



Solceller på tak

Möjligheter och fallgropar

locum.

VÄRDEN FÖR VÄRDEN

1	Inledning	4
1.1	Vad är ett solcellssystem	4
2	Riktlinjer för utformning av byggnaden och dess rumsliga orientering	5
2.1	Byggnadens orientering	5
2.1.1	Platta tak (lutning upp till 5 grader)	5
2.2	Skuggande objekt	8
2.2.1	Mindre objekt	9
3	Riktlinjer för utformning av tak	10
3.1	Ytbehov	10
3.2	Ventilation och skuggande föremål	11
3.3	Snörasskydd	13
3.4	Fläktrum	13
4	Takmaterial och monteringsystem	14
4.1	Monteringsystem	14
4.1.1	Korrugerad plåt	15
4.1.2	Falsad plåt	15
4.1.3	Tegel	15
4.1.4	Lutande tak av papp/duk	16
4.1.5	Platta tak	16
4.2	Takmaterial	17
4.2.1	Rekommendationer	17
5	Elsystem	18
5.1	Växelriktare	18
5.1.1	Placering	18
5.1.2	Utrymme	18
5.1.3	Kanalisation och genomföringar	20
6	Vikt, åtkomst samt snöskottning	21
6.1	Snölast	21

Beställare:

Mattias Millinger, Locum

Författare:

Jon Malmsten, Solkompaniet

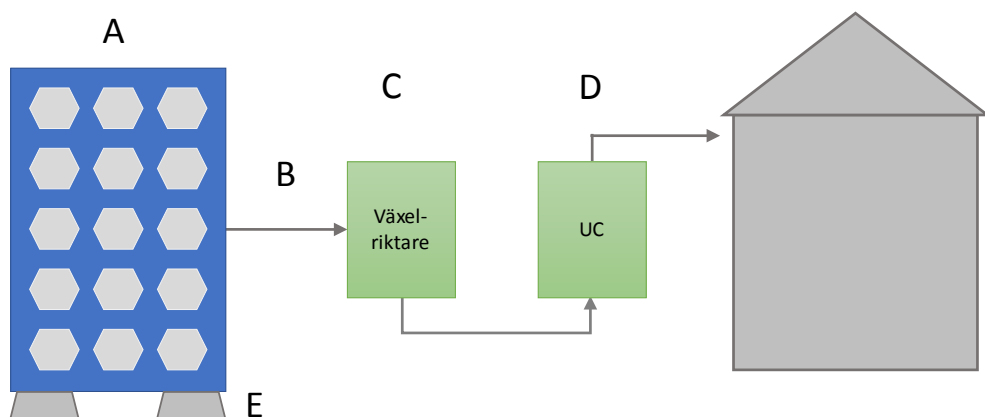
1 Inledning

I Sverige byggs solceller nästan uteslutande på hustak då sådana investeringar i regel är betydligt lönsammare än fristående system. Möjligheten att bygga kostnadseffektivt är dock starkt avhängigt av byggnadens utformning; små detaljer kan kraftigt begränsa eller omöjliggöra en installation. I detta häfte ges råd kring hur solcellssystem integreras i byggnader samt vad som bör beaktas vid ny- och ombyggnationer för att underlätta för framtida solcellsinstallationer.

1.1 Vad är ett solcellssystem

Ett solcellssystem består i huvudsak av följande delar:

- Monteringsystem - fäster solcellerna på tak eller fasad
- Solceller - genererar likström
- Likströmskablage - transporterar likström till växelriktarna
- Växelriktare - gör om likströmmen till växelström
- Undercentral - ansluter solcellssystemet till husets elsystem (innehåller lastbrytare, säkringar och elmätare).

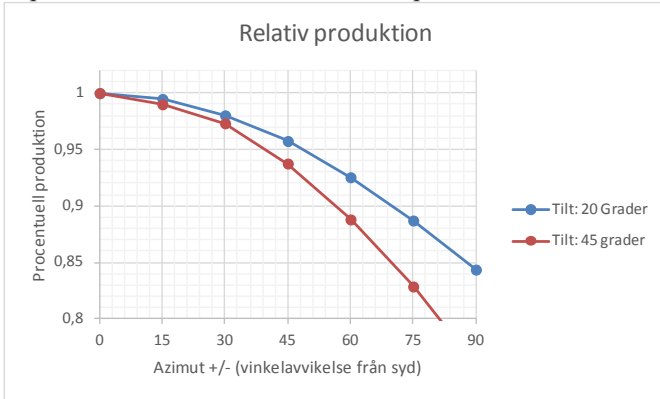


Figur 1

Schematisk skiss på ett nätanslutet solcellssystem. A: Solcellspanel, B: likströmskabel, C: Växelriktare, D: Undercentral (UC, innehåller lastbrytare, säkring och elmätare), E: monteringsystem. Observera att bilden är schematisk, ytterligare brytare, säkringar och elmätare tillkommer.

2 Riktlinjer för utformning av byggnaden och dess rumsliga orientering

Solceller kan med lönsamhet byggas på rakt östliga, till rakt västliga tak. Södervända tak är att föredra och högsta produktionen nås i Sverige vid en takvinkel på drygt 40 grader. Installationens komplexitet ökar dock med ökad takvinkel varför system som byggs på låglutande tak ofta har den bästa ekonomin. I bilden nedan framgår hur produktionen varierar beroende på hur solcellerna riktas.

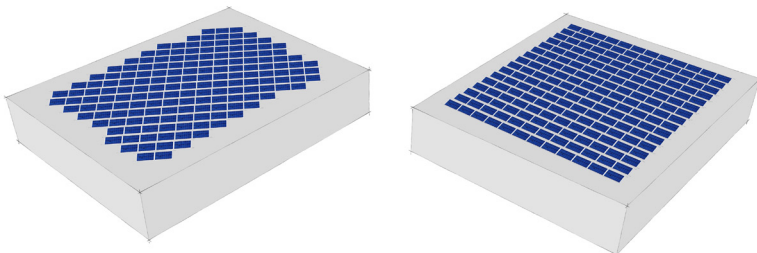


Figur 2

Variation i produktion beroende på ett solcellssystemets orientering i förhållande till söder (azimut). Ett system på ett tak som lutar 20 grader (tilt) och som är orienterat i azimut +/- 45 grader (sydost eller sydväst) producerar ca 96 % jämfört med ett system orienterat rakt mot syd.

2.1 Byggnadens orientering

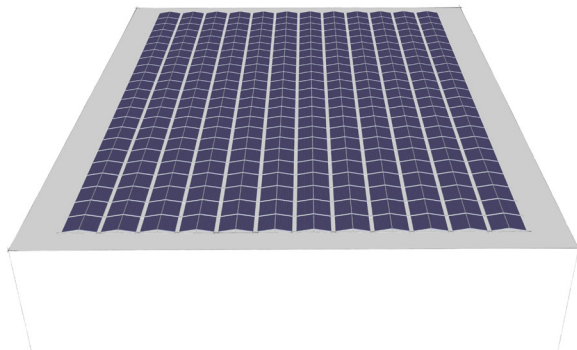
För att hålla nere kostnaden för solcellssystemet är det oftast bästa att välja en så enkel systemutformning som möjligt. På lutande tak innebär detta att låta solcellerna följa takets lutning. På platta tak lutas solcellerna normalt upp 10-20 grader längs den sida av byggnaden som är mest vänd mot söder.



Figur 3

I regel byggs solcellssystem så att de följer takets riktning (höger i bild) istället för att riktas mot söder (vänster i bild). Det ger ett robust system som är enkelt att bygga och som integrerar väl med taket.

Ett alternativ är luta upp solcellerna 10 grader växelvis mot öst och väst, vilket gör att det får plats fler solceller på samma yta som totalt producerar mer än ett södervänt system.

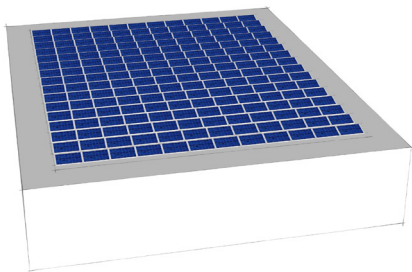


Figur 4

Solceller monterade växelvis öst och väst. Fler solceller får plats, men produktionen per solcell sjunker något. Detta alternativ väljs för att få ut så mycket solex som möjligt från en viss takyta.

2.1.1 Platta tak (lutning upp till 5 grader)

Vid platt tak bör en av byggnadens sidor orienteras mot söder för att optimera solcellernas produktion. För varma tak, där isoleringen är placerad utanpå den bärande konstruktionen (sviktat vid belastning), bör solcellernas monteringskenor ligga längs med avrinningsriktningen, se vidare stycke 2.1.4 Motfallstak

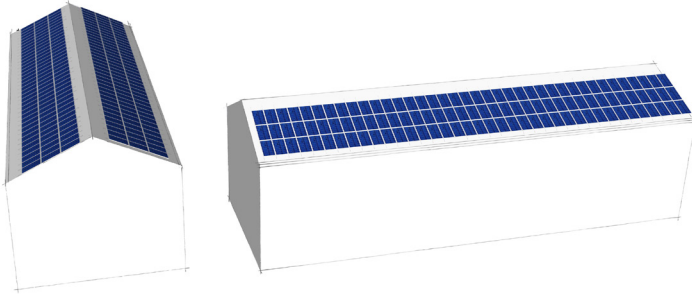


Figur 5

För optimal solexproduktion bör en av husets sidor vara riktade mot söder.

2.1.2 Sadeltak

Grundregeln är att orientera en av taksidorna mot söder. Om en takyta inte kan generera så mycket el som önskas, orienteras istället kortsidan mot söder vilket gör att solceller kan placeras både på det västra och östra taket.

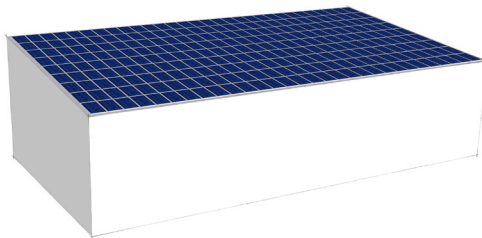


Figur 6

Huset till vänster har kortsidan mot söder och rymmer därför dubbelt så mycket solceller som huset till höger. Produktionen per solcellspanel är dock cirka 15 % högre på det högra huset.

2.1.3 Pulpettak

Orienteras mot söder



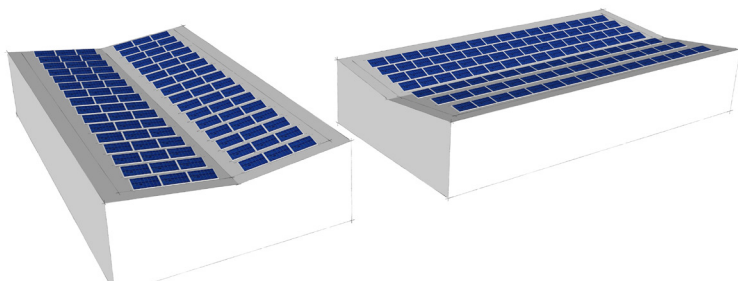
Figur 7

För optimal solesproduktion bör ett pulpettak orienteras mot söder.

2.1.4 Motfallstak

Orientera takets kortsida mot söder för att maximera produktionen (annars kommer solcellerna på ytan som lutar mot norr att behöva placeras med längre radavstånd för att minimera skuggningen vilket gör att mängden solceller som kan installeras minskar något.)

För sk. varma tak, tak där isoleringen är placerad utanpå den bärande konstruktionen (sviktar vid belastning), bör solcellernas monteringskenor ligga längs med avrinningsriktningen. Det för att inte skenorna ska hindra avrinningen och ge upphov till vattenansamlingar på taket. Vid varma tak orienteras husets långsida därför mot söder.

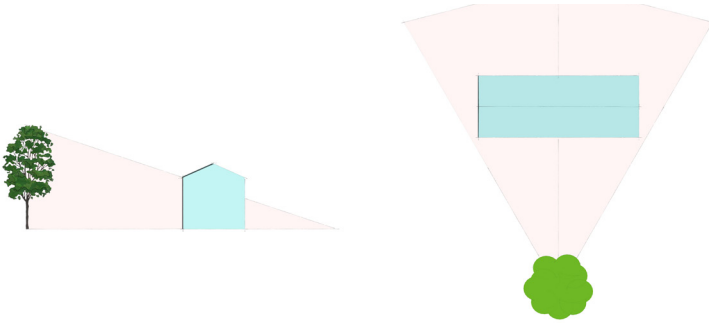


Figur 8

Motfallstak som lutar 7 grader mot en mittliggande dränering. Huset till vänster har kortsidan mot söder och rymmer därför något mer solceller än det högra huset. På det vänstra huset ligger skensystemet tvärs vattnets avrinningsriktning vilket kan vara problematiskt vid sviktande tak.

2.2 Skuggande objekt

Solcellssystem är känsliga för skuggning. En riktlinje är att solceller inte bör placeras närmare än tre gånger det skuggande föremålets höjd i en sektor +/- 30 grader relativt norr, se figuren nedan. Höga träd och skuggande hus kan kraftigt påverka möjligheterna att installera solceller på närliggande tak. Många av våra vanliga svenska träd blir över 20 meter höga och kan göra lägre tak obrukbara för solelproduktion.



Figur 9

För att begränsa produktionsbortfall till följd av skuggning är en bra tumregel att inte placera solceller närmare än tre gånger det skuggande föremålets höjd i en sektor som är +/- 30 grader relativt norr.

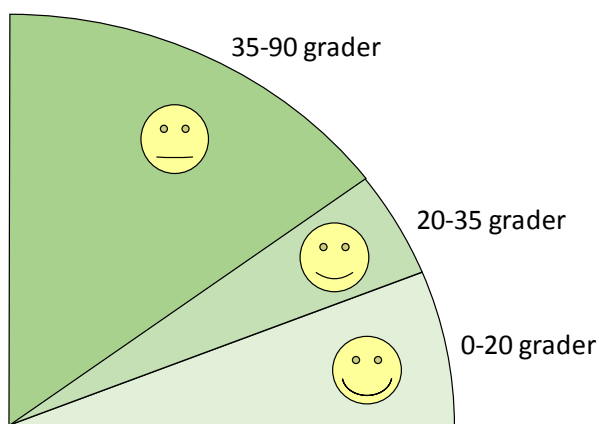
2.2.1 Mindre objekt

Flaggstänger och antenner, snörasskydd m.m. kan alla skugga ett solcellssystem och ha en betydande påverkan på produktionen. En antenn, som kastar en skugga på ett begränsat antal solceller, kan delvis hanteras genom den elektriska utformningen av systemet och förlusterna kan därmed hållas låga. En flaggstång som kastar en skugga, som över dagen vandrar över en större del av ett solcellssystem, är svårare att hantera och kan leda till betydande produktionsförluster. Skuggning är ett komplext område och den generella rekommendationen är att i möjligaste mån undvika skuggning. Är det inte möjligt behöver en detaljerad skuggningsstudie göras.

3 Riktlinjer för utformning av tak

I mellersta Sverige ger en taklutning på drygt 40 grader den bästa produktionen. Att installera solceller på så pass brant tak är dock komplicerat och dyrt, varför de mest ekonomiska systemen byggs på flackare tak.

- Upp till 20 grader ger en enkel installation. Det är enkelt att ställa upp material samt utföra arbete på taket.
- Mellan 20 till 35 grader ökar komplexiteten, men taken är fortfarande attraktiva för solcellsinstallationer.
- Över 35 grader ger komplexa och potentiellt dyra installationer.



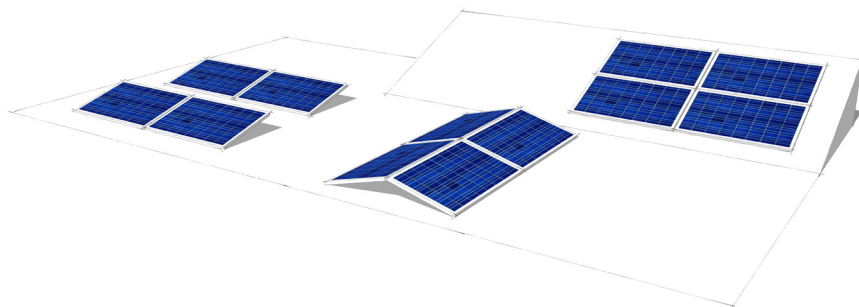
Figur 10

Platta och låglutande tak ger ofta den bästa totalekonomi eftersom byggnationen blir enkel och billig.

3.1 Ytbehov

På platta tak kan stora system byggas kostnadseffektivt vilket gör taken högintressanta för solceller. Däremot får det plats färre solpaneler per ytenhet jämfört med ett lutande tak. Det beror på att solcellerna behöver lutas upp relativt taket, och därför placeras med ett inbördes avstånd för att inte skugga varandra. För att maximera produktionen från ett platt tak kan solcellerna placeras växelvis mot öst och väst, men det ger i regel lite sämre lönsamhet då produktionen per installerad effektenhet minskar.

- På lutande tak installeras panelerna jäms med taket. Ytbehovet är 6-7 kvadratmeter per installerad kilowatt i topp effekt (kWt)
- På platta tak installeras panelerna upplutade. Lutas panelerna upp mot söder är ytbehovet 10-12 kvadratmeter per kWt, lutas panelerna upp växelvis mot öst och väst är ytbehovet 6-7 kvadratmeter per installerad kWt.



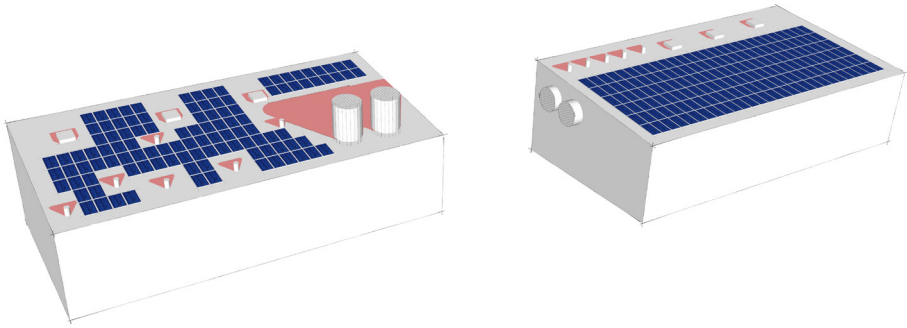
Figur 11

Ytbehovet varierar beroende på monteringsförfarande. A: panelerna är upplutade i sydlig riktning, ytbehov 10-12 m²/kWt. B: öst-väst - system, ytbehov 6-7 m²/kWt. C: Panelerna monterade på lutande tak, ytbehov 6-7 m²/kWt.

3.2 Ventilation och skuggande föremål

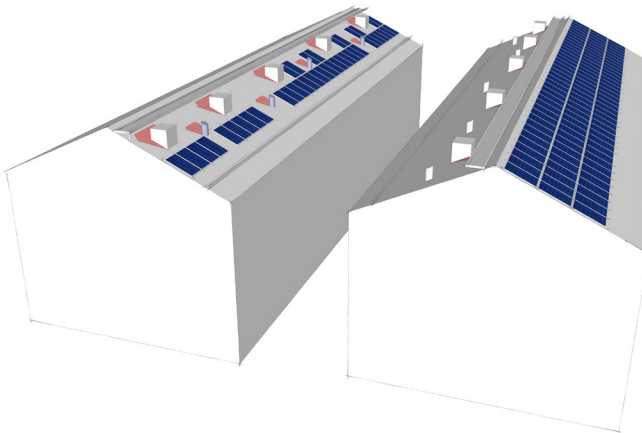
Ventilationshuvor utspridda över ett tak kan kraftigt begränsa möjligheterna till att installera solceller kostnadseffektivt.

- Placera skuggande föremål så långt norröver på taket som möjligt.
- Samla alla skuggande föremål på några få ställen istället för att sprida ut dem.
- Placera ventilationsutblås på vägg istället för uppe på taket om möjligt.
- Gör ventilationstrummorna så låga som möjligt.
- Vid sadeltak bör ventilation och taksäkerhet placeras på taket som vetter mot norr.
- Placera snörasskydd så nära takfoten som möjligt.



Figur 12

Byggnaden till vänster har ventilation utspridd över taket vilket leder till en komplex mindre installation jämfört med den högra byggnaden där ventilation och skuggande objekt har förlagts till vägg samt samlats på norra delen av taket.



Figur 13

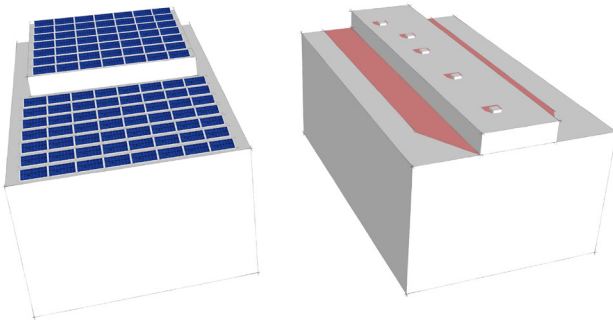
På det vänstra huset sitter ventilation på taket som vetter mot söder och snörasskyddet är placerat högt upp på taket. Det gör att endast ett mindre, komplext system kan installeras. På det högra huset har taksäkerhet och ventilation förlagts till det nordliga taket vilket medför att ett större, enklare system kan installeras. Dessutom har snörasskyddet placerats närmare takfoten vilket gör att ytterligare en rad med solceller får plats.

3.3 Snörasskydd

Solcellsmoduler är i regel glattare än andra takmaterial, vilket gör att solceller som sätts på lutande tak kan öka risken för snöras. En grundregel är att alltid ha ett avstånd på minst 80 cm mellan solcellsmodulerna och snörasskyddet, dels för att inte solcellerna ska ”lyfta” snön över skyddet och dels för att det ska vara möjligt att montera och demontera taksäkerhet i samband med installationen av solcellspanelerna. Vid högre taklutningar kan extra höga och/eller flera rader med snörasskydd behövas.

3.4 Fläktrum

Fläktrum har en tendens att kraftigt begränsa möjligheterna till att bygga solceller på annars fina tak. Precis som för andra skuggande föremål, bör fläktrum placeras så långt åt norr som möjligt. Fläktrum kan i sig självt ha bra tak om det är fritt från ventilationstrummor och inte för litet eller långsmalt.



Figur 14

Den högra byggnaden har ett långsmalt fläktrum som sträcker sig över hela taket vilket resulterar i små takytor som till stora delar är skuggade. Vänstra byggnaden har ett lika stort fläktrum, placerat på norra delen av taket men betydligt bredare. Här finns bra ytor för solcellsinstallationer.

4 Takmaterial och monteringsystem

Kostnaden för att bygga solceller är starkt avhängig av takkonstruktion och takmaterial.

Billigare

- Falsad plåt
- Korrugerad plåt
- Låglutande och platta tak (duk eller papp)

Dyrare

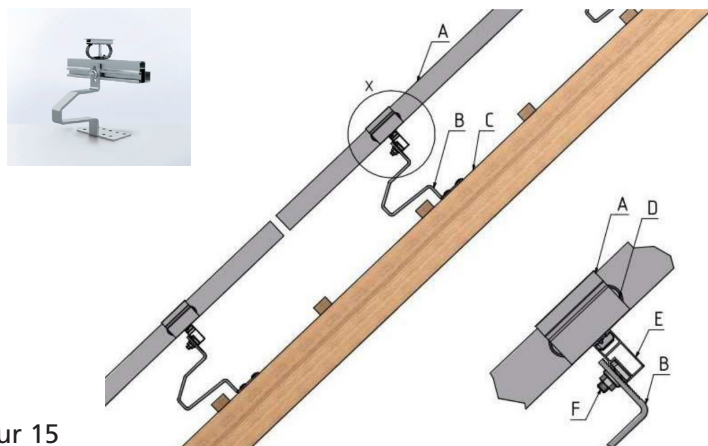
- Tegeltak
- Lutande papptak

4.1 Monteringsystem

Solceller monteras med monteringsystem som är certifierade för respektive taktyp. Rekommendationen är att inte använda system som innebär genomföringar genom takets tätskikt.

Monteringsystem för lutande tak består av två huvudsakliga delar:

- ett ramverk av aluminiumskenor som modulerna vilar mot och som de fästs i med hjälp av speciella klamrar
- krokar/klämmor som förankrar skenorna i taket.

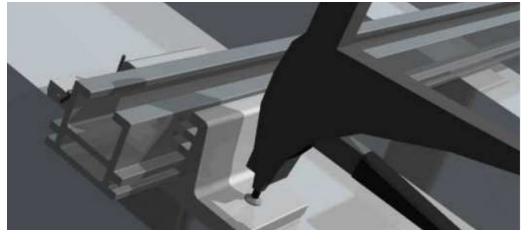
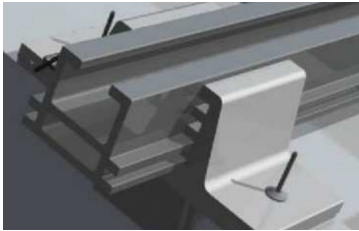


Figur 15

Skiss över typiskt monteringsystem. A: solcellsmodul, B: takkrok, C: takbjälke, D: klämma, E: aluminiumprofil, F: monteringskruv. (Bild: IBC Solar)

4.1.1 Korrugerad plåt

På korrugerad plåt används med fördel ett monteringsystem där klamrar fästs med självhäftande tejp och poppnitar. Skensystemet fästs sedan i klamrarna. Plåten bör vara minst 0,5 mm tjock.

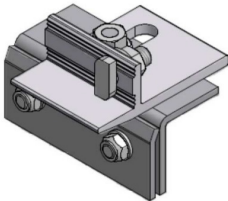


Figur 16

Bild på infästningssystem för korrugerad plåt.

4.1.2 Falsad plåt

I falsklämmorna fästs därefter skensystemet.



Figur 17

Bild på infästningssystem för tak med falsad plåt.

4.1.3 Tegel

På tegeltak fästs skensystemet i krokarna, som skruvas i takstolarna. Krokarna sticker ut i glipan mellan tegelpannorna. Ofta behöver pannorna slipas/kapas för att ge kroken plats.

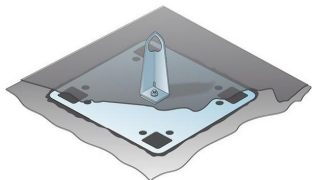


Figur 18

Bild på infästningssystem för tak med tegel.

4.1.4 Lutande tak av papp/duk

För att undvika håltagning av tätskikt används infästningsplattor som svetsas fast. Vid ny- eller ombyggnation kan infästningsplattorna med fördel monteras direkt av takläggarna, det ger i regel en lägre kostnad och gör det enklare för takläggarna att inkludera en garanti för tak och arbete.

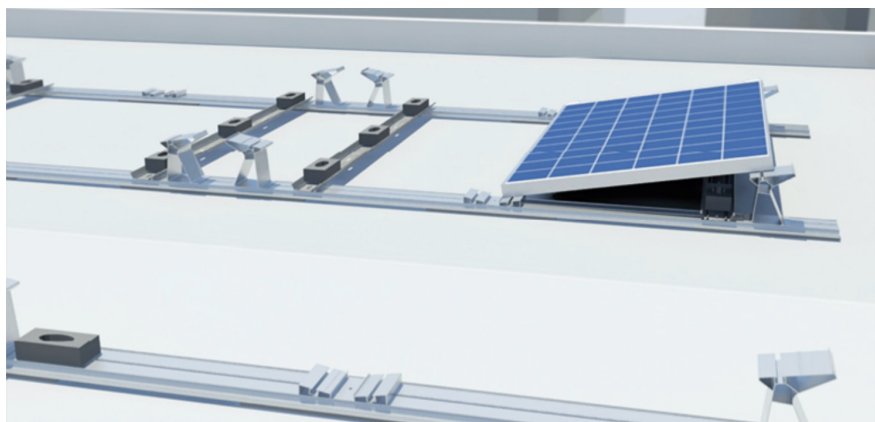


Figur 19

Infästningsplatta för tak av papp- och duk. (Bild: CW Lundberg byggkatalog)

4.1.5 Platta tak

Platta tak avser i regel tak som lutar max 5 grader. På platta tak används oftast ballastsystem, varför inga infästningar i taket behövs. Om taket inte klarar den extra vikten som ballasten medför kan infästningsplattor användas istället.



Figur 20

Ballastsystem Aerofix från IBC. Mellan skenorna och taket ligger en friktionsduk. (Bild: IBC Solar)

4.2 Takmaterial

Vid en investering i ett solcellssystem är det önskvärt att det underliggande taket har en livslängd som är i paritet med solcellernas livslängd, som är över 30 år. Det går att demontera delar av, eller hela solcellssystem, för att utföra takunderhåll, men det är relativt kostsamt.

Livslängden på tak varierar beroende på en rad faktorer, som takmaterial, lokal miljö (luftföroreningar), takets riktning i förhållande till söder samt taklutning. Solens UV-strålning, den värme solstrålningen ger upphov till samt korrosion, är de främsta orsakerna till att ett tak slits. Då solceller skyddar mot sol, väder och vind ökar det underliggande takets livslängd. Detta gäller i synnerhet om panelerna monteras jäms med, och i princip täcker hela taket. Vid upplutade system är det mellanrum mellan solcellerna, varför den skyddande effekten blir mindre.

4.2.1 Rekommendationer

Rådgör med aktuell takleverantör och sträva efter att lägga tak som har en teknisk livslängd på minst 30 år.

- Papptak: Livslängden på papptak är ca 20 år. De skydd som solceller ger bör innebära att livslängd ökar till upp mot 30 år. Dock finns få praktiska erfarenheter av upplutade ballastsystem på papptak.
- Duk: Livslängd på 30 år som kan förväntas öka ytterligare med solceller. Välj en vit duk om möjligt för att sänka taktemperaturen, något som minskar eventuellt kylbehov i byggnaden samt gör att solcellerna producerar något bättre.
- Plåt: Finns i olika material och med olika ytbehandling.
 - o Fabriksmålade galvaniserade stålplåt 30 år (estetisk livslängd 20 år).
 - o Omålade aluminium-zinkbelagda stålplåt, 25 år (beläggningsklass AZ 185).
 - o Aluminiumplåt 40 år.
 - o Äldre plåt som målas på plats behöver målas om i intervallet 10-15 år.

På plåttak läggs solceller i regel jäms med taket och utgör då ytterligare ett skydd varför livslängden kan förväntas överstiga 30 år för de flesta plåttak. För byggplatsmålade tak kommer ytterligare ommålning att behövas där solcellerna inte skyddar taket.

- Tegeltak: har en livslängd på över 30 år och fungerar bra tillsammans med solceller.

5 Elsystem

Solceller producerar likström som behöver omvandlas till växelström för att kunna matas in i fastighetens elnät. Växelriktare utför den omvandlingen och ansluts till fastighetens elsystem via säkringar och en brytare som kan frångilja solcellsanläggningen.

5.1 Växelriktare

Vid montage av takmonterade system används i regel växelriktare som kan monteras med mankraft. Sådana har ofta en maxeffekt på 20-30 kW, men det finns enstaka leverantörer som har växelriktare på upp till 60 kW som kan hanteras manuellt.

5.1.1 Placering

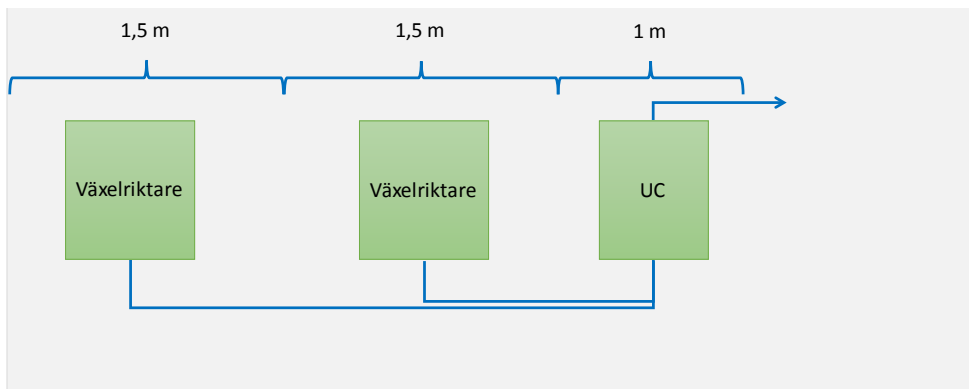
Växelriktare placeras med fördel i ett välventilerat driftutrymme med bra åtkomst för tillsyn och eventuell service. Det är även möjligt att placera växelriktare utomhus. För att minimera dragning av likströmskablar monteras växelriktarna så nära solcellerna som möjligt.

- Placera växelriktarna så nära solcellerna som möjligt
- Placera växelriktarna i ett välventilerat driftutrymme (upp till 3 % av växelriktarnas effekt kan avges som värme)
- Placera växelriktarna nära en förbrukare om möjligt, det minimerar kabelförluster (fläktrum är ofta lämpliga)

5.1.2 Utrymme

Ett solcellssystem behöver växelriktare med en effekt om ca 85 - 95 % av solcellssystemets topp effekt (toppeffekten är en teoretisk siffra som sällan eller aldrig nås).

- Varje växelriktare behöver en fri väggyta på upp till 1,5 meter (varierar stort mellan olika märken)
- En undercentral placeras i anslutning till växelriktarna som utgör systemets gränssnitt mot fastighetens elsystem. Undercentralen tar ca 1 meter väggyta i anspråk.
- Om tillgänglig väggyta är begränsad är det möjligt att montera växelriktare ovanför varandra, men det ger en något mer komplex installation.
- Bra om det finns nätverk framdraget till driftutrymmet för att underlätta för datainsamling från solcellsanläggningen.
- Placera växelriktarna där dom inte stör (växelriktaren har en fläkt som låter).



Figur 21

Driftutrymme för en solcellsanläggning på ca 50 kWt, vilket motsvarar en solcellsyta kring 300 m². Två växelriktare a 20 kW och en undercentral monterade på vägg. Både strängkablar från solcellspanelerna samt AC-kablar mellan växelriktare och undercentral förläggs på en kabelstege under växelriktarna.



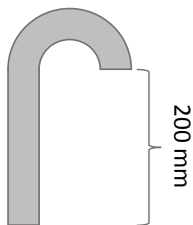
Figur 22

Bild på två 20 kW och en 30 kW växelriktare. I underkant ses kabelstegen med strängkablar och anslutningen till kabelskåpet som skymtar längst till höger i bild. I mitten kommer strängkablarna från solcellsmodulerna ner tillsammans med jordningskablar. Till varje växelriktare finns en AC-brytare som kan frångilja växelriktaren från AC-matningen. Inbyggt i växelriktarna sitter DC-brytare för att bryta strömmen från solcellsmodulerna.

5.1.3 Kanalisation och genomföringar

Vid ny- eller ombyggnation är det lämpligt att säkerställa att kanalisation finns till tillräckligt driftsutrymme. Använd följande tumregel för dimensionering av genomföringar:

- 100 mm genomföring per 50 kWt i installerad solcellseffekt.



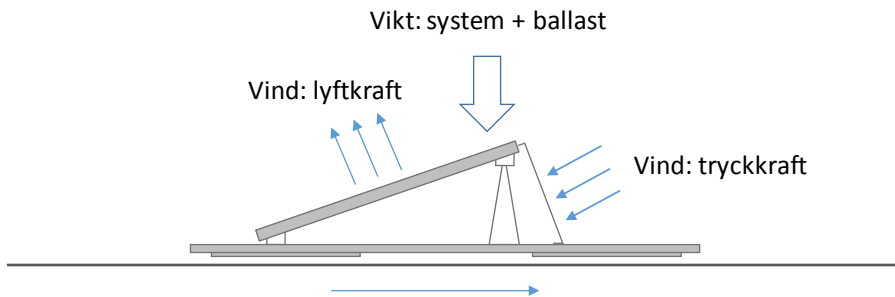
Figur 23

Kanalisation genom tak med svanhals. Säkerställ att det finns minst 200 mm mellan taket och röret för att underlätta en enkel kabeldragning. Svanhalsen har en diameter på 100 mm.

6 Vikt, åtkomst samt snöskottning

På platta tak används i regel ballastsystem. Vikten för ett sådant varierar stort beroende på de lokala förutsättningarna. Höga byggnader som ligger fritt vid kusten ger höga vindlaster och tyngre system, medan låga inlandsbyggnader ger lägre laster. Behovet av ballast varierar också över taket; mer vikt behövs nära kanter och hörn. Leverantören av ballastsystemet gör i regel en datoriserad vindlastberäkning för det specifika systemet och tillhandahåller en lastkarta där det framgår hur ballasten ska fördelas över taket.

- Ett solcellssystem som monteras jäms med taket väger ca 12 kg/m².
- Ett upplutat solcellssystem (platta tak) väger ca 7-14 kg/m² plus ballast. Ballasten varierar stort beroende på förutsättningar, men är typiskt i storleksordningen 2-25 kg/m².
- Anlita alltid en konstruktör om det råder minsta osäkerhet kring takets bärlighet.



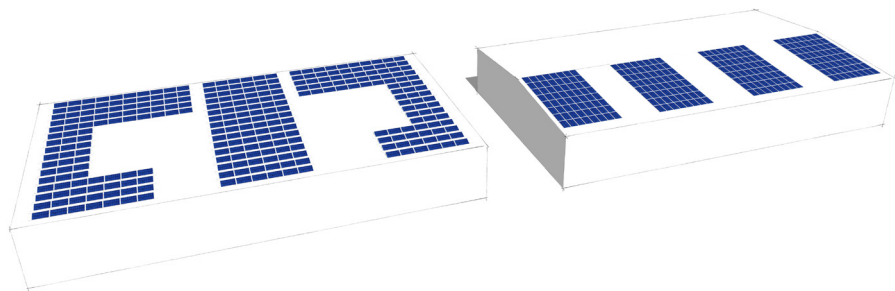
Figur 24

För ballastsystem görs lastberäkningar i datorsystem som simulerar de förutsättningar som råder på den tilltänkta installationsplatsen.

6.1 Snölast

Tak är dimensionerade för att klara den snölast som kan förekomma på den aktuella platsen. Dimensionerande snölast varierar över landet, men är normalt inom intervallet 150 till 350 kg/m². Det förekommer att tak är klena byggda (främst platta eller låglutande tak med stora spännvidder), och därmed behöver skottas vid stora snölaster. Ha följande i åtanke:

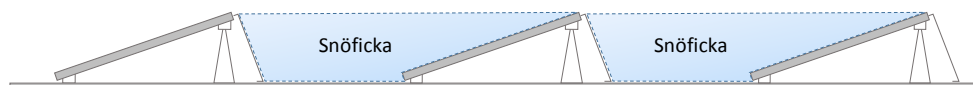
- Det går inte att på ett rationellt sätt skotta mellan, eller på, solceller. Behöver taket skottas, lämna i så fall ytor för skottning.
- Lämna fria vägar till andra funktioner på tak som behöver enkel åtkomst; exempelvis röjning av istappar.



Figur 25

Två exempel på solcellssystem där ytor lämnats för att möjliggöra skottning.

- Upplutade solcellssystem innebär att ytterligare snö kan ansamlas på taket vilket ökar lasten. Konsultera en konstruktör om osäkerhet kring takets bäring finns.



Figur 26

Vid upplutade system kan snö ansamlas mellan raderna vilket ökar snölasten. Mängden snö beror på hur tätt raderna står och hur mycket systemet lutas upp. En låg upplutning av modulerna ger lägre snölast.

Beställargruppen lokaler, BELOK, är ett samarbete mellan Energimyndigheten och Sveriges största fastighetsägare med inriktning på kommersiella lokaler. BELOK initierades 2001 av Energimyndigheten och gruppen driver idag olika utvecklingsprojekt med inriktning mot energieffektivitet och miljöfrågor.

Gruppens målsättning är att energieffektiva system, produkter och metoder tidigare ska komma ut på marknaden. Utvecklingsprojekten syftar till att effektivisera energianvändningen samtidigt som funktion och komfort förbättras.

Gruppens medlemsföretag är:

AMF Fastigheter
Akademiska Hus
Castellum/Corallen
Fabege
Fastighetskontoret Stockholms stad
Fortifikationsverket
Hufvudstaden
Jernhusen
Locum
Lokalförvaltningen - LF
Malmö Stad Serviceförvaltningen
Midroc
Skandia fastigheter (f.d. Diligentia)
Skolfastigheter i Stockholm - SISAB
Specialfastigheter

Statens Fastighetsverk
Swedavia
Vasakronan
Västfastigheter

Till gruppen är även knutna:

Statens Energimyndighet
Boverket
Byggherrarna
CIT Energy Management



www.locum.se

Locum AB är en av Sveriges större fastighetsförvaltare med ett fastighetsbestånd på cirka 2 miljoner m² lokaler i Stockholms län. Bland hyresgästerna dominerar sjukvården i länet. Locum AB ägs av Stockholms läns landsting.

2015-01-15

Locum AB
Östgötagatan 12, Box 17201, 104 62 Stockholm
Tel: 08-123 170 00. Fax: 08-694 72 10
E-post: locum@locum.se, www.locum.se/miljo

locum.

VÄRDEN FÖR VÄRDEN