrađeni preduboko, može doći do problema s drenažom na pokrovnom materijalu ili može doći do bočnog zasjenjenja.



Slika 7.33: Bočni završetak (priključak) lima na krov



Slika 7.34: Prelaz s modularnog polja na pokrovni materijal. Verzija sa tankim limom



Slika 7.35: Prelaz s polja modula na pokrovni materijal, izvedba s ravnim pokrovnim materijalom, bez dodatne metalne folije

Oluk/oluci

Ako krov odvodi vodu u oluk, onda se ventilacijski otvor nalazi iznad oluka. Pri tome se, umjesto zatvorene ulazne limene ploče, ugrađuje perforirani lim (ventilacija). Čeoni drveni dio kontra letvi mora biti prekriven ili se letve toliko široko odrežu da se ne pokvase kada pada kiša. Time se sprječava prerano starenje. Ako je moguće, FN modul bi trebao prelaziti ulazni limeni dio za vodu za oko 2cm. Na taj način se streha rasterećuje od kapanja vode.



Bild 7.36: Perforirana ploča za ulaz ventilacije u području strehe

Formiranje sljemena

Za zaštitu krova i potkonstrukcije ventilacijski otvor na sljemenu treba što bolje zaštititi (npr. ventilacijskom rešetkom) od nanosa snijega, kiše i ulaska životinja.

Zavisno o okolnostima, ventilacijski otvor ima smisla rasporediti na obje strane krova ili ga premjestiti na suprotnu stranu krova.

Postoje različiti pristupi detaljnim rješenjima, kao što je to prikazano na slikama 7.37 do 7.42.



Slika 7.37: Perforirani lim kao sljemena ventilacijska rešetka sa okruglim crijepom na sljemenu



Bild 7.38: Ventilacija sljemena s kosim crijepom



Slika 7.39: Sljemena ventilacija sa limom



Slika 7.40: Sljeme i pokrovni materijal izrađeni od istog materijala



Slika 7.41: Sljemena ventilacija na sjevernoj strani



Slika 7.42: Sljemena ventilacija sa ventilacionim crijepom za sljeme

7 Montaža na kosom krovu

7.3 Montaža FN sistema na kosom krovu

Lokalni završeci

Ovisno o sistemu, FN modul se može prilikom lokalne izvedbe montirati da stoji preko, izveden sa bočnim olukom ili se uvezati s oplatom od lokalne daske u solarni sistem.

Načelno bi se materijal i izvedba (dizajn) trebalo tako odabrati da se ovi elementi optimalno uklapaju u sliku krova.



Slika 7.43: Lokalna oplata integrisana u solarni sistem



Slika 7.44: Lokalni završetak s oborenim lokalnim slivnikom



Slika 7.45: Završetak sistema



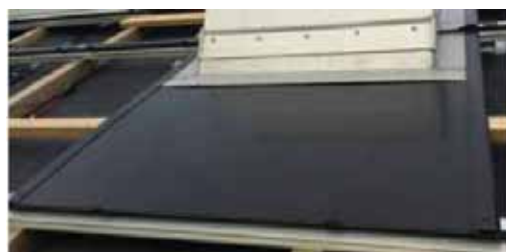
Slika 7.46: Lokalna izvedba sa stojećim FN modulima iznad krova i ventilacijskom rešetkom

Priključci i završeci na krovne elemente

Dimenzije krovnih oblika i površina najčešće se ne uklapaju na način da se cijeli krov može pokriti solarnim modulima. Sljeme, lokacije, krovni grebeni, žlijebovi, krovni prozori itd. zahtjevaju specijalne dodatke i priključke.



Slike 7.47 i 7.48: Rubni elementi od glatkog azbesta ili drugih prikladnih ravnih ploča od lima



Slike 7.49 i 7.50: Ispuna ili rubni elementi od kompozitnih ploča

8.1 Skladištenje i montaža FN sistema na ravnom krovu

Transport i skladištenje solarnih kolektora i FN modula

Solarni kolektori, FN moduli i komponente treba da se transportuju i skladište kako je opisano u poglavlju 7.1.

Mora se provjeriti da li je planirano skladištenje na ravnom krovu pogodno za preuzimanje tereta. Pored toga mora se provjeriti i razjasniti da li su slojevi konstrukcije ravnog krova pogodni za predviđeno opterećenje i da li mogu da ga izdrže. Termoizolacija se mora bezuslovno dovoljno izvesti. Odvodi sa krova uvijek moraju biti prohodni.

Također važi, da se solarni kolektori/FN moduli moraju skladištiti na sistemskim paletama do postavljanja.

8.1.1 Montaža solarnih kolektora na ravnom krovu

Solarni kolektori se pričvršćuju i ravnaju po visini na mjesta predviđena od strane proizvođača ili dobavljača. Nakon toga se montiraju cijevni priključci i međusobno spajaju pojedinačni redovi kolektora (pogledajte poglavlje 6.1 i dalje).



Slika 8.1: Bočno fiksiranje kolektora



Slika 8.2: Fiksiranje u sredini dva kolektora

8.1.3. Montaža FN modula na ravnom krovu

FN moduli se montiraju na prethodno montirane noseće i potporne konstrukcije koje dijelom koriste slične ili iste profile kao i kod kosog krova.

Fiksiranje modula se može pronaći i u poglavlju 7.3.1.



Slika 8.3: Montaža modula sa klemama i vjetrobranskim pločama od lima



Slika 8.4: Montaža modula u sistemu ulijeganjem

9 Montaža na vanjskom zidu

9.1 Skladištenje i montaža solarnih sistema na vanjskom zidu

9.1.1. Transport i skladištenje solarnih kolektora i FN modula

Transport i skladištenje pogledati poglavlje 7.1.

9.1.2. Montaža solarnih kolektora na vanjskom zidu

Pogledati poglavlje 7.2 i informativni list: Fotonapon na fasadama sa stražnjom ventilacijom (Izdavač: Gebäudehülle Schweiz).

Upute o ugradnji, iz poglavlja o montaži na krovu, se primjenjuju analogno kod fasade uzimajući u obzir statiku.

Montaža kolektora kod naprijed isturenih sistema sa stražnjom ventilacijom

Kolektori se postavljaju na gotovu podkonstrukciju. Priključak mora podnijeti težinu napunjenog kolektora i mora biti odgovarajuće dimenzioniran.

Na fasadi se mora paziti na korektno formiranje fuga. Ako se kolektori postavljaju s otvorenim fugama, podkonstrukcija mora biti od aluminijske, a toplinska izolacija otporna na UV-zračenje i vlagu ili zaštićena od utjecaja vlage. Specifikacija proizvođača i SIA standardi pružaju dodatne informacije o tome.

Ako se kolektori koriste integrirani u fasadi, prikladnost kolektora mora se razjasniti sa dobavljačem. Ovisno o konstrukciji kolektora potreban je dodatni priključak kako bi se spriječilo prevrtanje apsorbira prema naprijed.

Montaža kolektora kod integriranih sistema

Kolektori na fasadi su montirani kao omotač. Skriveno vođenje linija vodova je složen posao. Kako bi se površina kolektora uvezala sa oplatom, moraju se podesiti podkonstrukcije.



Slika 9.1: Rješenje za ravne kolektore ukošene na fasadu



Slika 9.2: Rješenje sa vakumskim cijevima na fasadi



Slika 9.3: Kolektori montirani na fasadi

9.1.3. Montaža FN modula na vanjskom zidu

Ovi se sistemi mogu optički dobro integrirati u dizajn fasade. Postoji mnogo mogućnosti za to - kao oplata ili kao dekorativni elementi. Kada se koriste moduli bez okvira, lako je dobiti površinu u ravni s ostatkom fasade.

Montaža modula kod isturenih sistema

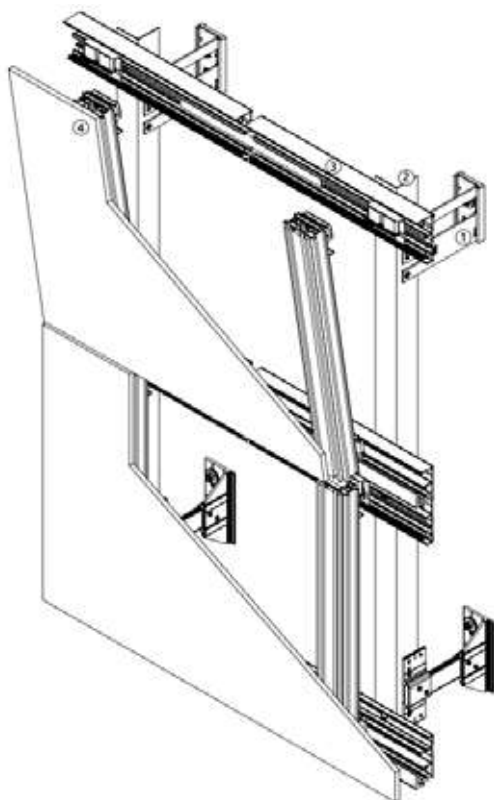
FN moduli se ugrađuju na prethodno ugrađene noseće i potporne konstrukcije od kojih neke imaju slične ili iste profile kao kod kosog krova.

Čisto fiksiranje modula može se pronaći analogno u poglavlju 7.3.1. (Montaža solarnih modula na krovu).

Montaža modula kod integriranih sistema

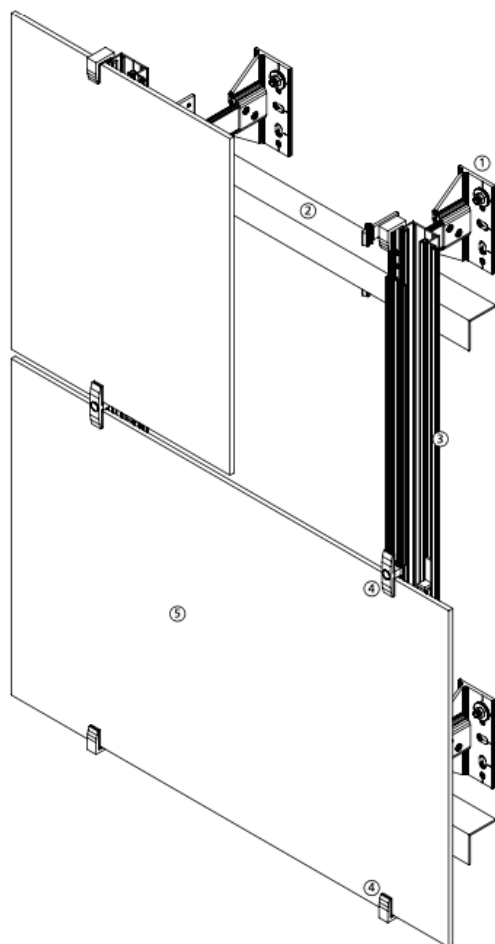
Energetske fasade su zahtjevne kako u planiranju tako i u izvedbi, te zahtjevaju precizne pripremne radove.

Zu standardnu fasadnu oblogu od FN modula potrebno je pridržavati se definiranog rasporeda fasade, budući da se moduli zbog dugih rokova isporuke u pravilu naručuju već prije završetka postavljanja oplata.



Slika 9.4: FN laminat nevidljivo fiksiran

1. Zidna konzola
2. Potporni profil (primarna podkonstrukcija)
3. Noseći profil (sekundarna podkonstrukcija)
4. FN laminat sa stražnjom, bočnom montažnom šinom

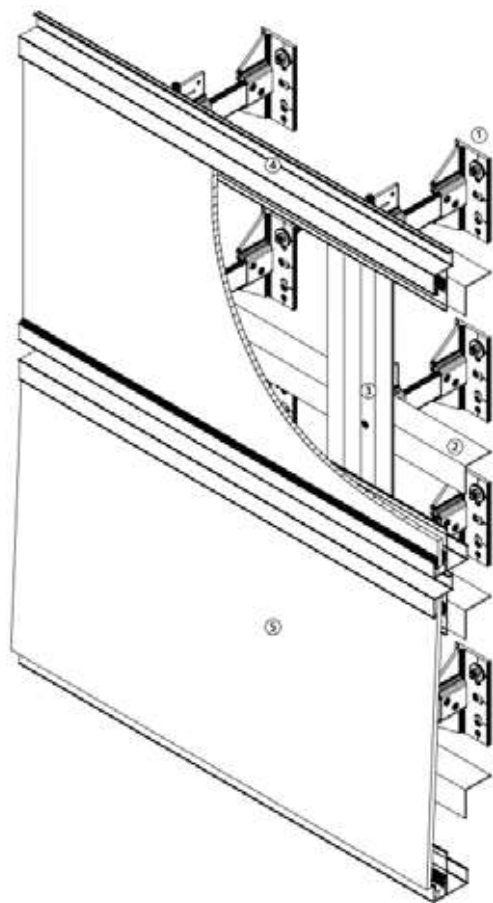


Slika 9.5: Laminati sa nosačem stakla

1. Zidna konzola
2. Noseći potporni profil (primarna podkonstrukcija)
3. Noseći profil (sekundarna podkonstrukcija)
4. Nosač stakla, odgovara uz noseći profil i FN laminat
5. FN laminat

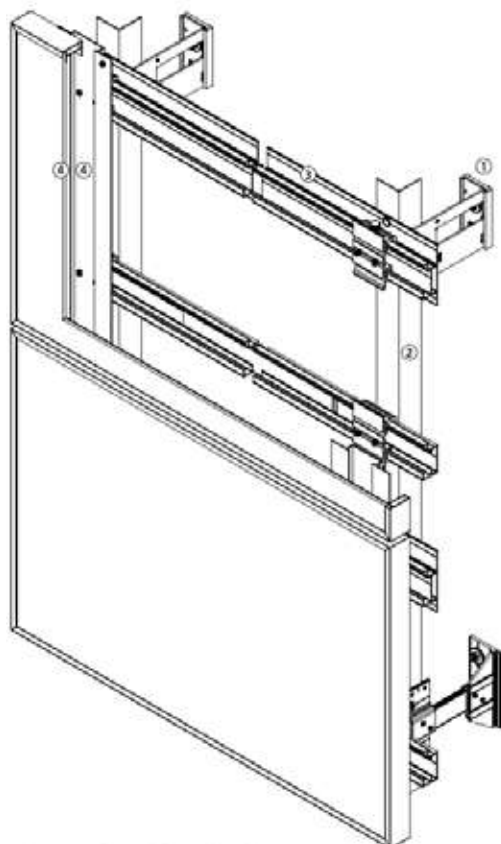
9 Montaža na vanjskom zidu

9.1 Skladištenje i montaža solarnih sistema na vanjskom zidu



Slika 9.6: FN laminati u sistemu umetanja

- 1 Zidna konzola
- 2 Noseći-zaštitni profil (primarna podkonstrukcija)
- 3 Noseći profil (sekundarna podkonstrukcija)
- 4 Šina za umetanje (ulijeganje)
- 5 FN laminat



Slika 9.7: Standardni modul nevidljivo fiksiran

- 1 Zidna konzola
- 2 Potporni profil (primarna podkonstrukcija)
- 3 Noseći profil (sekundarna podkonstrukcija)
- 4 FN modul uramljen sa stražnjim bočno fiksiranim montažnim profilom

9 Montaža na vanjskom zidu

9.1 Skladištenje i montaža solarnih sistema na vanjskom zidu

Na taj način se mora montažna konstrukcija prilagoditi završnoj planiranoj fasadi.

Različiti sistemi se ili polažu skalirani, sa modulima bez okvira ili sa specijalnim profilima za fuge.

Time se osigurava trajna nepropusnost fasade. Za spajanje s drugim materijalima za oblaganje stoje na raspolaganju gotovi profili. Ako se koriste moduli sa okvirima, mogu horizontalni kao i vertikalni kontakt-spojevi ostati otvoreni.

U tom slučaju se izvodi podkonstrukcija od aluminijske, a toplinska izolacija mora biti otporna na UV-zračenje i vlagu. Laminati se češće koriste, uglavnom iz estetskih razloga.

FN moduli bez okvira se mogu preklapati u obliku kliznog poklopca ili se mogu montirati kao fasadni paneli velikog formata s otvorenim sučeonim spojevima.

Elektro planer navodi redoslijed kojim se moduli moraju međusobno spajati. Važno je da se ožičenje modula provodi kontinuirano. Budući da je u gotovoj fasadi vrlo teško pronaći neispravan utični spoj, električni napon se kontinuirano provjerava tokom montaže. Na taj način se greške rano otkrivaju i lakše se ispravljaju.

Treba napomenuti da se za spojeve i okvire prozora mogu prihvatiti tolerancije. U svakom slučaju potrebno je pridržavati se uputa za montažu i ugraditi ih u skladu s tim. Ovakve energetske fasade se montiraju sa stražnjom ventilacijom.

Pri planiranju i izvođenju se moraju poštovati važeći standardi i propisi. Dalje upute se nalaze u važećim normama, informativnim listovima i VFK propisima o zaštiti od požara.



Slika 9.8: FN laminat skaliran (Klizni poklopac)



Slika 9.9: Integrirani FN sistem



Slike 9.10: FN moduli sa otvorenim fugama

10 Specijalni sistemi

10.1 Balkonske ograde

Kod montaže izvan ovojnice zgrade treba obratiti pažnju na kratke, pokrivene, skrivene vodove i usmjeravanje kablova. Važno je zaštititi ljude i životinje te zaštititi sistem od ljudi i životinja. Kod ugradnje balkonskog parapeta (grudobrana) potrebno je pridržavati se uputa i propisa za ugradnju fasade. Neophodna je čista i sigurna izvedba stražnjih pokrivenih vodova. Vodovi, kablovi i konektori moraju biti zaštićeni od dodira i oštećenja.

10.1.1. Balkon kao izvor energije

Balkoni su često usmjereni prema jugu. To ih čini idealnim za integraciju solarnih kolektora i FN modula. Zimi prinos energije nije reduciran zbog snijega. Solarna ograda nudi pored zaštite od pada (vidi normu SIA 358: Ograde i parapet) i vizualnu zaštitu, a istovremeno i dodatnu prednost: proizvodnju energije. Ovisno o visini objekta, očekivani godišnji prinos energije je oko 20% do 40% niži od optimalno usmjerenog solarnog sistema.

Ograda sa solarnim elementima je proizvod po mjeri i zahtjeva dobro planiranje. FN moduli i kolektori se mogu proizvesti u raznim oblicima, veličinama, ćelijama i bojama. Individualna konfiguracija i dizajn solarne ograde razvija se u saradnji između arhitekta, graditelja i izvođača.

10.1.2. Sigurnost od pucanja

Sigurnost ograde mora biti zagarantovana. To se postiže upotrebom stakleno-staklenih modula od laminiranog sigurnosnog stakla (VSG). Laminirano sigurnosno staklo mora biti certificirano za ovu primjenu. U suprotnom, odvojene daske moraju preuzeti ovu funkciju na stražnjoj strani. Isto vrijedi i za kolektore.

Laminirano sigurnosno staklo sastoji se od najmanje dvije pojedinačne staklene ploče (ESG) koje su na visokim temperaturama i pod pritiskom povezane pomoću vrlo otporne folije, koja se sastoji od jednog ili više slojeva (npr. PVB polivinil butiral-PVC folije). Kod solarnih ograde, solarne ćelije se obrađuju između dva stakla u laminirano sigurnosno staklo (slika 10.4). SIGAB smjernica 002: Sigurnost sa staklom, pruža detaljne informacije o tome.

Osim toga, tokom planiranja i izvođenja je potrebno poštovati sljedeće standarde:

- Norma SIA 358: Ograde i parapet,
- Norma SIA 118/358: Opšti uslovi,
- Bfu-stručna brošura: Ograde i parapeti.



Slika 10.1: FN sistem kao balkonski parapet



Slika 10.2: FN sistem kao balkonski parapet



Slika 10.3: Solarni Kolektori za toplu vodu kao balkonski parapet

10.1.3. Instaliranje vodova

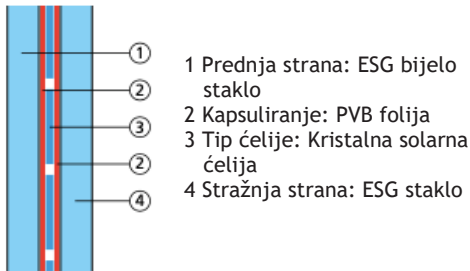
Vodovi se moraju zaštititi od kontakata i oštećenja. To znači da su ograde dizajnirane na takav način da su kablovi elegantno nevidljivi u konstrukciji ograde (slika 10.5).

Kako bi se osiguralo da usmjeravanje kablova i priključne utičnice ostanu nevidljivi, potrebni su moduli na koje se priključne utičnice montiraju na vanjski rub modula (slike 10.6 i 10.7).

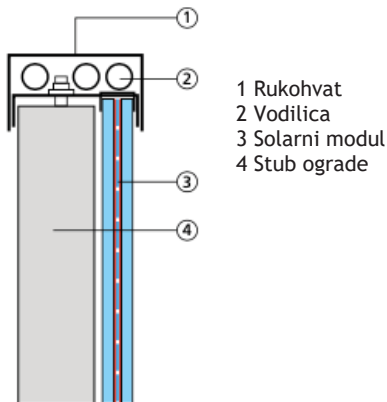
10.1 Balkonske ograde

U slučaju balkonskih konstrukcija s jednostavnim konzolnim betonskim pločama, sklop ograde može se pričvrstiti na betonsku ploču ili na pročelje bez posebnih mjera (slike 10.8 i 10.9).

Za balkone sa toplinski izoliranom ravnom krovnom konstrukcijom je neophodno detaljno planiranje. Nosač ograde treba planirati na takav način da se termoizolacija može ponovo čvrsto spojiti bez gubitka kvalitete. Moguće konstrukcije i informacije o planiranju se mogu pronaći u informativnom listu: Ograde na ravnim krovovima, izdavača Gebäudehülle Švicarska (uporedi sliku 10.10).



Slika 10.4: Konstrukcija i struktura FN modula



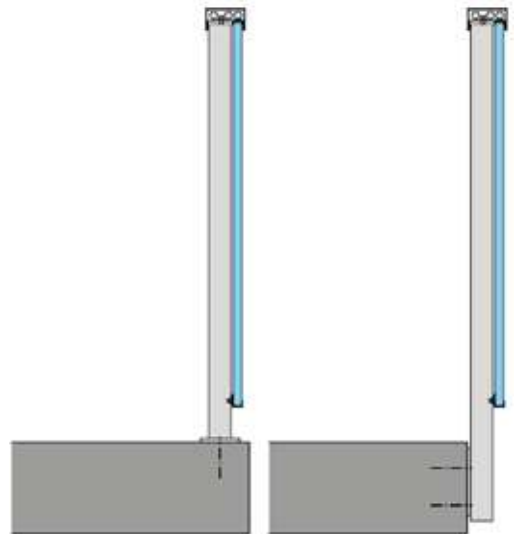
Slika 10.5: Vodilica u rukohvatu



Slika 10.6: Specijalni modul, prikladan za montaže ograde. Priključak na električni spoj je na bočnoj ivici modula



Slika 10.7: Specijalni modul, prilagođen za montaže ograde. Priključak na električni spoj je na gornjoj ivici modula



Slika 10.8: Stub ograde montiran na betonskoj ploči

Slika 10.9: Stub nosača fiksiran na čeonj strani ploči



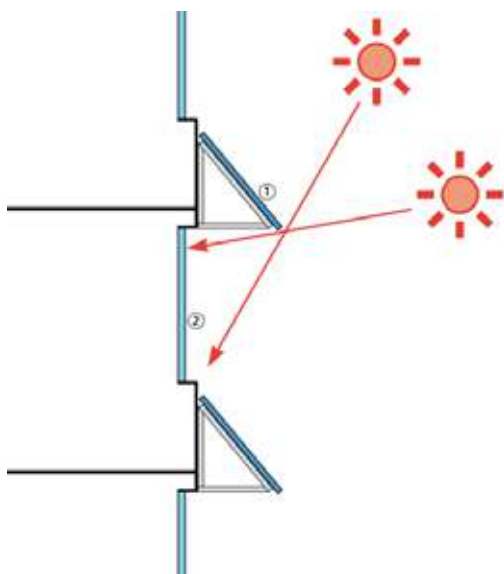
Slika 10.10: Solarni sistem kao djelimično transparentno osjenčenje

10 Specijalni sistemi

10.2 Osjenčenja

Solarni sistemi se mogu koristiti za zasjenjenje. Za to postoje različite mogućnosti. Montirani na nosače na zidu iznad prozora, ljeti kada je sunce visoko na nebu, može se od prozorskih stakala zadržati mnogo topline. S druge strane, nisko sunce zimi nesmetano ulazi u prostorije.

Djelimično transparentni (prozirni) FN moduli se mogu koristiti za proizvodnju električne energije iznad sjedala i zimskih vrtova. Istovremeno se postiže zasjenjenje otporno na vremenske uslove (slika 10.10). Ovi solarni moduli još uvijek propuštaju puno svjetla i mogu se dizajnirati kao izolacijska stakla.



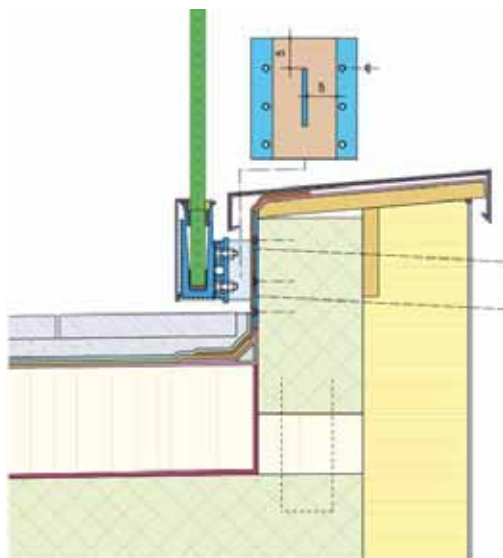
Slika 10.11: Solarni sistem kao osjenčenje prednje strane prozora

1. Solarni modul na konzoli, za osjenčenje i zaštita od vremenskih uslova
2. Prednja strana prozora/fasada

Sistemi za proizvodnju energije iz sunca se mogu postaviti i kao sistemi na otvorenom (open-space sistemi). Moguća je montaža na postolja (okvire) u polju, na stubove, na potporne zidove ili kao granični elementi. To uglavnom zahtjeva specijalne podkonstrukcije.

Samostojeći sistemi trebaju temelj i konstrukciju od individualno izgrađenih dijelova, koji se u potpunosti mogu dopuniti sa normalnim dijelovima podkonstrukcije. Npr. FN paneli i solarni kolektori se montiraju na privatnim posjedima ako (kada) krov nije prikladan.

10.3. FN prizemni sistemi



Slika 10.12: Konstrukcija ograde sa učvršćenjem u parapet. Učvršćenje je iznad hidroizolacije

FN sistemi na otvorenom se mogu pronaći na lavinskim barijerama ili zidovima za zaštitu od buke.

U inostranstvu prizemni sistemi čine većinu instaliranog kapaciteta.



Slika 10.13: FN prizemni sistem - open-space



Slika 10.14: Solarni kolektor u prizemnom sistemu

Postoji i varijanta kod koje su FN moduli slobodno ovješeni na kablovima. Za pričvršćivanje modula se koriste užad. Ovi kablovski sistemi često se mogu pratiti u jednoj osi pomoću vučnog kabela. Sistemi užadi zahtijevaju dobro planiranje. Zbog velikih raspona izloženi su vrlo velikim opterećenjima od vjetera. Osim toga, kablovi moraju biti olabavljeni na takav način da ne vise i da budu dobro zaštićeni od vremenskih uvjeta.



Slika 10.15: Kablovski sistemi (sa užadima) mogu pratiti sunce po uzdužnoj kao i po poprečnoj osi



Slika 10.16: Kod snježnih padavina, moduli se mogu postaviti okomito kako se snijeg ne bi zadržavao na modulima

10.5.1. Sistemi praćenja položaja sunca

Sisteme za praćenje karakteriše to, što prate Sunce ili po jednoj ili po dvije osi.

To može značajno povećati prinos. Ipak, radi se o sistemima koji zahtijevaju velika ulaganja i moraju ih postaviti specijalizirane firme.



Slike 10.17 i 10.18: Samostojeći fotonaponski sistem s praćenjem jedne osi

10.5.2. Druga korištenja FN modula

Direktni solarni rad i u mobilnosti igra sve veću ulogu.

Ovi sistemi funkcioniraju kao otočni sistemi i stavljaju na raspolaganje pogonsku energiju putem baterije/akumulatora.



Slika 10.19: Otočni/Off-grid sistem za rad rashladne jedinice



Slika 10.20: Off-grid sistem za pogon brodskog motora

Veliku pažnju treba posvetiti temi sigurnosti, a to znači montaže bez nesreća uz siguran rad. Isto tako, moraju se poštovati svi relevantni standardi i propisi u svim područjima sigurnosti.

Sigurnosne mjere kojih se treba pridržavati navedene su u brošuri: Zaštita od pada na ravnim krovovima i Zaštita od pada na kosim krovovima, izdavača Gebäudehülle Švicarska.

Za sigurnost rada na krovu vrijede dva principa, bez obzira radi li se o novom solarnom sistemu ili radovima na održavanju postojećeg sistema, koja treba primjenjivati na kosim i ravnim krovovima.

- siguran pristup i pravci kretanja moraju biti osigurani u svakom slučaju,
- moraju se preduzeti mjere opreza kako bi se sve osobe zaštitile od pada.

Kod novogradnje obično je obezbjeđena sigurnost na radu, jer skele i privremenu zaštitu od pada planiraju i postavljaju specijalizirane firme.

Kod izgradnje solarnog sistema na postojećem krovu montaža često traje više od dva radna dana po osobi. U takvim slučajevima moraju se preduzeti mjere kolektivne zaštite s visine pada od 3,0 m.

Za vrijeme kratkoročnih zadataka, kao što radovi na saniranju i održavanju, važno je da takve poslove obavlja obučeno osoblje s osobnom zaštitnom opremom protiv padova.

Treba koristiti postojeće, trajne sigurnosti uređaje i/ili postaviti privremene.

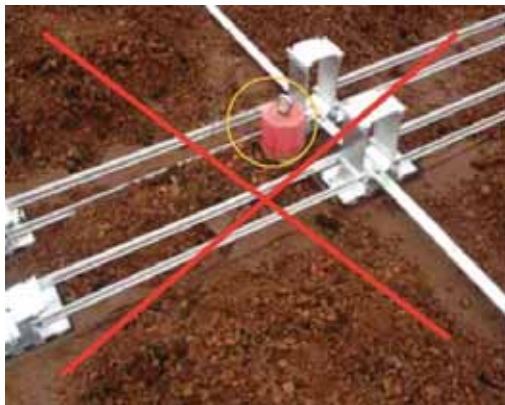
Prema matrici iz informativnih listova: Zaštita od pada na ravnim krovovima i Zaštita od pada na kosim krovovima od izdavača Gebäudehülle Švicarska, se za periodične radove održavanja na tehničkim objektima predviđa, gdje je moguće, linearni sigurnosni sistem sa užadima ili šinama i to treba dopuniti ukoliko je neophodno sa pojedinačnim sidrišnim tačkama na ekspaniranim/izloženim mjestima.



Slika 11.1: Fasadna skela kosi krov i fasada



Slika 11.2: Privremeno osiguranje od pada na ravnim krovu



Slika 11.3: Pažnja: Sigurnosni sistemi moraju uvijek ostati pristupačni. Postojeći sigurnosni sistem nije uzet u obzir pri planiranju FN sistema



Slika 11.4: Osiguranje na ravnim krovu sa privremenim, linearnim sigurnosnim sistemom



Slika 11.5: Sigurnosna kuka na kosom krovu

11 Sigurnost

11.1 Sigurnost na radu



Slika 11.6: Sistem užadi na kosom krovu



Slika 11.7: Sistem sigurnosnih šina sa zadržavanjem



Slika 11.8: Sistem sigurnosti sa šinama na vrhu krovišta



Slika 11.9: Specijalne krovne ljestve pričvršćene na šinu sigurnosnog sistema pri čemu FN moduli nisu opterećeni, jer ljestve nisu oslonjene na njih

11.2 Statika, opterećenja

Građevinska noseća konstrukcija na koju se montira solarni sistem mora biti u stanju da prihvati dodatno opterećenje. Ovo mora da provjeri i odobri stručna osoba, građevinski inženjer - statičar.

Prilikom projektovanja i montaže svih sistema moraju se uzeti u obzir očekivano nastupajuće sile. To su opterećenja usljed sopstvene težine i opterećenje od snijega i vjetra koji su specifični za lokaciju.

Ako se koriste testirani sistemi, statiku provjeravaju i odobravaju dobavljači sistema.

11.2.1 Usisavanje vjetra, pritisak vjetra, obračun opterećenja vjetrom

Načelno o djelovanju sila vjetra:

- U zavisnosti od izloženosti objekta, djelujuće sile vjetra mogu se pojaviti kao sile pritiska ili usisne sile,
- Visina zgrade i izgled objekta u pejzažu su odlučujući faktori za procjenu sila vjetra koji djeluju na njega,
- Posmatranje linija protoka ilustruje efekat sila (slike 11.10 do 11.12).

Vjetar i usisne sile prvenstveno utiču na izložene dijelove ovojnice zgrade. To mogu biti vrh krovišta, lokacija, nadstrešnica, uglovi objekta ili proširenja (nadogradnje).

Udari vjetra struje oko zgrade i privremeno povećavaju sile koje nastaju. Strujanje vjetra dovodi do efekata usisavanja i pritiska (slika 11.12).

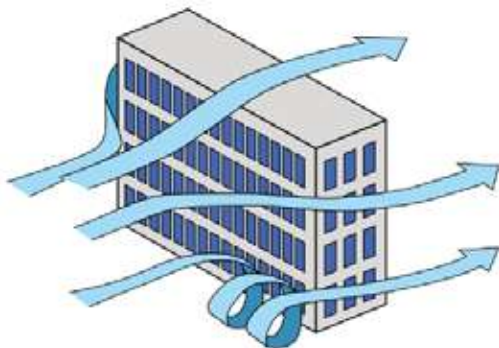
Pri projektovanju statike sistema moraju se uzeti u obzir sile koje stvaraju udari. U suprotnom može doći do oštećenja sistema i dijelova zgrade.

Zaključak:

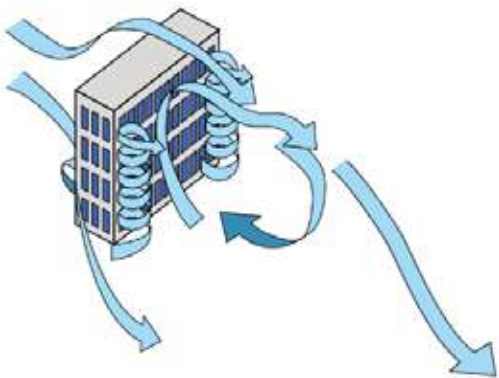
Krov je pod opterećenjem ne samo zbog težine snijega ili pljuska, već i zbog intenzivnih, veoma složenih, nepredvidljivih utjecaja jakih vjetrova (udara/oluja). Rezultirajuće sile pritiska i usisavanja djeluju u bilo kojem smjeru koji se brzo mijenja, neovisno o gravitaciji.

Norma SIA 261, poglavlje 6, vjetar

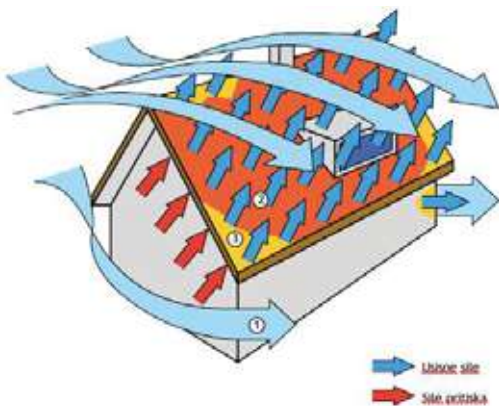
Kako bi se izvršila projekcija statike, moraju se verifikovati proračuni nastupajuće sile vjetra prema standardu SIA 261. U suprotnom, dokazivanje se mora obezbijediti putem obimnih serija jedrenja u aerotunelu (kanalima kroz koji kontrolirano prolazi vjetar).



Slika 11.10: Linije protoka na strani okrenutoj prema vjetru. U većini slučajeva na ovoj strani se javljaju dejstva pritiska koja djeluju vertikalno na površinu



Slika 11.11: Linije protoka na strani u zavjetrini. Na ovim stranama nastaju u većini slučajeva efekti usisavanja



Slika 11.12: Usisne sile vjetra kod kosog krova

1. Linije strujanja
2. Usisne sile na strani u zavjetrini
3. Ivce krova sa maksimalnom brzinama vjetra i najvećim silama usisa i pritiska kao i najčešćim olujnim oštećenjima

Definicije u normi (Izvod iz norme SIA 261)

Karakteristične vrijednosti za izračunavanje sila vjetra koje se koriste su:

Dinamički pritisak

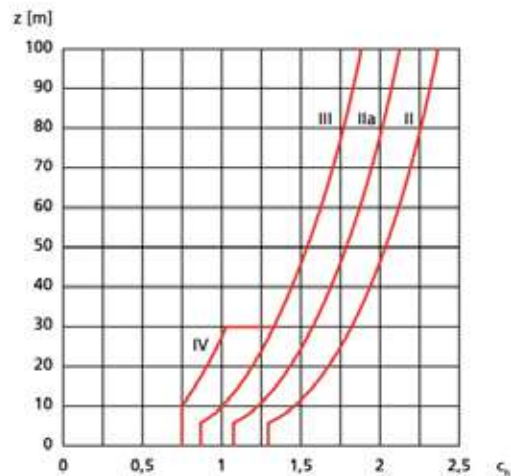
Dinamički pritisak q_p zavisi od klime, vjetra, hrapavosti tla, oblika zemljine površine. Određuje se na sljedeći način:

$$q_p = c_h \cdot q_{p0}$$

Referentna vrijednost dinamičkog pritiska q_{p0} se može naći u kartici priloga E norme SIA 261.

Koeficijent profila c_h uzima u obzir profil brzine vjetra kao funkciju brzine z iznad tla kao i hrapavosti tla uzrokovane objektima i vegetacijom.

On je navedena na slici 11.13 u ovisnosti od visine z .



Slika 11.13: Keficijent profila c_h u zavisnosti od visini objekta z za kategorije terena II, IIa, III i IV. Poredak kategorija terena se nalazi na slici 11.14.

Kategorija objekta	Primjeri	z_g [m]	α_r
II	Morska/ Jezerska obala	300	0,16
IIa	Velika ravnica	380	0,19
III	Manja mjesta, slobodno polje	400	0,23
IV	Gradovi velike površine	526	0,30

Slika 11.14: Visina nagiba z_g i eksponent hrapavosti tla α_r

Pritisci vjetra

Karakteristične vrijednosti pritisaka vjetra na spoljnu površinu određuju se na sljedeći način:

$$q_{ek} = q_p \cdot c_{pe}$$

11 Sigurnost

11.2 Statika, opterećenja

Koeficijenti sile i pritiska u zavisnosti od oblika objekta i krova

Opsežni poredak koeficijenata formi krova C_{pe} može se preuzeti iz priloga C norme SIA 261. Pomoć kod obračuna nastupajućih sila vjetra nudi proračun izdavača Gebäudehülle Švicarska.

11.2.2 Opterećenje snijegom, proračun opterećenja snijegom

Noseću konstrukciju prema standardu SIA 260 predstavljaju sistemi za fiksiranje solarnih sistema.

Prema tome, sistem pričvršćivanja, noseća konstrukcija i podkonstrukcija moraju biti projektovani u skladu sa ovim standardom.

Zahtjevi postavljeni za sigurnost nosivosti podkonstrukcije su utvrđeni u normama SIA 260 i SIA 261. Primjenjujuće norme za noseće konstrukcije SIA obuhvataju između ostalih obje sljedeće norme.

Norma SIA 260

Ova norma utvrđuje principe za projektovanje nosećih konstrukcija. Između ostalih, u njemu su definisane upotrebljivost i sigurnost nosivosti konstrukcije. Principi standarda SIA 260 su obavezujući za sve nosive konstrukcije. U njemu su definisani koeficijenti za određivanje sigurnosti nosivosti konstrukcije. Kao najvažniji koeficijent koristi se za promjenjivi koeficijent opterećenja $\gamma_Q = 1,5$.

Norma SIA 261

Ova norma je dio strukturne (konstrukcijske) norme planiranja projekta:

- Dio 5, Utjecaji na noseće konstrukcije usljed opterećenja snijegom.
- Dio 6, Utjecaji na noseće konstrukcije usljed opterećenja vjetrom.

Da bi se odredili statički zahtjevi za noseću konstrukciju, potrebno je unaprijed izračunati opterećenja koja se pretpostavljaju.

Opterećenje podkonstrukcije solarnih sistema se prema normi SIA 260 sastoji od:

- težine sistema (eventualno uključujući balastiranje kod sistema ravnog krova),
- očekivanog opterećenja snijegom i
- očekivanog opterećenja vjetrom.

Otpornost FN modula ili solarnih kolektora mora se provjeriti na osnovu njihovih tehničkih listova. Dominantno opterećenje kod sistema

"na krov": opterećenje snijegom. Kod mnogih sistemskih projekata, naročito kod dograđenih sistema na kosim krovovima na visinama preko 500m iznad površine mora, opterećenje snijegom obično postaje dominantno opterećenje. Stoga se u ovom dokumentu posebna pažnja posvećuje tome kako se mogu izbjeći štete koje nastaju kao posljedica snježnih opterećenja.

Obračun pretpostavljenog opterećenja snijegom prema normi SIA 261

Ograničenje

Sljedeće odredbe se ne odnose na objekte iznad 2000m nadmorske visine i na objekte na lokacijama sa neuobičajnim uslovima snijega i vjetra. U takvim slučajevima neophodna su specifična ispitivanja visine snijega i uslova nanosa da bi se odredilo opterećenje snijega.

Opterećenje snijega koje će se koristiti mora se izračunati specifično za lokaciju na osnovu SIA 261. Karakteristična vrijednost opterećenja snijegom na krovovima na osnovu pokrivenosti površine iznosi:

$$q_k = \mu_1 \cdot C_e \cdot S_k.$$

Napomena: Termički koeficijent C_T se obično može zanemariti.

Obračun snježnog tereta prema SIA 261:

$$S_k = [1 + (h_0/350)^2] \cdot 0,4 \text{ kN/m}^2 \geq 0,9 \text{ kN/m}^2$$

Referentnu visinu h_0 kao zbir visine lokacije i regionalno promjenjive korekcije (u metrima) treba odrediti prema karti zone opterećenja snijegom (SIA 261, prilog D).

Korekcija za nivo mora uzima u obzir regionalnu klimu. Dijagram na slici 11.15 je zasnovan na gornjoj formuli. On grafički ilustrira povećanje opterećenja, kako se referentna visina povećava.

Usljed eksponencijalne funkcije povećava se značajno opterećenje snijegom čak i ako je lokacija umjerno povišena.

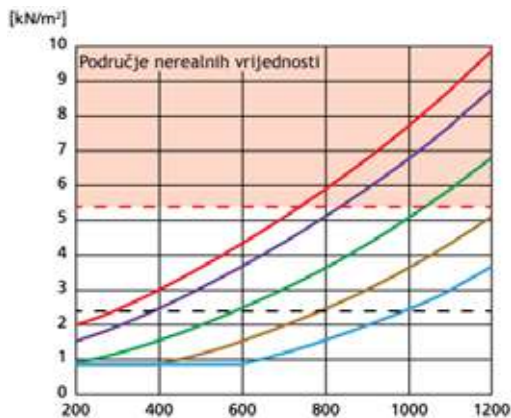
Da bi se podkonstrukcija optimizirala u smislu troškova i nosivosti, za svaki sistem u fazi predprojekta mora se izvršiti statičko projektovanje.

Na taj način se osigurava da su troškovi pokonstrukcije uključeni u ponudu sistema sa dovoljnom tačnošću i da se izbjegnju kasnija prekoračenja troškova ili oštećenja sistema kao rezultat nedovoljne sigurnosti nosive konstrukcije.

Koeficijent ekspozicije (izloženosti)

Ovisno o izloženosti vjetru, primjenjuje se koeficijent izloženosti C_e :

- normalna izloženost vjetru $C_e = 1,0$
- pozicija jako izložena vjetru $C_e = 0,8$
- pozicija zaštićena od vjetra $C_e = 1,2$

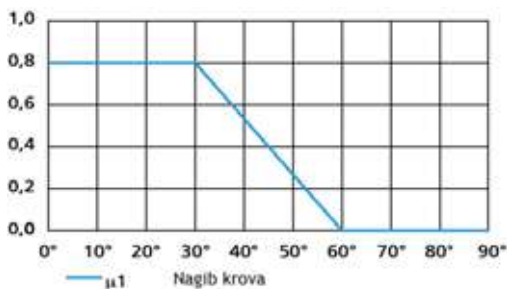


Visina lokacije u m iznad površine mora

Promjena referentne visine, vidi normu SIA 261, prilog D

- $h_0 + 500$ m
- $h_0 + 400$ m
- $h_0 + 500$ m
- $h_0 + 0$ m
- $h_0 - 200$ m
- Modul za povećan napor
- Standardni modul opterećenost

Slika 11.15: Opterećenja snijega na horizontali, izračunata prema normi SIA 261



Slika 11.16: Koeficijent oblika krova μ_1 prema normi SIA 261, dio 5

Koeficijent oblika krova μ_1

Norma SIA 261 navodi koeficijent oblika krova koji opisuje kako smanjiti opterećenje snijega koji se pojavljuje.

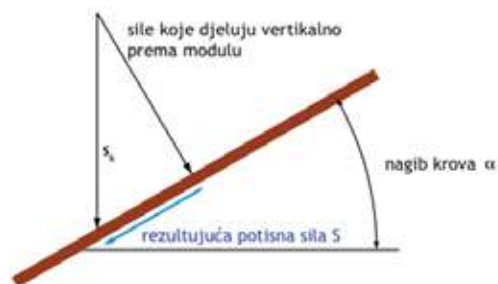
Za krovove objekata koji su normalno izloženi vjetru, sa ravnomjernim taloženjem, bez

pomjeranja vjetra, mogu se koristiti koeficijenti oblika krova prema slici 11.6. Koeficijent oblika krova za posebne oblike krova i posebnu izloženost vjetru se može naći u dijagramu standarda SIA 261.

Osiguravanje dostatne sigurnosti nosivosti prema normi SIA 260

Norma SIA 261 specificira samo izračunavanje pretpostavki opterećenja. Da bi se obezbijedila dovoljna sigurnost konstrukcije, standard SIA 260 navodi koeficijente kojih se treba pridržavati.

Obračunato opterećenje snijegom s_k uzrokuje pomičnu silu koja zavisi od nagiba krova na module i sisteme za učvršćivanje.



$$\text{rezultirajuća potisna sila: } S = s_k \cdot \sin \alpha$$

Slika 11.17: Potisna sila uzrokovana teretom snijega

Primjer računa:

Pri nagibu krova od 30° iznosi rezultirajuća potisna sila $S = 0,5 \cdot$ teret snijega s_k . Najveće potisne sile su u području nagiba krova za 30° .

Kao važne komponente norma SIA 260 definiše sljedeće koeficijente:

- Ψ_Q - koeficijent opterećenja sa promjenjivim dejstvom = 1,5,
- Ψ_R - parcijalni faktor otpornosti na nosive konstrukte od aluminija = 1.15 (uzima u obzir nejasnoće u modelu otpora),
- Ukupni koeficijent korištenih sigurnosti = $\Psi_Q \cdot \Psi_R = 1.725$ (Npr. za podkonstrukcije od aluminija).

Sigurnosni koeficijenti za FN modul

Za obračun nosivosti FN modula ili solarnog kolektora nedostaje do sada navođenje parcijalnog faktora. Ovo ne može biti beznačajno, jer je proizvodni solarni modul također složen proizvod sa mehaničke tačke gledišta sa značajnim proizvodnim odstupanjima.

11 Sigurnost

11.2 Statika, opterećenja

Čak i ako se zanemari parcijalni faktor, prema standardu SIA 260 koristi se koeficijent za promjenjiva opterećenja od $\Psi_0=1,5$.

Oštećenja solarnih sistema usljed snježnih tereta

Oštećenja koja često ostaju neprimjećena tokom dužeg vremenskog perioda su lomljeni crijepovi usljed nalijeganja krovnih kuka na pokrivač crijepa.

Kod kosih fibercementnih pokrova i pričvršćivanja FN sistema vijcima za fiksiranje dolazi povremeno do oštećenja u vidu pukotina, kao posljedica velikih potisnih sila, a koje nemaju dovoljno oslonca i nedovoljno su osigurane vijcima.

Oštećenja na FN modulima se povremeno pojavljuju kod sistema koji strše u područje nadstrešnice.



Slika 11.18: Zaleđeni snijeg je tokom klizanja povukao za sobom ivicu modula i on je udubljen.

Smrznuti snijeg na okviru modula uzrokuje otkidanja dijelova okvira modula. Takva oštećenja se mogu izbjeći većim odmicanjem od strehe, upotrebom sistema za polaganje i korištenjem snjegobrana, odnosno sistema za zadržavanje snijega.

Štete kao što je prikazano na slici 11.18 vrlo je teško ukloniti. Radi izbjegavanja daljnjih oštećenja potrebne su mjere sanacije za cijeli sistem.

11.2.3 Zaključak

Kako bi se osigurala dovoljna nosiva sigurnost donjih konstrukcija, mora se pridržavati

11.3 Snjegobran/zadržavanje snijega

propisanih sigurnosnih vrijednosti za pretpostavljena opterećenja od snijega i vjetra. Prilikom planiranja solarnog sistema potrebno je provjeriti sigurnosnu nosivu strukturu objekta.

Instalacijom sistema na krovovima mijenjaju se uslovi sa homogenih opterećenja snijegom na opterećenja koja se prenose na krovnu ovojniju na nekim mjestima. Lokalna preopterećenja usljed pomjeranja snijega izbjegavaju se zadržavanjem snježnih masa na velikoj površini uz blago umanjenog godišnjeg prinosa energije. Kod velikih opterećenja snijegom može se smanjiti opterećenje modula na način da se moduli postave poprečno (horizontalno).

Prilikom planiranja instalacije solarnog sistema, noseća konstrukcija objekta se mora ispitati na dovoljnu nosivu sigurnost. Instalacijom sistema na krovovima pomjeraju se obično uslovi opterećenja usljed snijega na opterećenja koja se prenose na krovnu ovojniju na određenim mjestima. Lokalna preopterećenja usljed pomjeranja snijega izbjegavaju se zadržavanjem snježne mase na cijeloj površini usljed čega dolazi do blagog smanjenja godišnjeg prinosa energije.

Kod velikih opterećenja snijegom, opterećenje se smanjuje horizontalnim polaganjem modula. Okvire modula treba štititi od oštećenja izazvanih klizanjem snijega. Kod montaže sa krovnim kukama je neophodno da postoji dovoljno rastojanja između krovne kuke i crijepa, kao i dovoljna čvrstoća, kako bi se izbjeglo lomljenje pokrovnog materijala.

Zbog čestih oštećenja osiguravajuća društva će se sve više brinuti da sistemi budu projektovani i građeni u skladu sa važećim normama.

Oštećenja izazvana neadekvatno projektovanim sistemima pričvršćivanja su značajno povećana.

- S jedne strane, povećana šteta je posljedica sve većeg broja solarnih sistema.
- S druge strane se može konstatovati da povećani troškovi često sprječavaju ozbiljne radove na planiranju i da pritisak koji nastaje zbog troškova vodi do nedozvoljenih ušteda kod sistema učvršćivanja.

Važno je da test modula za certifikaciju uključuje testiranje sile pomjeranja kako bi se takve vrste oštećenja mogle izbjeći prilikom planiranja sistema i izbora modula.

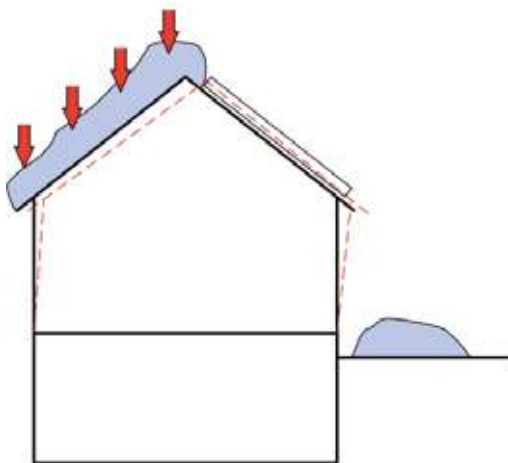
11.3 Snjegobrani/zadržavanje snijega

11.3.1 Nastanak krovnih lavina na solarnim sistemima

Problem klizanja snijega će se povećati ako se montiraju elementi sa staklom za pokrivanje, kao kod FN i kolektorskih sistema montiranih na kosi krov. Najjednostavnije je kada snijeg može bez opasnosti i pravljenja šteta da klizi sa sistema. Ovo pomaže da se održi visok prinos energije.

Ako nije moguće da snijeg bezbjedno sklizne koristiti obavezno snjegobran ili barijeru kako bi se izbjegle materijalne štete ili povrede osoba. Vlasnik objekta je odgovoran za to.

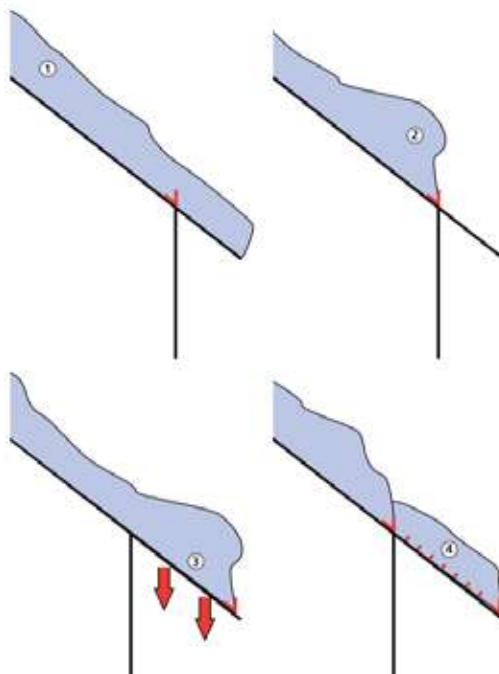
Klizanje snijega s jedne strane nije problematično za sve krovne konstrukcije. Zbog jednostrane podjele težine na krovu, mogu nastati pomične sile koje djeluju na vanjske zidove, prije svega kod krovništa sa rogovima i kosih krovova sa horizontalno postavljenim gredama. Te sile mogu dovesti do pukotina u zidu.



Slika 11.19: Jednostrano kličući snijeg dovodi do promjene u statici objekta

Prilikom planiranja lokacije štitnika za snijeg, mora se uzeti u obzir da se u području nadstrešnice ne dešavaju nedozvoljena opterećenja.

Prije svega kod objekata sa velikim nadstrešnicama se posebno mora voditi računa o tome da se snijeg zadrži u zoni nosećih zidova i nosača. Kod ovakvih konstrukcija je često potrebno više štitnika za snijeg ili se snijeg blokira na velikoj površini u zoni nadstrešnice. (slika 11.20).



Slika 11.20: Snjegobran se mora tačno pozicionirati, kako u zoni okapnice ne bi došlo do prevelikog opterećenja

1. Novonastali snijeg je ravnomjerno raspoređen na površini krova,
2. Snijeg koji klizi sa krova zadržava sistem snjegobrana. Nastaju povećana opterećenja u toj zoni,
3. Velika nadstrešnica sa snjegobranom. Kod klizajućeg snijega nastaju nedozvoljena opterećenja na krovnu konstrukciju,
4. Velika nadstrešnica sa snjegobranom preko noseće konstrukcije. Zona nadstrešnice sa snjegobranom i zaustavljanjem snijega.

11.3.2 Odgovornost za štetu uzrokovanu lavinama s krova

Ko i kada daje garanciju? Ako su ljudi ili imovina trećih lica oštećeni krovnim lavinama ili posljedicama, općenito je odgovoran vlasnik nekretnine ili objekta. Ukoliko je obaveza osiguranja ugovorom prenesena na treću stranu (npr. kućepazitelj), vlasnik se može njoj obratiti za naknadu štete. Štete na objektima uzrokovane snježnim odronom ili padom ledenica se ne smatraju elementarnim štetama i nisu pokrivene obaveznom osiguranjem objekata. U slučaju štete prema trećim licima u obzir dolazi osiguranje od odgovornosti za građevinu, ali samo ako je i vlasnik objekta osiguran takvom polisom. Za štete na vozilima se može koristiti kasko osiguranje.

11 Sigurnost

11.3 Snjegobrani/zadržavanje snijega

11.3.3 Rješenja za sisteme snjegobrana

Sistemi za zaštitu od snijega se na standardnom krovu mogu ugraditi ispod solarnog sistema. Pri tome se mora voditi računa, da je rastojanje između solarnih elemenata i snjegobrana dovoljno veliko za krovne sisteme (slika 11.22).

Ako su snjegobrani montirani preblizu, snijeg će kliziti preko snjegobrana.

Neki dobavljači imaju snjegobrane koji se montiraju između elemenata.

Neka moguća rješenja za sisteme snjegobrana su na slikama 11.21 do 11.28.



Slika 11.21: Snjegobran fiksiran na montažni sistem



Slika 11.22: Snjegobran sa dovoljno razmaka od FN sistema iznad zone nadstrešnice



Slika 11.23 Snjegobran ispod FN sistema na pokrovu



Slika 11.24: Snjegobran ispod FN sistema, pokrovni materijal sa sličnim izgledom kao FN moduli



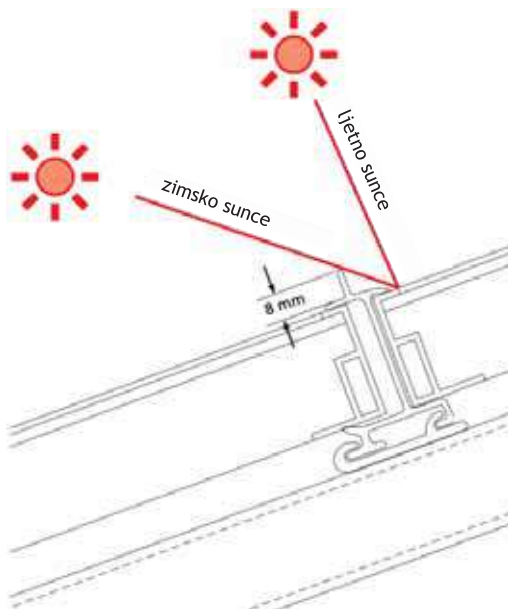
Slika 11.25: Više nizova snjegobrana na krovu



Slika 11.26: Zaustavljanje snijega kod sistema "na krovu"



Slika 11.27: Lajsna za zadržavanje snijega na umetnoj šini. Rješenje za nagibe krova <math>< 20^\circ</math>



Slika 11.28: Lajsne za zaustavljanje snijega na sistemu sa polaganjem na šinu sa smanjenim osjenčenjem



Slika 11.29: Ako se očekuje prekomjerna količina snijega ili ako nema sistema za zadržavanje snijega, potrebno je postaviti privremena upozorenja na lavine s krova i/ili barijere

Ugradnjom solarnog sistema objekt ne postaje automatski zaštićen od groma. Moraju se poštovati propisi o zaštiti od požara Udruženja kantonalnih društava za osiguranje od požara (VFK), posebno informativni list o zaštiti od požara: Solarni sistemi, te standard za niskonaponske instalacije (NIN), ostale smjernice i upute Elektroprivrede.

Kako bi solarni sistem bio osiguran od požara i elementarnih šteta, svaki od njih (čak i male površine) potrebno je prijaviti osiguranju zgrade. Proizvođač dokumentira plan i izvedbu, svaku izmjenu ili proširenje sistema zaštite od groma i prijavljuje sistem spreman za prihvrat odgovornom licu za kontrolu zaštite od groma. Dokumentacija sistema se mora ažurirati sa

svakom promjenom ili proširenjem sistema gromobranske zaštite.

Zadatak sistema gromobranske zaštite je u tome da sigurno odvede struju groma u zemlju preko zračnih završnih šipki, zračnih završnih kablova i odvodnika, izrađenih od bakrene ili aluminijske žice. Dijelovi sistema od metala moraju biti spojeni na postojeći sistem gromobranske zaštite, a to vrijedi i za solarne kolektore i FN sisteme.

11.4.1 Prihvatni vodovi

Svi zračni završni vodovi sistema gromobranske zaštite moraju biti na vrhu i dnu provodljivo povezani s generatorom ili sistemom za pričvršćivanje. Kako bi se izbjegle razlike u naponu između metalnih elemenata (montažni sistem, snjegobran, oluk itd.) oni su međusobno spojeni i uzemljeni (slika 11.31).

Čak i ako nema vanjske zaštite od munje, metalni sistem za pričvršćivanje solarnog sistema mora biti spojen na vodič za izjednačavanje potencijala. Žica za uzemljenje s presjekom od najmanje 10mm² mora biti povučena paralelno u instalacionom kanalu žica vodova istosmjernog niza sa šipkom za izjednačavanje potencijala.

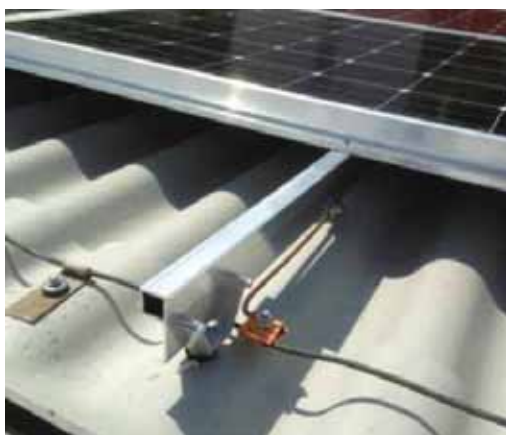


Slika 11.30: Vanjska gromobranska zaštita i izjednačenje potencijala

- 1 Fotonaponski sistem
- 2 Vanjska gromobranska zaštita (crvene linije)
- 3 Uzemljenje (crvene isprekidane linije)
- 4 Izjednačenje potencijala (zelena linija)
- 5 Odvodnik prenapona tip 1 kod ulaza u objekt
- 6 Odvodnik prenapona tip 2 za zaštitu invertora
- 7 Odvodnik prenapona tip 1 kod kužne priključne kutije (KPK)
- 8 Odvodnik prenapona tip 2 (za razmak >10 m)
- 9 Invertor

11 Sigurnost

11.4 Zaštita od munja

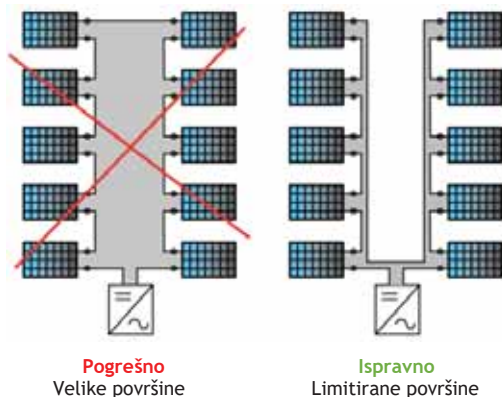


Slika 11.31: Metalni dijelovi solarnog sistema moraju biti spojeni na postojeći sistem gromobranske zaštite

Npr. u nekim evropskim državama se može očekivati oko 3 do 6 udara groma po kvadratnom metru godišnje. Na izloženim mjestima, npr. u Alpama, taj broj može biti i veći. Zbog globalnog zatopljenja, te bi vrijednosti mogle rasti u budućnosti. Vjerovatnost direktnog udara je mala. Često se dešavaju daljinski udari sa udaljenošću od >100m, ali koji uzrokuju znatna oštećenja na FN sistemima.

11.4.2 Zaštita od inducirane napona

Solarni sistem mora biti provodljivo povezan sa izjednačenim potencijalom. Ožičenje žica +/- vodova mora biti paralelno izvedeno jedno do drugog. U suprotnom postoji opasnost od indukcijske petlje na krovu, što u slučaju udara groma (direktno ili u blizini) može dovesti do velikih prenapona u sistemu i do oštećenja.



Slika 11.32: Kako bi se smanjili inducirani naponi zbog udara groma, siva površina svih petlji vodova mora biti što manja

11.5 Sigurnost sistema

11.5.1 Zaštita od prenapona i integracija u sistem gromobranske zaštite

Fotonaponski sistemi na krovovima postaju sve popularniji. Na prvi pogled često nismo svjesni da je električni kabl izveden iz područja gdje postoji opasnost od udara groma direktno u električne instalacije objekta.

U zavisnosti od već postavljene gromobranske zaštite, neophodne su različite mjere, ali one uvijek moraju biti sprovedene profesionalno.

Solarni sistemi su sigurni uređaji. Uprkos tome se mora voditi računa o sigurnosti. Prije svega kod sistema za dobijanje električne energije se moraju donositi mjere za zaštitu od udara groma.

Za vrijeme gradnje ne smije biti neizoliranih kablova. Isti se odmah moraju izolirati ili ugraditi za utikačima. Svi kablovi se polažu tako da od njih ne postoji opasnost.

11.6.1 Propisi u vezi FN sistema

FN sistemi nisu načelno nova problematika za vatrogasni sistem. Zadnjih godina su opovrgnute mnoge predrasude u vezi sa zapaljivosti FN sistema.

Načelno, prilikom radova gašenja kablova i komponenti pod naponom mora se pridržavati rastojanja od minimalno 5m sa mlazom za gašenje ili 10m kod punog mlaza. Kod požara u stambenom ili poslovnom objektu obavlja se isključenje zgrade iz mreže uklanjanjem glavnog osigurača. Na ovaj način se inverter isključuje u FN sistemu i spriječava odvođenje električne energije u mrežu.

Uredno isključivanje FN sistema se vrši na sljedeći način:

1. Isključite prekidač izmjenične struje ili, ako nije dostupan, prekidač diferencijalne struje FN sistema na električnoj tabli (AC). Radni status "Nema raspoložive mreže" ili "OFF-Grid" se zatim prikazuje na displeju invertora.
2. Isključite prekidače istosmjernog opterećenja svih pretvarača. FN sistem sada nije u funkciji, ali NE potpuno bez napona tokom dana! DC kablovi solarnih modula, odnosno vodovi, raspoložu sada sa naponom otvorenog kola.
3. Pažnja! Na DC priključnim klemama invertora zadržava se najmanje još 5 minuta napon zbog električnog pražnjenja kondenzatora.



Slika 11.33: Upozorenja o načinu ispravnog isključivanja FN sistema na inverteru

Prilikom upotrebe može biti odstupanja od redoslijeda isključivanja.

Često se prekidaju prvo vodovi do invertora aktiviranjem FN vatrogasnog prekidača ili DC prekidača od strujnog opterećenja, nakon čega se FN sistem mora isključiti iz javne mreže pomoću AC šaltera (za odvajanje od izmjenične struje).

U principu se sa oba opisana postupka postiže cilj stavljanja van pogona/isključivanja.

Ukoliko i dalje ima dovoljno zračenja na module, DC vodovi su još uvijek pod naponom. Kod neoštećenog sistema to još ne predstavlja opasnost u slučaju požara.



Slika 11.34: FN instalacija sa svim dijelovima za zaštitu, upozorenje i odvajanje

- 1 Invertor
- 2 Odvodnik prenapona
- 3 DC glavni prekidač/šalter rastavljač
- 4 AC glavni prekidač /AC šalter rastavljač
- 5 Naljepnica upozorenja i uputstva
- 6 Dokumentacija o sistemu

Tek kad se kablovi oštete mogu nastati električni lukovi. U slučaju kratkog spoja istosmjerna struja stvara električne lukove. Oni su izuzetno svijetli i mogu za razliku od varnica kod izmjenične struje opstati minutama ili čak satima. Direktna pogled u električni luk može intenzivnim zračenjem oštetiti oči.

Zbog visoke temperature mogu materijali, kao toplotna izolacija ili drvo da se zapale i spale kožu pri kontaktu. Lukovi se mogu prekinuti ili ugasiti isključivanjem strujnih vodova ili ako se dva voda dovoljno razmaknu.

Već oštećeni vodovi i dijelovi sistema se ne bi trebali više doticati!

U prošlosti su vatrogasne službe i osiguravajuće kuće za osiguranje objekata često zahtjevale da svi FN sistemi imaju poseban DC odvojivi šalter kako bi se istosmjerni vodovi odvojili od polja generatora. DC vodovi se ne smiju postavljati u području puteva za evakuaciju ili generalno u stambenim prostorima.

FN sistemi su obično zadnji vanjski sloj na krovu i fasadi. Isti sprječavaju jednostavan pristup vatri ili žarištu. Neoštećen sistem ne predstavlja nikakvu opasnost za vatrogasnu službu u slučaju požara. Kako bi to tako i ostalo, trebalo bi bezuslovno izbjegavati mehaničko oštećenje takvog sistema.

Čak i ako se mora tražiti žarište ispod FN modula na tavanu ili ako je potrebno otvoriti krov, sistem treba razmontirati samo uz pomoć stručnog lica.



Slika 11.35: Električni luk između dva DC kabla

11 Sigurnost

11.6 Preventivne protivpožarne mjere



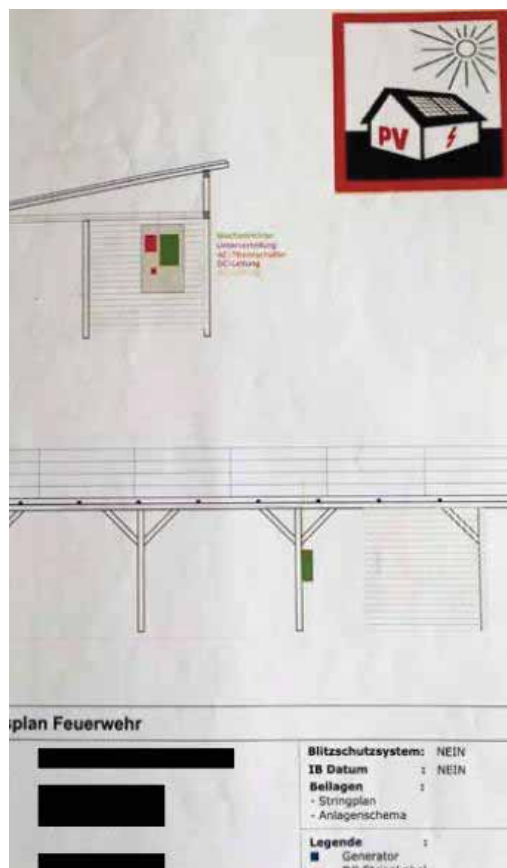
Slika 11.36: Dvodjelni protupožarni šalter

U praksi krovni otvor se može napraviti i na sjevernoj strani, tako da nije potrebno uništavanje FN sistema. FN moduli nisu sigurni za hodanje po njima i ne nude sigurnost. Oni se mogu slomiti bilo kada i ne smije se po njima ni u kom slučaju hodati.

U slučaju potpunog požara dijelovi sistema ili cijeli FN sistem mogu se u trenutku u potpunosti urušiti sa krova, razdvojiti se i ugroziti vatrogasce. I kamini, crijepovi ili antene se mogu srušiti, zbog toga područje ispod kosog krova općenito treba izbjegavati ili, još bolje, graditi.

Gašenje sistema izvan mreže kao i sistema sa akumulatorskim napajanjem je malo komplikovanije. Ovi se sistemi ne isključuju sami nakon isključenja glavnog osigurača budući da u takvim slučajevima prave u potpunosti odvojenu mrežu. Moraju se odvojiti ručnim prekidačem. Tek tada su oni bez napona na AC strani (izmjenične struje). Načelno se kod svakog izrađenog novog FN sistema podaci o lokaciji invertora i trasi vodova proslijediti lokalnoj vatrogasnoj jedinici.

Na taj način je vatrogasna služba u slučaju stvarnog požara prethodno već pripremljena i može brže djelovati. Norma za niskonaponske instalacije (NIN) od 2010. godine propisuje da sigurnosne komponente FN sistema moraju biti označene. Komponente pod strujom i naponom moraju se lako identificirati, a prekidači-rastavljači i zaštitni prekidači moraju biti brzo prepoznatljivi. Jasno markirani FN sistemi omogućavaju brzu i sigurnu intervenciju vatrogasaca.



Slika 11.37: Primjer protivpožarnog plana



Slika 11.38: Naljepnica upozorenja Pažnja FN sistem u objektu i prilazima

11.6.2 Propisi kod kolektorskih solarnih sistema

Kod kolektorskih termičkih solarnih sistema ne postoje propisi o postavljanju znakova upozorenja.

12.1 Građevinski propisi

12.1.1 Građevinska odobrenja

Da li je potrebna građevinska dozvola ili ne, primarno reguliše član 18a Zakona o prostornom uređenju (RPG) i član 32 a i b Pravilnika o prostornom uređenju (RPV).

Prema RPG 18a, za prilagođene solarne sisteme i njihovu izgradnju na krovovima u građevinskim i poljoprivrednim zonama nije potrebna građevinska dozvola u skladu s RPG član 22, stav 1. Takve projekte je potrebno samo prijaviti nadležnoj službi.

Kantonalnim zakonom se mogu:

- odrediti određene vrste građevinskih zona koje su estetski manje osjetljive, u kojima se bez građevinske dozvole mogu graditi i drugi solarni sistemi,
- predvidjeti zahtjevi za građevinsku dozvolu u jasno definisanim vrstama zaštitnih zona.

Za solarne sisteme na spomenicima kulture i prirode od kantonalnog i državnog značaja uvijek je potrebna građevinska dozvola. Takvi spomenici ne smiju se značajno narušiti. Inače, interesi za korištenje solarne energije u postojećim ili novim zgradama u osnovi imaju prednost u odnosu estetiku.

12.1.2 Zaštita od požara

Udruženje kantonalnih požarnih osiguranja reguliše uslove za formiranje požarnih odjeljaka i lokacije električnih instalacija i uređaja (npr. invertora).

O ovome pogledajte aktuelni dokument: Stanje tehnike, izdavač Swissolar. Isti pruža pregled svih aspekata relevantnih za zaštitu od požara prilikom instaliranja FN sistema i solarnih kolektorskih sistema (poglavlje 11.6).

12.1.3 Opterećenja usljed snijega i vjetra

Važe norme SIA 260/261 (poglavlje 11.2).

12.2.1 Propisi za solarne kolektorske sisteme

Cilj je da se naprave termički kolektorski sistemi na način da ne budu ugroženi ljudi niti imovina. Pridržavanje normi iz oblasti solarne energije je relativno nisko, ne očekuju se veće prepreke pri izradi solarnih kolektorskih sistema.

12.2.2 Grijači vode/Spremnici

Najviši skup pravila je Savezni pravilnik 730.012.1: Pravilnik o postupku ispitivanja u vezi sa energijom za grijače vode, toplu vodu i

12.2 Solarni kolektorski sistemi

rezervoare/spremnike toplote.

Nadalje moraju svi dostupni spremnici za skladištenje vode, kao što su grijači vode, bojleri/rezervoari za vodu biti certificirani za upotrebu od strane nadležnih agencija. Npr. u Švicarskoj je to Švicarsko udruženje za plin i vodu (SVGW).

Izvod iz regulative SVGW

Ova regulativa je osnova za SVGW certifikaciju akumulacionih grijača vode i rezervoara za toplu vodu. Ona utvrđuje zahtjeve za ove proizvode i definiše procedure ispitivanja koje treba sprovesti.

Primjenjuje se na akumulacione bojere sa unutrašnjim izmjenjivačem toplote i rezervoare za toplu vodu sa spoljnim izmjenjivačima toplote za ugradnju u instalacije vode za piće unutar objekata, za pritisak PMA10 i maksimalnu temperaturu do 95°C.

Ispituju se:

- spremnici
- izmjenjivači toplote
- gubici toplote
- higijenski zahtjevi

12.2.3 Cjevovod

Na tržištu različiti kantonalni energetske zakoni i propisi regulišu gubitke toplote kojih se treba pridržavati kod cjevovoda:

U biti su kod cjevovoda mjerodavne dvije tačke:

- pridržavanje vrijednosti toplotne izolacije,
- osobina termoizolacionog materijala za očekivane visoke temperature.

12.2.4 Cirkulacione pumpe

Vrijednosti potrošnje za cirkulacione pumpe su isto tako definisane Zakonom o energetici. Pumpe klase A dostupne na tržištu danas ispunjavaju tražene specifikacije.

12.2.5 Solarni kolektorski sistemi

Preporučuje se korištenje samo certificiranih i normiranih solarnih kolektora.

Informaciju o tome daje lista "Kollektorliste.ch" SPF (Instituta za solarnu tehniku).

Subvencije se mogu zahtijevati samo za solarne kolektore navedene na listi.

12 Norme

12.3 Fotonaponski sistemi

12.3.1 Propisi iz oblasti elektriciteta

Proces odobravanja plana

Npr. u Švicarskoj je obaveza odobrenja plana kod švicarskog inspektorata za jaku struju (ESTI) za sisteme sa izlaznom snagom većom od 30kVA. Prikaz plana se mora dostaviti i biti zakonski odobren prije početka gradnje. Zakonski osnov su Zakon o električnoj energiji u vezi sa sistemima za slabu i jaku struju kao i Pravilnik o električnim sistemima.

Priključak na mrežu

Za paralelni rad sistema za proizvodnju električne energije sa niskonaponskom mrežom, potrebno je podnijeti zahtjev za priključenje lokalnom snadbjevaču električnom energijom. Lokalni mrežni operater mora provjeriti priključak i eventualno odobriti uz uslove. Proizvođač ima pravo (je ovlašten) da sam koristi električnu energiju (sopstvenu potrošnju) ili da je proda mrežnom operateru. Ekološku dodatnu vrijednost proizvođač može sam da plasira.

Prema Zakonu o energiji (01.05.2014.) postoji pravo na isporučivanje proizvedene električne energije u javnu distributivnu mrežu. Nadalje se moraju poštovati tvornički propisi lokalnih elektroprivrednih preduzeća. Sopstvena potrošnja je regulisana u Zakonu o energiji, u Pravilniku o energiji i u Pravilniku o snadbjevanju električnom energijom.

Odredbe o instalaciji

Poglavlje 7.12 Standarda za niskonaponsku instalacijsku normu reguliše i objašnjava posebnosti koje važe za FN sisteme.

Gromobranska zaštita

Objekat ne zahtjeva gromobransku zaštitu zbog FN sistema. Pravila Komiteta za elektrotehniku Švicarska određuju izvedbu sistema gromobranske zaštite na osnovu izabranog koncepta. Godine 2013. objavljena je dokumentacija: Fotonaponski sistemi - zaštita od prenapona i integracija u sistem gromobranske zaštite, objašnjenja o sistemima gromobranske zaštite SNR 464022:2015 (vidjeti i Poglavlje 11.4).

Dokumentacija i pokretanje sistema

Dokument: Fotonaponski sistemi povezani na mrežu - minimalni zahtjevi za dokumentaciju o sistemu, zahtjevi za puštanje u rad i testiranje,

reguliše minimalne zahtjeva za dokumentacijom, puštanjem u rad i zahtjeve za testiranjem. Ova norma također detaljno opisuje šta dokumentacija mora da sadrži i kako se provodi početni test. Ona se također može koristiti za periodična ispitivanja (poglavlje 13.2.3).

12.3.2 Propisi za izvođače radova

Odobrenje za instalaciju

Za električnu instalaciju FN sistema potrebno je opće (Čl. 9) ili ograničeno Odobrenje za instalaciju. Pravni osnov za to je Pravilnik o niskonaponskim instalacijama.

Dozvole na plasman na tržište

Da bi se niskonaponski proizvodi mogli naći na tržištu mora se prikazati deklaracija o homologaciji. To reguliše Pravilnik o električnim niskonaponskim proizvodima. FN moduli moraju biti certificirani prema SNEN 61215-1:2016(D): Zemljani fotonaponski moduli - prikladnost konstrukcije i odobrenje tipa - dio 1: Zahtjevi za ispitivanje.

Ostala moguća ispitivanja i certifikati:

- IEC61730-1&2, izdanje 1.0 (2016), dopuna uz 61215 u vezi sa kvalitetom modula,
- IEC 61215 i IEC 61646, u ovom je integrisan i test otpornosti na grad (tuču),
- IEC 62109 1 & 2 za solarne invertore sa mrežnim priključkom,
- IEC 61716 (Test na amonijak) pri upotrebi iznad štala i ARA.

Nadalje važe mnogobrojne IEC i CENELEC norme za proizvode i sisteme.

Reciklaža modula

Revizijom Pravilnika o vraćanju, povratu i odlaganju električnih i elektronskih uređaja u Zakonu o zaštiti okoliša, fotonaponski moduli od 2014. godine imaju iste uslove kao i kućni aparati, kompjuteri ili sijalice (poglavlje 14.4).

Sigurnost na krovu

Poslodavac je dužan da preduzme sve mjere za spriječavanje nesreća. On se brine za to da se zaposleni pridržavaju mjera zaštite na radu. Tako je propisano Zakonom o radu, Zakonom o osiguranju od nezgoda i opštim dijelom Zakona o socijalnom osiguranju, kao i pratećim propisima. Nadalje važe odrednice prema radnom pravu od "Gebäudehülle" Švicarska (poglavlje 11.1).

13.1.1 Preuzimanje/Kontrola

Predaja kao i preuzimanje je priprema poslova za izručenje naručiocu i/ili korisniku sistema. Ova vrsta posla uključuje i vizuelnu kontrolu svih komponenti sistema radi njihove ispravne montaže kao i sigurnosti da postoje svi potrebni obrasci, šeme i protokoli. U sljedećih nekoliko koraka je detaljno opisano kako bi preuzimanja mogla da postignu određeni standard.

13.1.2 Pokretanje sistema (predaja, instrukcije, koncept održavanja)

Nakon što su komponente sistema vizuelno pregledane kako bi se osiguralo da su kompletne, prvi korak je postavljanje početnog pritiska na ekspanzionu posudu (u slučaju sistema pod pritiskom).

Prije nego se počne sa punjenjem kolektorskog solarnog sistema, veoma je važno da cjevovodi i sistem budu dobro isprani, kako bi što više vazduha moglo da se ukloni iz sistema. Ovo je najvažnije za besprijekorno funkcionisanje sistema, koje se nažalost vrlo često zanemaruje.

Zrak u sistemu znači nedovoljnu cirkulaciju i na taj način smanjeno dobijanje toplote. U najgorem slučaju se može desiti da solarni kolektorski sistem ne funkcioniše. Istovremeno se sa punjenjem sistema na uređaju za regulaciju i upravljanje podešavaju potrebni parametri.

Nakon punjenja sistema se provodi kontrola funkcionisanja. Kontrola funkcionisanja pokazuje da li solarni sistem besprijekorno proizvodi toplotu.

Važno:

- Sistem se ne smije puniti za vrijeme sunčanog dana preko dana već u jutarnjim satima,
- Relevantne komponente sistema moraju biti označene.

Kada je sistem u funkciji, slijedi primopredaja pomoću instrukcije investitoru, korisniku sistema.

Vrlo često se ovaj radni korak jednostavno ignoriše i izostavlja, što vodi do toga da odgovorni investitor ili korisnik sistema ne znaju na šta treba da obrate pažnju.

13.1.3 Dokumentacija

Za dobro izrađenu dokumentaciju su potrebni različiti dokumenti:

- Odobrenje/Zahtjev,
- Zahtjev za finansiranje,
- Šema sistema,
- Uputstva za upotrebu,
- Dokumentacija sa podacima o ugrađenim komponentama,
- Protokol o zaštiti od smrzavanja,
- Koncept održavanja (sadrži dokumentaciju o pristupu krovu),
- Ugovor o održavanju (ukoliko je zaključen),
- Protokol o preuzimanju,
- Protokol o stavljanju u rad i protokol o primopredaji,
- Važeća garancija o radu (od Swissolar),
- Protokol o održavanju

Protokol o pokretanju sistema treba da sadrži sljedeće podatke:

- veličinu kolektorskih polja,
- dimenzije i dužinu vodova,
- tačke gdje se vazduh može ispustiti,
- tačke na kojima se može izvršiti ispiranje,
- veličina spremnika,
- veličina bojlera,
- podatak o temperaturama, koje su potrebne za funkciju regulacije,
- tip i koncentracija sredstva protiv smrzavanja,
- vrsta sigurnosnog ventila i podešenog pritiska,
- veličina ekspanzione posude ili posude za pražnjenje,
- podaci o cirkulacionoj pumpi,
- termomješalica (indikacija temperature),
- radni pritisak.

13.1.4 Garancija

Obaveza garancije solarnog kolektorskog sistema je određena relevantnim ugovorom o radu.

Trajanje garancije je za montirane sisteme prema OR dvije godine, a kod ugovora o radu koji su zaključeni prema normama SIA pet godina.

13 Primopredaja sistema

13.2 Fotonaponski sistemi

13.2.1 Preuzimanje/Kontrola

Norma za niskonaponske instalacije sadrži pravila za planiranje, izgradnju i ispitivanje električnih sistema. Ovdje se radi u suštini o sistemima koje rade sa niskim naponom od $\leq 1000\text{VAC}$ (izmjenični) ili $\leq 1500\text{VDC}$ (istosmjerni) i frekvencijom od 50Hz. Ova norma opisuje, kako se FN sistem mora napraviti i služi kao osnova, kako se sistem treba ispitati. Dodatno se moraju poštovati i ostali propisi.

13.2.2 Pokretanje sistema (predaja, instrukcije, koncept održavanja)

Protokol (EN62446-1:2016) opisuje detaljno, kako bi trebalo uslijediti puštanje u rad i testiranje fotonaponskog sistema. Dodatno se opisuju potrebne periodične kontrole (održavanje) sistema.

Protokol mjerenja i kontrole za FN sisteme se može dobiti kod Elektroprivrede.

13.2.3 Dokumentacija

U pomenutom protokolu (EN62446) i uputstvu INFO 2086 Elektroprivrede se opisuju potrebna DC-mjerenja i najvažniji podaci o dokumentaciji. Najjednostavniji način čuvanja dokumentacije kod FN sistema je u blizini invertora (slika 11.34).

Najvažnije stavke iz dokumentacije se trebaju dogovoriti pri predaji sistema sa korisnikom sistema.

Dokumentacija treba da sadrži sljedeće podatke:

- gdje se nalazi sistem (adresa),
- ime vlasnika sistema (adresa),
- snaga sistema u kWp,
- snaga invertora,
- proizvođač FN modula i invertora,
- broj FN modula i invertora,
- datum Instalacije i stavljanje u pogon,
- podatke o proizvođaču sistema (adresa),
- informacije o planeru sistema

Dodatni tehnički podaci su:

- šema kolektorskih polja,
- broj modula,
- DC-kablovi sa brojem pojedinačnih žica,
- izjednačenje potencijala (uzemljenje),
- zaštita od prenapona,
- priključak na sistem gromobranske zaštite,
- priključak na AC-stranu (izmjeničnu),
- listove sa podacima o modulima i invertoru,
- priručnik o radu FN sistema,

- koncept održavanja (sadrži dokumentaciju o pristupu krovu),
- dokument o vatrogasnoj zaštiti,
- dokumenta o sigurnosti,
- šta učiniti u slučaju kvara,
- dokaz o statici - sistem fiksiranja

Za besprijekoran rad sistema je potrebno ispitivanje krovne površine uključujući sistem montaže i fiksiranja solarnih FN modula:

- bez puknutih crijevova,
- razmak između krovnih kuka i crijepa ispod mora biti najmanje 5 mm,
- crijep uredno očišćen,
- oluci (krovni odvođi) uredno očišćeni,
- zaštita kablova od mehaničkog opterećenja, leda, snijega,
- zaštita od glodavaca,
- kablovi se ne prelamaju (savijaju),
- pridržavati se opsega stezanja FN modula,
- voditi računa o izbočinama kod profilnih šina,
- montirati završne kapice na profilnim šinama,
- izjednačavanje potencijala (fiksiranje se vrši pomoću vijka koji je osiguran od popuštanja)...

Naravno da ovo nabranje nije konačno.

Ispitivanje FN sistema može se podijeliti u nekoliko vrsta poslova:

- osigurati izlazak na krov radi održavanja,
- provjeriti uzemljenje, gromobransku zaštitu, izjednačiti potencijale,
- vizuelni pregled sistema na AC i DC strani,
- potpuna dokumentacija o FN sistemu,
- ispitivanje funkcionisanja i mjerenja sistema,
- označavanje komponenti sistema (isključivanje u vanrednim okolnostima, DC-vodovi, itd.),
- statika sistema.

Ispravno provedeno ispitivanje i mjerenje garantuje tehnički besprijekoran rad FN sistema. Preporučujemo korištenje protokola za mjerenje i kontrolu FN sistema „Electrosuisse“.

13.2.4 Garancija

Garancijska obaveza FN sistema zavisi od relevantnog ugovora o radu. Isti može biti zasnovan na standardima SIA ili OR.

Trajanje garancije je za montirane sistema prema OR je 2 godine, a kod ugovora koji su zaključeni prema normama SIA, 5 godina.

Mjerni + Ispitni protokol Fotovoltaik		Br.	Broj naloga:	Strana	od
Nalogodavac <input type="checkbox"/> Vlasnik <input type="checkbox"/> Upravnik <input type="checkbox"/> Korisnik struje <input type="checkbox"/> Korisnik sistema <input type="checkbox"/>		Nalogoprimac <input type="checkbox"/> Elektroinstalater <input type="checkbox"/> Kontrolor <input type="checkbox"/>			
Ime 1 Ime 2 Ulica, br. PBr./Mjesto		ESTI odobrenje br. Ime 1 Ime 2 Ulica, br. /PBr./Mjesto			
Mjesto instalacije		Vrsta objekta Napomena			
Sistem Dio objekta Inverter lokacija		Mrežni operater Korisnik struje / proizvođač Oznaka mjestnog mjesta Brojač-br. Sistem-br.		Uzorak plana-br. S - Datum	
Razlog ispitivanja <input type="checkbox"/> Novisistem <input type="checkbox"/> Postojeći sistem <input type="checkbox"/> Promjena <input type="checkbox"/> Protirenje <input type="checkbox"/> Ispitivanje		Provedena kontrola <input type="checkbox"/> Građevinska prva kontrola <input type="checkbox"/> Završna kontrola <input type="checkbox"/> Kontrola po preuzimanju <input type="checkbox"/> Periodična kontrola Inst.-prijava br. / god. Datum		Obim kontrole / Izvedena instalacija	
Datum stavljanja u pogon		Vrijeme montaže		od do	
Opis sistema Usmjerenje, nagib, Kratak opis (Koncept invertora Broj invertora+ solar modula)		<input type="checkbox"/> Ravni krov <input type="checkbox"/> Kosi krov Usmjerenje: Nagib:		<input type="checkbox"/> Integriran u krov <input type="checkbox"/> Fasada <input type="checkbox"/> Stojisamostalno <input type="checkbox"/> Sistem ostrva <input type="checkbox"/> Vezan za mrežu	
Sigurnost pristupa krovu <input type="checkbox"/> Razmak tla do ivice krova je < 3 m <input type="checkbox"/> Razmak tla do ivice krova je > 3 m (zahtjeva sigurnosnu opremu)		<input type="checkbox"/> Jedinačne fiksne tačke <input type="checkbox"/> fiksno instalirani sigurnosni sistem <input type="checkbox"/> privremeni sistem			
Uzemljenje		<input type="checkbox"/> Osnovni uzemljivač <input type="checkbox"/> Protivstati uzemljivač <input type="checkbox"/> Odnosni uzemljivač <input type="checkbox"/> Centralna tačka uzemljenja <input type="checkbox"/> direktni priključak na uzemljivač		<input type="checkbox"/>	
Izjednačenje potencijala		<input type="checkbox"/> preko mrežnog dovoda mm ²			
Gromobranska i		<input type="checkbox"/> Gromobranska zaštita postoji na objektu Presjek PA od PVA mm ² Presjek poravnania osnovnog potencijala mm ² Zahtjevana gromobran. klasa I II III		<input type="checkbox"/>	
Zaštita od prenapona - koncept		<input type="checkbox"/> Postoji distanca kod razdvajanja <input type="checkbox"/> direktno spajanje generatora na LPS bez distance razdvajanja <input type="checkbox"/> Nije potreban koncept zaštite od prenapona <input type="checkbox"/> Postoji koncept zaštite od prenapona (mogle biti sastavni dio šeme principa ili dijagrama kola) <input type="checkbox"/> Instalirani materijal za rad odgovara konceptu zaštite od prenapona			
Vizualno testiranje/kontrola		Instalacija odgovara dokumentaciji o sistemu i važećim normama.		<input type="checkbox"/> da <input type="checkbox"/> ne	
<input type="checkbox"/> FV generator priključen na gromobran i/ ili FV sistem <input type="checkbox"/> Trajno fiksirani moduli <input type="checkbox"/> Materijali i spojevi otporni na koroziju <input type="checkbox"/> Minimalna površina petlji kablovskog ožičenja <input type="checkbox"/> DC vodovi za gromobransku i protivpožarnu zaštitu sigurni i ispravni <input type="checkbox"/> Konektori <input type="checkbox"/> Prisustvo protivpožarnih pregrada i hidroizolacije <input type="checkbox"/> Polaganje vodova (SKII / Dimenzioniranje / raspored / etiketiranje) <input type="checkbox"/> Etiketiranje strujnih krugova, radnih dijelova prema šemi <input type="checkbox"/> Ispravan izbor i raspored radnih dijelova (IP-zaštita) <input type="checkbox"/> Podaci o DC sistemu (Tabla sa podacima na priključnoj tački instalacije) <input type="checkbox"/> Pristupačnost opremi/radnim dijelovima		<input type="checkbox"/> Zaštita od direktnog kontakta <input type="checkbox"/> Poštovanje isporučene tehn. dokumentacije od strane proizvođača <input type="checkbox"/> Raspored odvodnika prenapona <input type="checkbox"/> Uređaji za isključivanje i odvajanje AC i DC struje <input type="checkbox"/> Montaža invertora prema uputstvima proizvođača <input type="checkbox"/> Uslovi isključivanja prema dokumentaciji o sistemu <input type="checkbox"/> Postoji plan spojeva, znakova upozorenja, šeme, legendi, planovi ožičenja itd. <input type="checkbox"/> Vodi se računa o uputi o protivpožarnoj zaštiti "Solarni sistemi"			

Slika 13.1: Protokol Elektroprivrede o mjerjenju i ispitivanju FN sistema

14 Održavanje

14.1 Održavanje i pregled

14.1.1 Održavanje

Kod FN sistema praktično nema radova održavanja budući da ima malo mehaničkih dijelova.

Kod solarnih kolektorskih sistema je potrebna redovna izmjena tečnosti za prenos toplote.

14.1.2 Inspekcija/Ispitivanje

Inspekcija obuhvata sve radnje ispitivanja u smislu kontrole. Inspekcija je mjera za procjenu stvarnog stanja.

Vizuelna kontrola lako dostupnih komponenti sistema od strane vlasnika sistema:

- prijavljuje da li inverter ima grešku ili je prljav,
- pokazuje da li se prenaponska zaštita aktivirala nakon jakog nevremena,
- pokazuje da li su vodovi i generator načelno još u originalnom stanju,
- prikazuje kontrolu prinosa preko invertora, upravljačkog ekrana ili online portala.

Vizuelna kontrola svih komponenti sistema od strane stručnog lica obuhvata kontrolu:

- sistema montaže,
- modula/kolektora,
- pristupa krovu,
- pokrivenosti, sjenčenja,
- priključaka i završetaka na krovu.

Važno je provjeriti spojeve sa vijcima za fiksiranje na podkonstrukciji. Zbog promjena uvjetovanih temperaturom vijci i spojevi mogu popustiti.

Solarni kolektori se moraju provjeriti na defektna stakla, savijene okvire i nedihtovane priključke.

Kada je moguće provjeriti sve električne vodove na oštećenja (glodavaca). Električni utikači i vijčani spojevi trebaju biti čvrsto fiksirani. Labavi kablovi se moraju ponovo fiksirati.

Defektni crijepovi se moraju zamijeniti.

Kontrole uređaja za isključivanje od strane stručnog lica obuhvata:

- Mjerenje električnih vrijednosti vodova,
- Karakteristike mjerenja i termografiju,
- Protokolisanje izvedenih radova sa kontrolnom listom i protokolom o mjerenju i ispitivanju.

14.2 Održavanje/popravci

Intervali inspekcije FN sistema

Kod malih sistema invertori se trebaju ispitati jednom sedmično preko prikaza na ekranu. Nakon udara groma, u neposrednoj blizini, trebao bi se ispitati sistem (naročito prekidače, osigurače i prenaponsku zaštitu).

Prinos električne energije treba provjeravati i upisivati mjesečno. Prinos električne energije izračunat u prognozi prinosa treba upoređivati sa stvarnim prinosom električne energije, prema očitavanju brojila. U slučaju odstupanja može se brzo reagovati i obavijestiti proizvođača sistema.

FN panele bi trebalo provjeravati na oštećenja i prljavštinu najmanje jednom godišnje, najbolje u proljeće. Ako je inverter instaliran na otvorenom, svake tri do četiri godine treba provjeravati da li u unutrašnjosti postoji vlaga.

FN sistemi se mogu provjeriti na greške pomoću sistema monitoringa putem interneta. Sve greške se automatski prenose.



Slika 14.1: Mjere za održavanje

Ukoliko neki element FN sistema koji se razmatra ne odgovara više prvobitnom funkcionalnom stanju zbog istrošenosti ili iskorištenosti, potrebno je isti osposobiti.

Kontrolni radovi radi zahtjevanja garancijskih usluga se moraju provesti u roku od 2, odnosno 5 godina od puštanja u rad.

Popravka je potrebna kada je neka komponenta sistema zbog vanrednog događaja oštećena:

- zamjena zaštite od prenapona nakon jakog nevremena ili udara groma,
- oštećeni kablovi usljed nagrizanja životinja,
- defektni moduli usljed snijega ili grada,
- vandalizam

Mjere poboljšanja nadograđuju sistem. One u pravilu nisu dio ugovora o održavanju.

Sljedeće teme uključuju mjere poboljšanja:

- Uklanjanje uzroka osjenčenja,
- Čišćenje modula: Zaprljanja na staklenim površinama se brižljivo moraju očistiti. Sistemi sa dovoljno nagiba ($\geq 15^\circ$) se čiste kišom. Ako je nagib mali može se pojaviti prljavština duž donjeg okvira uokvirenih solarnih modula koju je potrebno očistiti. Jako zaprljani solarni moduli se čiste sa demineraliziranom vodom i spužvom. Staklena površina se ne smije čistiti hemijskim sredstvima za čišćenje, sa visokim pritiskom ili grubom opremom (uređajima) za čišćenje. Idealno je da se kolektorski i FN moduli čiste rano ujutro ili kasno naveče kada temperatura modula i zračenje nisu toliko visoki. Redovnim čišćenjem staklene površine mogu se povećati energetske prinosi sistema. Specifikacije proizvođača modula u pogledu čišćenja se moraju poštovati,
- Odstranjivanje naslaga u bojleru,
- Zamijenite pumpe i kolektore efikasnijim modelima (Repowering),
- Dodatna (naknadna) ugradnja snjegobrana,
- Daljinsko upravljanje komponenti sistema,
- Eventualno čišćenje sistema kod velikih snježnih oborina.

U principu se FN moduli finansiraju putem

naknade sa preferencijom za reciklažu koja je regulisana Pravilnikom o besplatnom preuzimanju e-otpada i mogu se besplatno reciklirati.

Tačni modaliteti u procesu povrata i recikliranja FN modula s dodacima trenutno se definišu u saradnji sa partnerima za reciklažu.

14.4.1 Nema štetnih tvari u FN sistemima

FN moduli ne odgovaraju EU kriterijima za opasni otpad. Sve FN tehnologije klasificirane su kao sigurne za ljude i prirodu od strane zdravstvenih i ekoloških službi. Studije su pokazale da FN moduli, bez obzira na njihovu poluprovodničku tehnologiju ne predstavljaju opasnost za ljude i okoliš ni za vrijeme rada niti u slučaju nesreće.

14.4.2 Težiti ka recikliranju

Postoje poluprovodnički materijali koji se odgovarajućom tehnologijom recikliranja mogu ponovo uvesti u proizvodni ciklus novih FN modula. Stoga treba težiti kako iz ekonomskih tako i ekoloških razloga odvojenom i odgovarajućem recikliranju ovih modula.

I kod solarnih kolektora se isplati rastavljanje u pojedinačne dijelove. Komponente poput stakla ili apsorbera se obično mogu jednostavno ukloniti.

Autori i izvori fotografija

Alustand	5.26, 5.29, 5.34, 5.48, 7.16, 7.28, 7.29, 10.11, 11.7-11.9, 11.21,
Arthur Flury AG	10.3
Baur AG	9.10
Be Netz AG	11.28
Bodensee AG	10.20
Christoph Keller	6.38, 6.39
Coop	10.19
DMG Mori	10.17, 10.18
Electrosuisse	13.1
Energie Schweiz	3.1, 3.5, 3.6, 3.8, 3.9
Ernst Schweizer AG	7.11
Eternit Schweiz AG	4.9, 5.15, 5.16, 7.24, 7.35, 7.36, 7.40, 7.45-7.48, 9.8
Flumroc AG	10.15
GFT Fassaden AG	5.55, 9.4, 9.5, 9.6, 9.7
Gebäudehülle Schweiz	1.5, 3.3, 3.16, 3.21, 3.22, 5.1, 5.19, 5.45, 5.56, 6.40, 6.41, 7.18, 9.9, 10.3, 10.12, 10.16, 11.5, 11.22
Huber Suhner	6.8, 6.9, 11.35
Karl Sutter	3.11
Manuel Heim	5.27, 5.32, 5.33, 5.37, 5.38, 5.40-5.44, 5.47, 6.6, 6.32, 6.33, 7.49, 7.50-7.52, 8.1, 8.2, 8.4, 10.13, 10.14, 11.31, 11.34, 11.37, 11.38,
Marco Ragonesi, i.A. Gebäudehülle Schweiz	2.4-2.9, 3.2, 3.26, 4.1-4.3, 4.5, 4.6, 4.10 4.12-4.15, 5.2, 5.7-5.9, 5.18, 5.20, 5.22-5.25, 5.28, 5.51, 6.26, 6.27, 10.4, 10.5, 10.8-11.12, 11.14-11.17, 11.19, 11.20, 11.27, 14.1,
Marco Walker	1.3, 4.8, 4.11, 5.6, 5.10-5.13, 5.30, 5.31, 6.1, 6.12, 6.17-6.19, 6.24, 6.28- 6.31, 6.34-6.37, 6.45, 7.12, 7.26, 7.30-7.32, 7.42, 11.23, 11.26
Meyer Burger	3.27
Multicontact	6.10, 6.11
Pecso Energie	7.2, 7.3, 7.4, 7.5, 7.6, 7.7
Peter Stoller	3.15
Pino Pacifico	3.7, 3.10, 3.13, 3.14, 5.54, 6.2, 6.3, 6.4, 6.5, 6.7,6.21, 6.22, 7.8, 7.9, 7.10, 9.2,
Reinhard AG	10.1, 10.2
Reto Miloni	2.1, 2.2, 2.3
Ruedi Vosgerau, EKZ Prosumer	6.20, 6.43, 6.44, 7.14, 10.6
S-Alpin	5.49
Schletter Solar	5.50
Schürch und Egli AG	6.23
SIA 271	5.52
Sika Schweiz AG	11.2, 11.4
Solaragentur Schweiz	1.4
Solarwatt GmbH	10.7
Soltop	7.23, 7.39, 7.44, 9.3, 11.24, 11.25
Strohmeier AG	3.12, 3.24, 4.7, 6.13-6.15, 6.25, 6.25, 6.42, 7.13, 7.15, 7.37, 7.43, 8.3
Sunstyle	7.25
Swissolar	11.32
Urs Bühler	1.1, 1.2, 3.18, 3.19, 3.23, 5.14, 5.17, 5.21, 5.35, 5.36, 5.46, 7.17, 7.21, 7.22, 11.13, 11.18, 11.29

Priručnik je preveden na bosanski jezik u okviru projekta "Solarna energija za Tuzlu" koji realizira Centar za ekologiju i energiju, u saradnji sa Ministarstvom obrazovanja i nauke Tuzlanskog kantona, Građevinsko- geodetskom i Elektrotehničkom školom iz Tuzle, Švicarskim Caritasom, Fördervereinom i Polybau školom iz Švicarske.

Priručnik je štampan u okviru projekta "Inovacije u EE i OE za bolje prilagođavanje klimatskim promjenama i smanjenje siromaštva" uz podršku Švicarskog Caritasa.

CARITAS Schweiz
Suisse
Svizzera
Svizra

cee
centar za ekologiju i energiju