



Myndigheten för
samhällsskydd
och beredskap

Operativ metodik vid insatser där det finns solcellsanläggningar

Vägledning



Operativ metodik vid insatser där det finns solcellsanläggningar

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB)

Enhet: Enheten för räddningstjänst

Foto: PerOla Malmquist, sidan 9, 11, 14, 15, 40, 42, 44, 46, Ola Bonder, sidan 38,
Solar Edge, sidan 10, Tesla, sidan 12, Box of Energy, sidan 18.

Illustrationer: Martin Ek, Eken Produktion.

Produktion: Advant Produktionsbyrå

Tryck: DanagårdLitho

Publikationsnummer: MSB1249 - februari 2019

ISBN: 978-91-7383-858-0

Innehåll

Inledning.....	6
Termer och begrepp	6
Medverkande i arbetet	7
Systemuppbyggnad av solcellsinstallationer.....	8
Systemet	8
Solfångare kontra solceller	9
Olika typer av solesystem.....	10
Komponenterna i systemet	11
Olika typer av avstängningar och vad de stoppar.....	15
Batterilager för energi	18
Riskerna	19
Elektricitet	20
Brandsläckning och livräddning vid elektriska risker	22
Riskområde och säkerhetsavstånd.....	22
Riskminimering under och efter en räddningsinsats	28
Omedelbar åtgärd	28
Aktivera nödstopp.....	28
Stäng av växelriktaren.....	28
Bryta strömmen mellan panelerna.....	28
Spärra av för nedfallande delar	29
Använd säkra släckmedel och metoder.....	29
Övertäckning	30
Ansvar för metodval	30
Efter räddningsinsatsen	30
Insatsmetodik.....	31
Starta som vanligt.....	31
Om det finns egenproducerad ström på objektet.....	31
En gång under insatsen	31
Solcellsrelaterade arbetsuppgifter.....	32
Under hela insatsen	33
Avslut av insatsen	34

Hjälp som underlättar insatsen	35
Insatsplan på objektet	35
Register över anläggningar	35
Expert på solcellssystem	35
Skyltning	36
Praktikfall – hur man kan hantera solceller vid olika händelser och installationer.....	38
Praktikfall 1: Villabrand med synliga solpaneler.....	38
Praktikfall 2: Lada med solcellsmoduler.....	40
Praktikfall 3: Byggnad med solcellspaneler på vägg	42
Praktikfall 4: Stor solcellsanläggning på ett industritak.....	44
Praktikfall 5: Stor solcellsanläggning på ett flerfamiljshus.....	46
Litteraturförteckning	48

Inledning

Denna vägledning riktar sig i första hand till räddningstjänstens personal. Syftet är att öka kunskapen hos personalen och därmed öka säkerheten vid insatser där solceller förekommer.

Allt fler börjar installera solcellsel. Detta innebär att varje år ökar sannolikheten för att räddningstjänsten ska råka ut för bränder där solceller är inblandade.

Vägledningen beskriver en insatsmetodik som man kan använda för att kunna göra en säker insats när det finns solcellsanläggning på en byggnad. Tanken är att den metodik som vi beskriver här även ska fungera på andra system med mikro-producerad elektricitet, även om vi inte beskriver dessa system i vägledningen.

Metodiken som vi beskriver är baserad på en minimal utbildningsnivå för att vara så säker som möjligt för insatspersonalen. Med tiden kan varje enskild räddningstjänst välja att öka kunskapen om solenergisystem och hur de ska hantera dessa, vilket kan ge en mer effektiv insats på sikt.

Kunskapen är främst baserad på två tidigare MSB-dokument, källa (1) och (2), även om det finns hänvisningar till ett flertal andra källor. Dock har det framkommit helt ny kunskap (3) under detta projekt vilket har medfört att säkerhetsavståndet vid brandsläckning har förändrats och blivit större.

Ett något udda val som vi har gjort är att utgå från att det finns anläggningar som inte uppfyller de elregler som finns, till exempel där man har köpt material eller utrustning via internet som inte är godkänd i Sverige och sedan monterat den utan tillräcklig kunskap. Detta medför att insatsmetodiken i vissa fall blir ganska defensiv.

Det kan också vara nödvändigt att göra en väldigt defensiv insats, till exempel på grund av att anläggningsägarna eller innehavarna inte har gjort någon insatsplan för anläggningen. Detta är dock något som man enkelt kan åtgärda genom att göra en bra insatsplan som beskriver den aktuella installationen.

För att kunna göra en riskbedömning och använda insatsmetodiken är det nödvändigt att ha en viss kunskap om vilka komponenter som ingår i ett solcellssystem och om deras funktion. Därför inleder vi detta dokument med en genomgång av systemkomponenter och hur en systemuppbyggnad ser ut idag. Lika grundläggande är det att man förstår hur en elektrisk krets fungerar och när elektricitet kan bli farlig, så även detta avhandlar vi i dokumentet.

Termer och begrepp

I dokumentet används vardagliga begrepp för elektricitet och för olika komponenter i elektriska anläggningar. De begreppen kan avvika från gängse beteckningar som används av elektriker och andra professionella inom området elektriska installationer och anläggningar.

Det finns många fristående solcellsanläggningar i samhället idag, men i det här dokumentet har vi bara beskrivit händelser där bränder har uppstått i eller i anslutning till byggnader där solceller finns installerade.

Medverkande i arbetet

Huvudförfattare har varit Per-Ola Malmquist. I arbetsgruppen och för referensarbetet har ingått representanter för flera räddningstjänster och för MSB. Från Räddningstjänsten Oskarshamn Nils-Inge Hagman, Johannes Strömberg och Martin Arvidsson. Från Räddningstjänsten Syd Ulrika Lindmark. Från MSB:s skola i Revinge Ola Folkesson och Ola Bonder. Från MSB:s skola i Sandö Nils Bergström. Från MSB:s enhet för stöd till räddningstjänst Tore Eriksson och från enheten för utbildningssamordning Kristina Malmstedt Svensson.

Material och underlag har insamlats från de Nordiska länderna samt från flera länder i EU.

Från Frankrike har vi erhållit moderna testresultat vad gäller praktiska försök för fastställande av riskavstånd från strömförande delar vid användande av vatten som släckmedel. Detta underlag resulterade i en revidering av riskavståndet för användande av spridd stråle.

Systemuppbyggnad av solcellsinstallationer

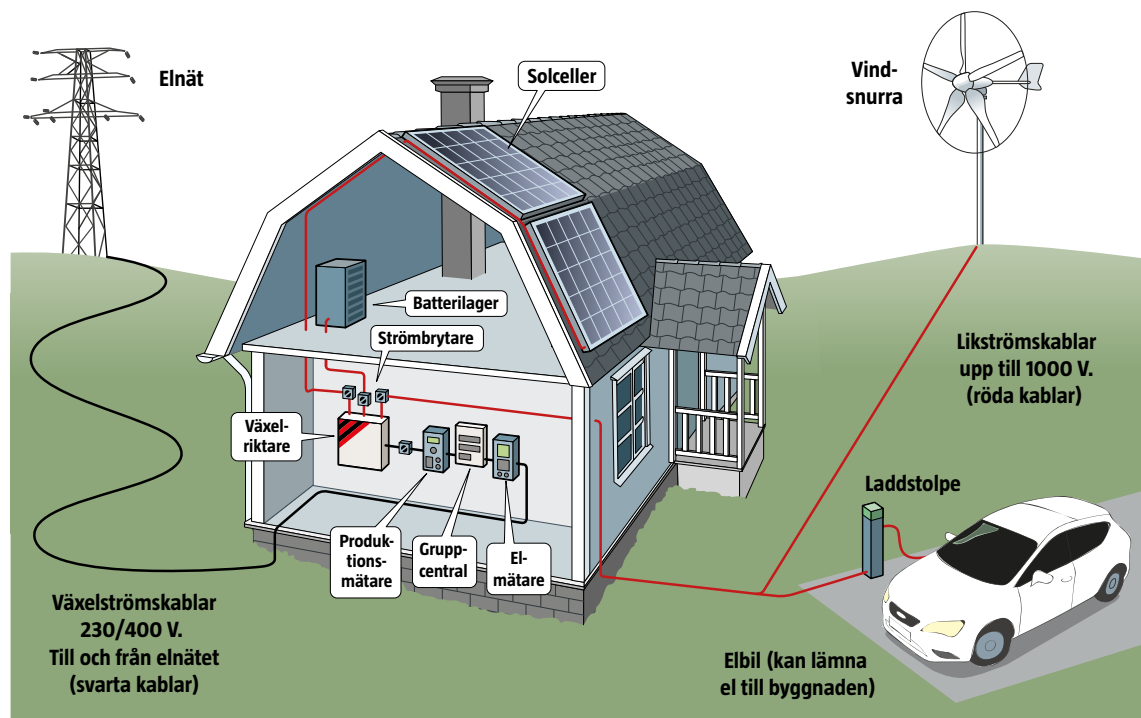
I detta avsnitt beskriver vi de komponenter som ingår i solcellssystem grundläggande – kunskap som är väldigt viktig för räddningstjänsten. För att kunna göra bra riskbedömningar, utan att överdriva de risker som personal kan utsättas för, så är det viktigt att ha en grundläggande kunskap om solcellernas komponenter, elektricitet och risker.

Systemet

När ljus träffar modulerna (panelerna) omvandlas ljuset till elektricitet i form av likspänning. Likspänningen transporteras sedan till en växelriktare där den omvandlas till växelspänning. Det är växelspänningen som man använder i byggnadens normala elsystem.

Om solcellerna producerar mer energi än vad som förbrukas i byggnaden så kan överskottet levereras ut i det allmänna elnätet. I vissa anläggningar lagras man också energin i batterilager i byggnaden, som kan användas vid tillfällen när solcellerna inte levererar tillräckligt med energi för byggnadens behov.

Räddningstjänstmässigt är det ett problem att man inte kan stänga av vissa delar av detta system, eftersom man först måste identifiera vilka dessa är för att kunna släcka branden på ett säkert sätt.



Systemskiss över möjliga delar i ett solenergisystem.

Solfångare kontra solceller

Solfångare och solceller för elproduktion monteras vanligen på tak, och kan vara förvillande lika varandra. Skillnaden är att solfångare producerar varmvatten istället för el.



Solfångare för varmvattenproduktion.



Solceller för elproduktion.

Ifall en solfångare går sönder så kan innehållet, det vill säga varmvattnet, spruta ut och orsaka allvarliga personskador i form av brännskador.

Man kan känna igen solfångare genom att skymta dess rör genom glaset, eller genom att titta efter det rör som går från anläggningen går in i byggnaden. Ofta är solfångare också tjockare än solceller, men eftersom utseendet på dessa kommer att förändras över tid så kan vi inte ge några exakta råd för hur man ska kunna skilja dem åt.

Det är därför viktigt att personal inom räddningstjänsten lär sig om olika typer av anläggningar och försöker hålla sig uppdaterade kring utvecklingen inom området för att kunna skilja på de två olika typerna.

Olika typer av solesystem

Utvecklingen på området går snabbt, och när du läser detta så finns det troligen fler system än de som vi beskriver här.

Vidare finns det olika varianter av installationer och system som är värda att nämna, eftersom en sådan grundläggande kunskap kan innebära att man snabbt kan fastställa mindre riskområden i samband med brand.

En särskild insatsplan ökar förutsättningarna för en mer offensiv, och därmed värderäddande, insats från räddningstjänsten. Det är därför viktigt att personer som installerar solesystem också upprättar en insatsplan som räddningstjänsten kan ta del av.

Solcellsmoduler utan intelligens

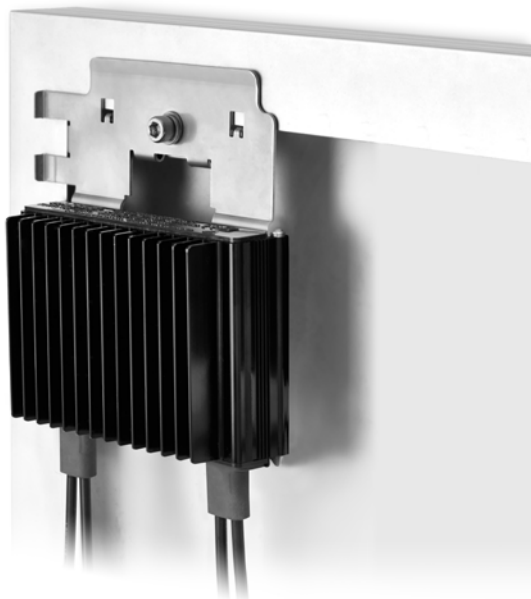
Idag består de flesta installerade systemen av solcellsmoduler som är kopplade i serie (en sträng) med likströmskablage till en växelriktare. Om det inte har installerats några särskilda brytare så ska man alltid betrakta alla solcellsmoduler, ledningarna mellan dessa och växelriktaren som strömförande.

Solcellsmoduler med optimerare

Ibland förser man enskilda solcellsmoduler med en modulkontroll. Detta gäller både enskilda solcellsmoduler som har inbyggda optimerare och vanliga "ointelligenta" solcellsmoduler (som är ensamma eller tillsammans med ytterligare en modul).

En modulkontroll gör det lättare att stänga av den enskilda modulen, och förhindrar dessutom att det finns spänning i likströmskablarna mellan panelerna och växelriktaren.

Dessvärre finns sällan några särskilda kännetecken på denna typ av paneler, utan man får helt enkelt förlita sig på eventuell insatsplan.



Optimerare som placeras vid modulerna. Bild: SolarEdge

Växelriktare på paneler

Det finns en typ av solcellsmodul som omvandlar likspänning till växelspanning uppe vid panelen. Denna typ är (i skrivande stund) ovanlig i Sverige, så vi kommer inte att beskriva den mer i detta dokument.

Självförsörjande byggnader utan ström utifrån samt byggnader som ska hantera strömavbrott

I dagsläget ska alla system vara uppbyggda på ett sätt som gör att solcellssystemet slutar att fungera ifall den inkommande strömmen till byggnaden försvinner. Solcellerna fortsätter då att producera spänning, men den omvandlas inte till energi för byggnaden. Det finns även anläggningar som inte är byggda enligt gällande regler och som fortsätter att driva elektricitet trots att yttre nät är brutet.

Det finns dock system, både för fritidshus och vanliga byggnader, som är avsedda att kunna fungera utan yttre nät – till och med när det blir strömavbrott på utsidan. Eftersom det blir allt vanligare med ett batterilager i byggnader så kommer det troligtvis också att bli vanligare med byggnader där systemet fungerar ifall strömmen bryts till byggnaden.

En regelmässig förutsättning för detta är att det inte kan uppstå några bakströmmar, som går ut på ett i övrigt spänningslöst elnät. Det finns dock ett flertal exempel på tillfällen där denna typ av system har installerats utan att man försäkrat sig om att ström inte har kunnat gå ut kan gå bakvägen ut i elnätet.

Komponenterna i systemet

En enskild solcellsmodul

Ett solcellssystem består av flera solcellsmoduler, som ofta är monterade sida vid sida. Man känner ofta igen dessa genom att det finns en ram av något annat material runt panelen.



Solcellsmoduler där man ser delar av ramen.

Utvecklingen går som sagt snabbt framåt, och nu för tiden kan solcellsmoduler utformas som exempelvis takpannor, genomskinliga filmer i fönster eller färdiga tak. De finns inte i Sverige när detta dokument skrivs. Det är därför viktigt att följa utvecklingen på området.

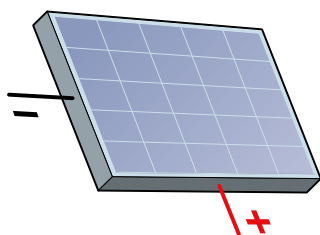


Fyra olika typer av solceller utformade som takpannor.

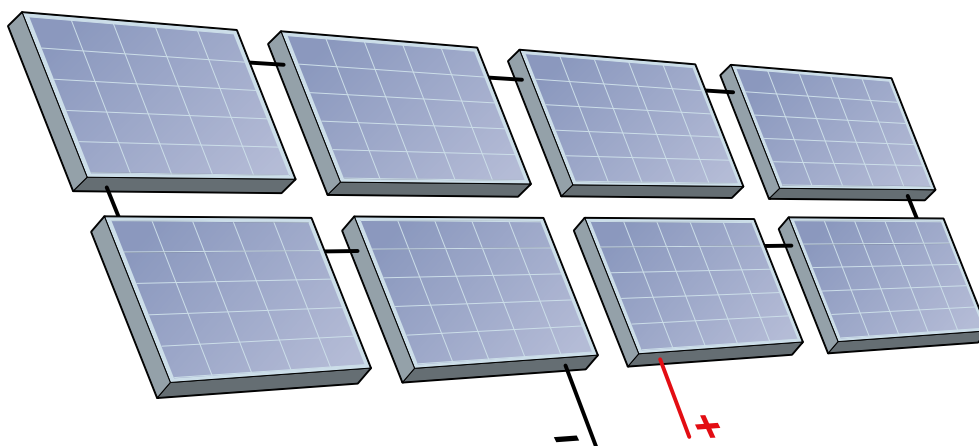
En solcellsmodul går normalt inte att stänga av. Därför ska man alltid betrakta en solcellsmodul som strömförande – om man inte med säkerhet vet att det är en typ som har särskild intelligens som medför att den enbart levererar ström om den är inkopplad till en växelriktare.

En modul har alltid en plus- och en minuspole (se figur på nästa sida). Flera moduler kan kopplas samman i serie och bildar då en sträng (se figur på nästa sida). Av praktiska skäl begränsas den totala spänningen från en sträng av moduler till 1000 volt.

Precis som med enskilda solcellsmoduler så ska alltid en sträng av moduler alltid ses som strömförande.



En solcellsmodul har vanligen 48V eller 24V likspänning.



En sträng är seriekopplade paneler och kan leverera upp till 1000 V.

Det går att bryta kretsen i strängen genom att koppla loss seriekopplingen. För att göra detta på ett säkert sätt krävs att man har stängt av växelriktaren och har tillräcklig kunskap om anläggningens utformning. Det är nämligen inte säkert att systemet endast består av en sträng. Det är inte heller säkert att det går att se på systemet vilka solcellsmoduler som tillhör de olika strängarna. Observera att spänning finns i brytstället.

En byggnad kan ha ett flertal strängar med solcellsmoduler. Det finns då flera ledningar från strängarna till växelriktarna, och man måste ha full kännedom om systemets uppbyggnad för att kunna bryta strömmen på ett säkert sätt.

Kabel mellan solcellsmoduler och växelriktare

För att kunna bestämma korrekta riskområden vid en insats är förläggningen av kabeln mellan solcellsmodulerna och växelriktaren en av de viktigare sakerna att identifiera.

I de flesta system är denna förbindelse en eller flera likströmskablar med spänning upp till 1000V. Plus och minus kan se likadana ut då det inte finns några krav på färgmärkning av ytterhöljet. Man ska därför alltid betrakta dessa kablar som strömförande ända tills de är fränkopplade i båda ändarna.

I många fall sitter den enda strömbrytaren på dessa kablar framme vid växelriktaren. I vissa installationer kan det finnas ett flertal strömbrytare, ibland någonstans längs med kabeln nära solcellerna. I andra, mer ovanliga, installationer kan strömmen behöva brytas upp vid panelerna.



Kablarna från solcellerna är ofta utformade som enledare. De fyra kablar vi ser här är plus och minus till två strängar.

Växelriktare

I växelriktaren omvandlas strömmen från likström till växelström. Strömmen anpassas så att den sedan kan skickas ut i byggnadens elnät, alternativt levereras ut i det allmänna elnätet ifall inte byggnaden använder all den ström som produceras. När växelriktaren är påslagen så är likströmskretsen till solcellsmodulerna sluten.

I villainstallationer är växelriktaren ofta placerad i anslutning till inkommande el, men det finns inga regler för exakt placering. Vissa växelriktare är placerade utomhus, eller i en annan byggnad än solcellsmodulerna.



En blå växelriktare. Strömbrytaren är markerad med en röd pil.

Ur ett riskbedömningsperspektiv är det viktigt att det går att identifiera både en eventuell säkerhetsbrytare och den likströmskabel som går mellan solcellsmodulerna och växelriktaren. För att minimera behovet av säkerhetsavstånd under brandsläckningen så bör man se till att det går att bryta strömmen så nära solcellsmodulerna som möjligt

Även om man stänger av en växelriktare så kan den ha en avsevärd laddning kvar, även en stund efter att man har stängt av den. Leverantörer säger ofta att det tar fem minuter innan laddningen försvinner. Så bryt bort växelriktaren på båda sidor om växelriktaren för att vara säker på att ingen ström går ut bakvägen under dessa fem minuter.

Växelriktarens placering är avgörande för såväl risker vid installation som för riskbedömningen i samband med brand. Om växelriktarna är placerade utomhus och det inte finns någon likströmskabeldragning inne i byggnaden så behöver man inte oroa sig för riskerna från solcellssystemet – så länge branden håller sig på insidan av byggnaden.



Ett flertal växelriktare utomhus.

Olika typer av avstängningar och vad de stoppar

Nödstopp och avstängningar för ett solenergisystem kan både se ut och benämnas på många olika sätt. Det finns ingen standard för hur de ska utformas eller benämnas, och det finns inte heller någon koppling mellan vad de kallas och hur det är utformat.

För att kunna göra en effektiv räddningsinsats är det därför viktigt att det finns en dokumentation över systemet, som tydligt visar denna typ av information kring nödstopp och avstängning för det aktuella systemet. Gemensamt för samtliga varianter är dock att det kan gå att bryta vissa delar av systemet på olika platser, och att strömmen inte nödvändigtvis bryts på samma plats som knappen sitter.

Brytare för växelriktare

Starkströmsförordningen (1) säger att det ska finnas en strömbrytare på varje sida om växelriktaren. Det finns däremot inga krav på att de ska vara utformade på något särskilt sätt, och inte heller några krav på var de ska placeras fysiskt. Detta medför att det kan vara svårt att identifiera dessa strömbrytare, både i små och stora anläggningar.

Sammantaget innebär detta att det kan vara svårt att lokalisera brytarna, såvida inte installatören ansträngt sig för att göra det tydligt. Genom att bryta strömmen på båda sidorna om växelriktaren kan man dock försäkra sig om att växelriktaren är avstängd, och att ingen kvardröjande laddning i växelriktaren kan sprida sig i kablarna mellan växelriktaren och solcellsmodulerna. Om man däremot enbart stänger växelriktaren så finns det en risk för att kvardröjande laddning kan spänningssätta kablarna.

Knappen eller brytaren för nödstopp eller avskiljning av systemet

Knappen eller strömbrytaren för nödstopp eller frånskiljning av solcellsmodulerna kan se liknande ut – men har väldigt olika funktion. Att få reda på stoppknappens funktion i det aktuella systemet är avgörande för att kunna minska riskområdet. Dessutom kan knapparna benämnas på samma sätt – men ha olika funktion. ”Brandmansbrytare” eller ”nödstopp” är två av benämningarna, men det finns säkert fler.

Brytare för intelligenta system

Det finns solcellsmoduler med en intelligens uppe vid solcellsmodulen som känner av både när växelriktaren är igång och när man nödstoppar systemet. Vid eventuell felfunktion så slutar solcellsmodulen automatiskt att leverera ström, vilket innebär att det inte finns någon farlig ström mellan solcellsmodulerna och växelriktaren.

Intelligenta system kallas ibland för ”system med optimerare” eller ”system med modulär kontroll”. Denna typ av system har många fördelar, till exempel kan man utnyttja solcellsmodulerna optimalt eftersom det går att ha systemet delvis i skugga utan att tappa i effektivitet.

Om man vill bryta strömmen uppe vid panelerna på dessa system kan man till exempel:

- stänga växelriktaren,
- bryta strömmen som driver växelriktaren,
- trycka på en nödstoppsknapp eller brandmansbrytare som stoppar växelriktaren och därmed också modulernas möjlighet att leverera ström.

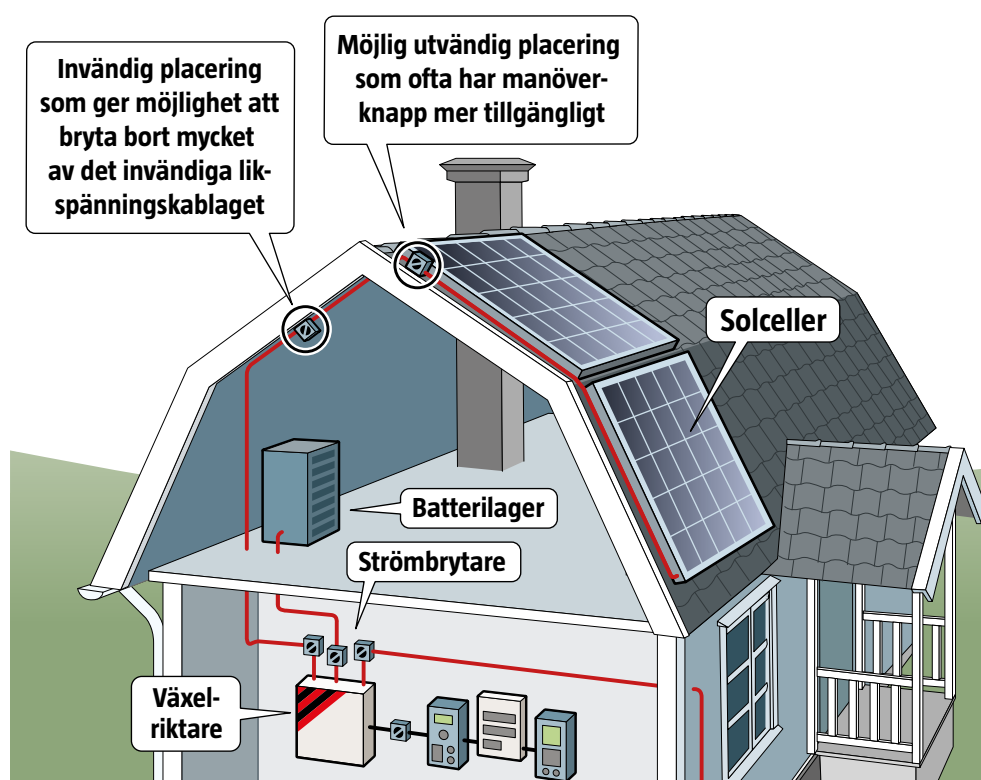
Det finns även växelriktare med inbyggda optimerare, men ur ett riskperspektiv har dessa inte samma fördelar som de system som har en optimerare vid panelerna.

Brytare på likströmskablage

En vanlig lösning är att man installerar en strömbrytare någonstans på likströmskablarna mellan solcellsmodulerna och växelriktaren. Dessa kallas även för nödstopp, brandmansbrytare eller liknande namn.

Att bryta strömmen på likströmskabeln medför att det finns spänning kvar i kablarna mellan solcellerna och brytaren. Det kan också finnas energi kvar i växelriktaren som kan nå fram till brytaren från det hållet, men den försvinner cirka fem minuter efter att man har stängt av växelriktaren.

I vissa system finns det undantag från urladdningstiden, vilket bör stå med i anläggningens dokumentation eller i ägarens insatsplan (om det finns en sådan).



Exempel på olika placeringar av strömbrytare på likströmskablage. Det är mer fördelaktigt att kunna bryta strömmen nära solcellerna.

En risk som har uppmärksammats är att denna typ av strömbrytare på likströmskablarna plötsligt kan börja leda ström igen, till exempel ifall den påverkas av brand eller överslag genom att kontaktytorna råkar komma i kontakt med varandra. Ifall det brinner inuti eller runt om en strömbrytare nära likströmskabeln så bör man förutsätta att strömbrytaren inte fungerar (såvida det inte finns andra indikationer).

Brytare på likströmskablage med spänningsfallsbrytning

Det finns en annan typ av strömbrytare, som också bryter strömmen på likströmskablarna mellan solcellerna och växelriktaren. Denna variant av likspänningsbrytare slår dock ifrån om det blir ett spänningsfall till växelriktaren, det vill säga om strömmen som försörjer växelriktaren med ström bryts, så kommer den att bryta strömmen automatiskt.

Denna typ av strömbrytare underlättar en eventuell räddningsinsats eftersom den inte kräver någon separat manövrering – men det är avgörande att det finns dokumenterat var brytningen sker någonstans.

Batterilager för energi

Man kan lagra energi från solcellsmoduler i batterilager. Syftet är att kunna spara egenproducerad energi som man kan använda vid ett senare tillfälle. På detta sätt ökar man graden av självförsörjande.

Ett batterilager kan se ut som ett skåp utan några särskilda kännetecken. De kan till exempel vara tillverkade av återanvända batterier från elbilar. I detta fall är de kasserade på grund av minskad lagringskapacitet, vilket gör dem mindre lämpliga för fordon – däremot räcker kapaciteten där det inte är lika viktigt med lagringskapacitet per viktenhet.

Med andra ord kan samma kemiska och elektriska risker som finns i elbilar även finnas i en byggnad. Genom att känna till brandsläckning och risker med elbilar går det att anpassa brandsläckningen till denna typ av batterilager.

Vissa metoder som kommer att utvecklas för brandsläckning av elbilar kan dock vara svåra att tillämpa i byggnader, och då måste man komma ihåg att risken ändå är densamma. I detta dokument kommer vi inte att uppmärksamma dessa icke-elektriska risker mer än så här.

En särskild risk att uppmärksamma om det brinner i ett batterilager är att Litiumjon-batterier avger stora mängder vätefluorid, HF. Vätefluorid är ett hudpenetrerande gift som inte stoppas av vanliga branddräkter. Det handlar om stora mängder vätefluorid som bildas vilket i normala byggnader kan ge en koncentration på flera tusen ppm. I skrivande stund finns det inte några insatsrekommendationer.

FOI anger i en rapport (14) att invändig insats mot batteribränder är att betrakta som en högriskmiljö och att "Vid ett högriskscenario bör användande av kemdräkt och annan skyddsutrustning övervägas. Därtill bör tillgänglighet av motmedel, kalciumglukonat/kalciumglubionat, kontrolleras vid en potentiell exponering för vätefluorid". Då kemdräkter normalt inte kan användas vid brandinsatser konstaterar vi när detta skrivs att räddningstjänsterna arbetsmiljömässigt behöver ta hänsyn till problematiken men att det i nuläget inte finns svar på alla frågor inom området.



"Box of Energy" – batterilager.

Om det finns ett batterilager så är det viktigt att dels identifiera kablarna som går från detta, och dels se om det finns möjlighet att koppla loss batterilagret från resten av systemet.

Observera att en brand i ett batterilager måste hanteras med största försiktighet! Tänk på att ta hänsyn till följande:

- den stora mängd energi som lagras där (den kan urladdas väldigt våldsamt),
- de kemikalier som finns i denna typ av batteri,
- de släckmedel som kan krävas respektive vara direkt olämpliga.

Även fordon som är anslutna till laddstolpar kan användas som batterilager. Det är förvisso ovanligt, men likväl viktigt att veta om eftersom det kan behöva undersökas vid insatser där det finns fordon som är anslutna till laddstolpar. En elbil är oftast ansluten med en sladd som är enkel att koppla loss.

Ström från elnätet

I de allra flesta fall levereras strömmen från elnätet in till byggnaden via en elmätare och en gruppcentral. Där finns det också en huvudavstängning. Nätägaren eller en nätelleverantör kan även uppmanas att bryta den inkommande strömmen utanför byggnaden. Genom att bryta den inkommande strömmen så stängs ofta växelriktaren för solcellssystemet av – men dock inte alltid. När växelriktaren har stängts av så bildar inte längre solcellsmodulerna och växelriktaren en sluten krets, vilket eliminerar vissa risker med systemet.

Ström i byggnaden (400V/230V-nätet)

Den ström som finns i byggnaden för att driva olika maskiner och utrustning är oftast så kallad 1-fas eller 3-fas. Strömmen fördelas ut från gruppcentralen: mellan 1-fas och jord är det 230 volt, och mellan två faser är det 400 volt.

Ett solenergisystem medför ingen skillnad för den ström som levereras ut i byggnaden. Om växelriktaren är avstängd och huvudbrytaren för inkommande el är stängd så finns det inte heller någon ström i byggnadens 400V/230V-system under förutsättning att anläggningen fungerar korrekt.

Riskerna

Metodiken som vi beskriver i detta dokument bygger på att identifiera farliga områden för att minska, eliminera eller undvika risker för att kunna arbeta säkert i dessa områden. Vi har valt att dela in riskerna i “elektriska risker” och i “andra risker”. Beroende på åtgärd så kommer de farliga områdena garanterat att förändras över tid, så det är viktigt att hela tiden omvärdera vilka områden som är farliga.

Man kan förfina definitionen av farliga områden när man kommit en bit i insatsen och börjar få grepp på anläggningen och vilken insats som krävs. Det farliga området kan då röra sig om delar av rum, både horisontellt och vertikalt.

Elektricitet

När är strömmen farlig?

Eftersom riskbedömningen vid en operativ insats av naturliga skäl inbegriper stora osäkerheter så nöjer vi oss med att anta att ström är farlig i nedanstående resonemang. Vi antar att det är farligt för en person att bli en del av en sluten strömkrets. Förvisso skulle detta innebära att personen antingen drabbas av små, ofarliga strömmar eller av större, farliga strömmar – men för att vara på den säkra sidan väljer vi att säga att en brandman inte ska bli en del av en sluten strömkrets över huvud taget.

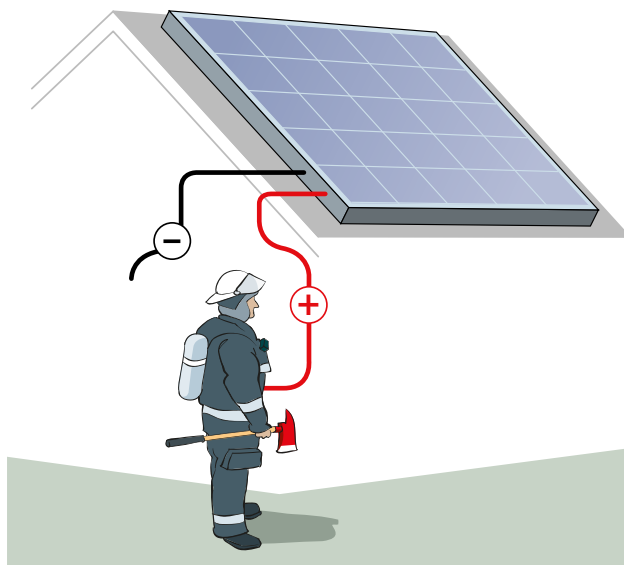
Det krävs en sluten krets för att det ska vara farligt

För att kunna göra en rimlig riskbedömning vid en insats där det finns solcellsmoduler som genererar ström, så är det viktigt att komma ihåg att det är i slutna kretsar som det transporteras ström. Så: det är när brandmannen blir en del av en sluten krets som det kan bli farligt.

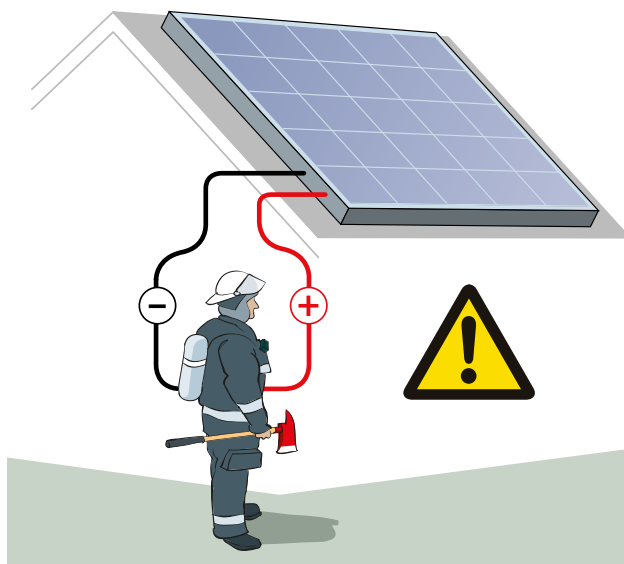
Även styrutrustning, till exempel en hävare eller maskinstege, kan gå sönder om fordonet blir en del av den slutna kretsen. Om styrutrustningen på ett höjdfordon går sönder så kan detta i sin tur medföra att höjdfordonet slutar att fungera.

I en sluten likströmskrets flyter strömmen mellan polerna. Om det inte finns någon förbindelse till jord så kallas denna typ av anläggningar för "frisvävande". I många, men inte alla, likströmsinstallationer så är minuspolen ansluten till jord. Solcellsanläggningar finns därmed både som jordade och frisvävande system. Vi har dock valt att betrakta alla system som jordade eftersom det är så svårt att veta vilken typ av system som man är i kontakt med. Dessutom kan frisvävande system bli jordade på grund av skador i samband med brand.

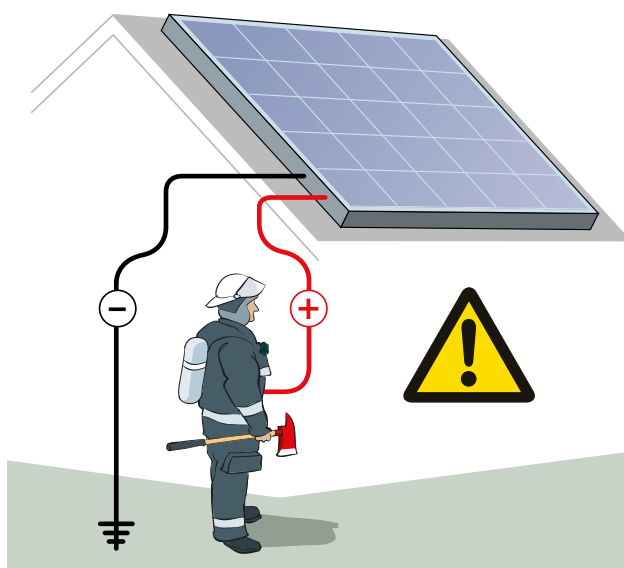
När man ska bedöma ifall en situation är farlig så antar vi därför att fara uppstår om personen blir en del i kretsen, mellan plus och minus eller mellan plus och jord.



En person som enbart är i kontakt med en av polerna på en frisvävande anläggning får ingen ström genom sig.



När en person blir en del av en sluten krets, här mellan plus och minus, är det farligt.



Om det är ett jordat system (vilket vi antar att det alltid är) så kan en farlig, sluten krets uppstå även om personen bara rör pluspolen och sen råkar vara i kontakt med jord via en vattenpöl eller ledande byggnadsdelar.

Att mäta spänning i solcellssystem

Beröringsfria spänningsprovare ger inte något utslag på likspänning. Eftersom solpanelerna levererar likspänning så måste spänningsmätningen ske med ett instrument som är i kontakt med ledande material.

Eftersom man inte kan vara säker på hur strömkretsen flyter om det finns skador på systemet så är det svårt att mäta strömmen korrekt på byggnadsdelar och annat ledande. Det finns med andra ord inget säkert sätt att mäta, utan man bör arbeta med att stänga ner så stora delar av systemet som möjligt, och därefter arbeta på ett säkerhetsavstånd från det man bedömer som strömförande.

Brandsläckning och livräddning vid elektriska risker

Vid en räddningsinsats där det finns solceller så kommer det att finnas större eller mindre områden med strömförande detaljer. Dessa områden kan komma att ändras under insatsens gång. En nyckel för att kunna släcka en sådan brand på ett säkert sätt är att vara väldigt noggrann med att identifiera och kommunicera vilka områden som är farliga, och att därefter välja den arbetsmetod som känns säkrast för det man vill uppnå.

Bästa säkerheten under själva räddningsarbetet uppnår man genom att arbeta på ett säkert avstånd från det man bedömer som strömförande komponenter eller byggnadsdelar (beroende på arbetsmetod och släckmedel). Det kan också vara viktigt att arbeta med fördröjande insatser medan man minskar riskområden och tar reda på mer fakta om solcellssystemet.

Dessvärre finns det installationer där man inte hinner få fram tillräcklig kunskap i tid, eller där systemet är utformat på ett sätt som gör det omöjligt att genomföra en säker räddningsinsats. I dessa fall är det viktigt att acceptera läget, och samtidigt dokumentera orsaken till varför man valt en defensiv insats.

Riskområde och säkerhetsavstånd

Vi använder fortsättningsvis beteckningarna "riskområde" och "säkerhetsavstånd" för att beskriva ett visst område och avstånd. Benämningarna är hämtade från Brandskyddsföreningens handbok: Elsäkerhet vid räddningsinsats (1) och Svensk standard SS-EN 50110-1 (2).

Riskområde avser området kring spänningssatta delar, inom vilket den isolationsnivå som ska förhindra elektrisk fara inte är säkerställd vid intrång i området utan skyddsåtgärder (SS-EN 50110-1 (3)). Ett riskområde är med andra ord ett område där man inte ska vistas med kroppsdelar eller verktyg. Det kan även förekomma riskområden på grund av andra risker på en skadeplats, men ett riskområde för elrisker ska aldrig beträdas.

Riskavstånd avser ett, för varje spänning, fastställt minsta avstånd till oisolerad spänningsförande del. Inom detta riskavstånd finns det en direkt personfara. Man får inte komma inom riskavståndet med vare sig kroppsdel, verktyg, redskap eller materiel. (1). Riskavstånd för spänningar under 50 000 volt är 0,5 meter enligt boken Elsäkerhet vid räddningsinsats (2).

Säkerhetsavstånd avser det minsta avståndet från oisolerad spänningsförande del till angiven kroppsdel, verktyg, redskap eller materiel som behövs för att man inte ska riskera att komma inom riskområdet. Från detta avstånd ska inte heller släckmedel kunna leda ström som kan innebära personfara. Man ska dock ta hänsyn till släckmetod och släckmedel (1).

De delar av anläggningen som påverkats av brand, ras eller något annat som har förstört kablage, kontakter, dosor och liknande ska – till dess man är säker på att de är strömlösa – hanteras med både risk- och säkerhetsavstånd. Detta innebär att det är säkert med en viss marginal att röra sig på ett avstånd av 0,5 meter från det man bedömer som strömförande delar. Det går att släcka bränder om man tillämpar de säkerhetsavstånd som finns för respektive släckmedel och påföringsmetod.

Som vid alla insatser med elektricitet så kan vatten, blöta kläder och vattenpölar öka riskerna under en räddningsinsats och måste därför beaktas. Även i detta fall beror riskerna på hur solcellssystemet har påverkats av branden, och ska därför bedömas från fall till fall. För att fara ska kunna uppstå så måste det bildas en sluten krets mellan brandmannen och solcellssystemet. Det kan exempelvis vara släckstrålen, elektriskt ledande byggnadsdelar eller något annat ledande som skapar den slutna kretsen.

Säkerhetsavstånd vid brandsläckning

Eftersom ett solcellssystem normalt aldrig kommer upp över 1000 volt så är det säkerhetsavstånden i tabellen som rekommenderas i Sverige.

Tänk på att säkerhetsavstånd både gäller horisontellt och vertikalt, och att det är närmsta vägen som beräknas. Tänk på att även vattenpölar och fuktiga väggar som leder ström kan medföra att riskområden förändras under insatsen. Med tanke på detta kan det vara fördelaktigt att använda en metod som inte skapar överskottsvatten.

Rekommendationer för säkerhetsavstånd är ofta generella. Det kan finnas vissa tillverkare som ger andra rekommendationer för säkerhetsavstånd när deras släckmedel eller släckutrustning används. När en tillverkare anger ett visst säkerhetsavstånd så är det viktigt att fråga hur de kommit fram till detta, så att den testmetod som de har använt sig av stämmer överens – både med sättet som släckmedlet kommer att användas på och med sättet som säkerhetsavståndet bedöms på.

Säkerhetsavstånd vid brandsläckning där solceller finns installerade

Sötvatten, sluten stråle	10 meter
Sötvatten, spridd stråle	3 meter
Pulver	1,5 meter
Koldioxid	1,5 meter

- Endast godkända tillsatsmedel ska användas i släckvattnet
- Skum ska inte användas
- Saltvatten ska inte användas



Säkerhetsavståndet är avståndet fram till det gröna området.



Säkerhetsavstånd skiljer mellan sluten stråle och spridd stråle.

Dag eller natt

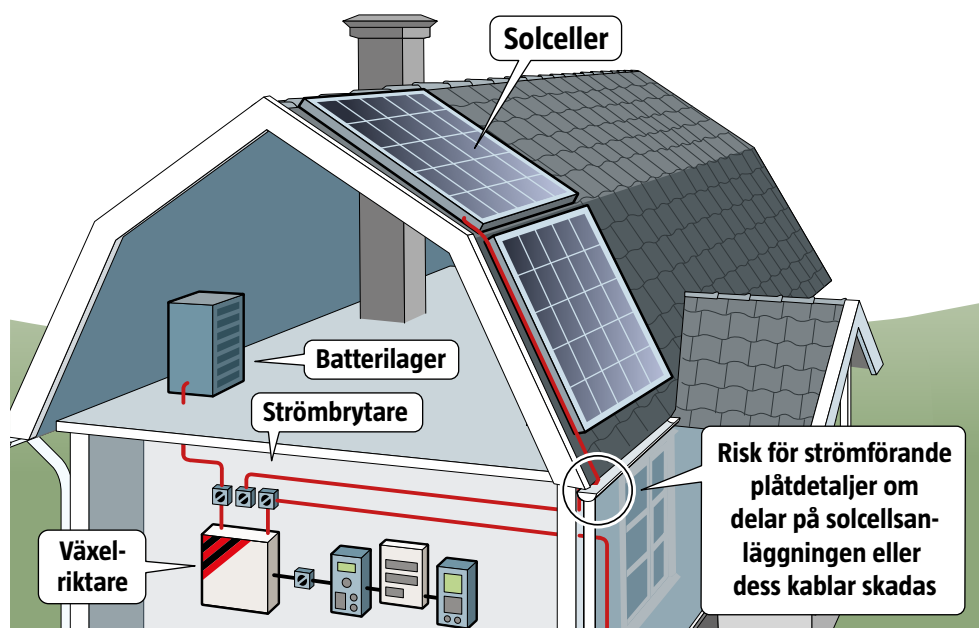
Varken lagar, förordningar, föreskrifter eller standarder gör någon skillnad på om det är dag eller natt när räddningsarbete ska ske på solcellsanläggningar. Om det är mörkt ute är det givetvis mindre risk för farlig spänning i solcellspanelerna, men man ska alltid betrakta inkopplade installationer som farliga oavsett tid på dygnet.

Solceller reagerar på ljus och kan även producera farlig spänning med hjälp av ljus från strålkastare eller ljus från branden.

Ström från plåt detaljer

Det finns exempel på tillfällen där rännor, tak och rör i metall har blivit strömförande (9). I varje enskilt fall måste man bedöma om det finns risk för att det bildas en förbindelse mellan en strömförande del av solcellssystemet och en elektriskt ledande byggnadsdel, samt ifall detta kan medföra en risk för personalen på plats.

Om man misstänker att metall delar i en byggnad är strömförande så gäller riskområden och beröringsförbud även dessa. En uppmärkning av förbjudet område med avspärrningsband är att föredra.



Ström i kryputrymmen

Räddningstjänstens personal kan ibland behöva beträda krypvindar och andra små utrymmen i samband med bränder. Det är dock kanske troligast under eftersläckningen av en brand.

Ifall det brunnit i ett kryputrymme och det finns ledningar från solcellssystemet i utrymmet så ska man inte göra några håltagningar. Man ska inte heller beträda utrymmet förrän man har försäkrat sig om att det inte finns någon ström i de ledningar som går från solcellsmodulerna in i kryputrymmet, alternativt att man är säker på den exakta placeringen av kablarna och kan undvika dessa.

Bedömning av huruvida ett utrymme är strömlöst eller inte bör göras tillsammans med någon som är sakkunnig i det aktuella solcellssystemet, såvida inte insatsplanen är tydlig med anläggningens funktionalitet i detta avseende.

Ström vid vattenbegjutning

Elektriska ledningar är alltid ett problem i samband med brandsläckning. Säkerhetsavståndet mellan strömförande ledningar och en vattensprutande brandman är detsamma, oavsett om det gäller det vanliga elsystemet eller ett solcellssystem. Det senare är farligare, eftersom det inte sitter några säkringar eller jordfelsbrytare på solcellssystemet.

Släckmedelstillsatser måste bedömas i varje enskilt fall, och leverantören av släckmedelstillsatsen bör kunna redovisa vilka säkerhetsavstånd som gäller (bland annat beroende på procentinblandning och hur släckmedlet påförs). Det finns tillsatser med samma egenskaper som saltvatten, vilket ökar den elektriska ledningsförmågan. Det finns tillsatser liknande skum, vilket ger ett sammanhängande skumlager med ökad elektrisk ledningsförmåga och så finns det tillsatser som inte påverkar vattnets ledande egenskaper alls.

Det finns utländska dokument om brandsläckning som menar att man inte ska använda skum där det finns solceller (10). Samtidigt står det i andra dokument att skum kan användas, men med säkerhetsavstånd (5) (7). På samma sätt som att vatten kan ha olika ledningsförmåga beroende på vad det innehåller, så kan skum ha olika ledningsförmåga beroende på inblandning och påföringsmetod. Detta faktum kan medföra så pass skiftande rekommendationer från diverse tillverkare.

Om man använder penetrerande släckmetoder, typ skärsläckare och dimspik, så är det extra viktigt att höra med tillverkarna vilka restriktioner som de anger för användande i närheten av elinstallationer som inte går att stänga av.

Dosor som är avsedda för utomhusbruk, och som är klassade enligt IP-klassning, bör man inte betrakta som säkra. IP-klassningen är tänkt att kunna hantera regn och liknande under lågt tryck. Det finns normalt inga kopplingsdosor som klarar av flöde och tryck från brandsläckningsutrustning.

Observera att säkerhetsavstånden gäller strömförande delar – inte byggnaden i stort. Detta innebär att man kan använda skum och vattenbegjuta obehindrat i en del av byggnaden, medan man måste tillämpa restriktioner i andra delar.

Ström och vattenpölar

En vattenpöl kan medföra en stor risk. Exempelvis om det står en brandman i den som samtidigt på något vis kommer i kontakt med en del av solcellssystemet, eller en byggnadsdel, som råkar vara en del av en sluten krets med solcellssystemet. Smutsigt vatten är en bättre ledare än rent vatten, och ett skumtäckte eller vatten med vissa tillsatsmedel kan vara mer ledande än rent vatten.

När man riskbedömer faran måste man se om vattenpölen kan bli en del i en krets av solcellssystemet, eller för övrigt en del i en krets med vilken strömkälla som helst. Om man bedömer att en vattenpöl kan vara strömförande ska man arbeta med vattenpölen precis som om den är en strömförande del. Det vill säga med säkerhetsavstånd och med tydlig information om de risker man bedömer finns med pölen.

Risker beroende på installationsmaterial, utförare och ålder

Om anläggningen är byggd av egenimporterat material med de billigaste kablarna och kontakterna ökar risken för att det ska bli problem. Det är stor skillnad på åldringsbeständigheten och möjligheten att bibehålla isoleringsförmågan över tiden mellan olika produkter. En billig kabel med några år på nacken kan på grund av åldrande tappa skyddshöljet vid ganska liten åverkan av verktyg, vattenstrålar eller liknande. Det har också visat sig vara stor skillnad i kvalitet mellan olika solcellsmoduler.

Nedfallande paneldelar

Solcellsmoduler som påverkas av brand kommer troligen att gå sönder och släppa från sina hållare alternativt att hållaren kommer att släppa. Oavsett vilken anledningen är så finns det en stor sannolikhet att de kan falla ned. Solcellerna är ofta tillverkade av glas vilket kan ge skador på personal.

Håltagning och rivning

Om man har bränder kvar i ett område där det troligtvis finns strömförande komponenter eller byggnadsdelar ska man i första hand släcka på avstånd. Om det inte är möjligt kan det vara klokt att överväga om det är någon brådska med släckningen eller om det finns möjlighet att göra något åt det som genererar strömmen. Ett alternativ kan vara att låta det brinna eller glöda och enbart förhindra brandspridning.

Ett annat alternativ är att arbeta med elektriskt isolerade rivningshakar för att på ett bättre sätt ge möjlighet att kunna släcka med säkerhetsavstånd.

Om inget av dessa alternativ är möjliga måste man fortsätta arbeta med att kartlägga exakt var strömförande delar finns och frilägga de områden där man är säker på att det inte finns några strömförande byggnadsdelar eller solcells-komponenter. Om inte det är möjligt att identifiera vart strömförande delar finns bör man betrakta hela det osäkra området som riskområde.

Partiklar och gaser vid brand

Solceller som brinner eller är påverkade av brand kan avge ämnen som är mycket giftiga (11). Andningsskydd med övertryck bör övervägas för personal som vistas även i små koncentrationer rök.

Livräddning när det kan finnas ström som inte går att stänga av

Elektriskt isolerade hakar och stänger kan ibland vara det enda sättet att komma åt en person som ligger på en plats där det finns ström som inte går att stänga av. Det är viktigt att leverantören av en sådan stång bekräftar dess användningsområde.

I undantagsfall går det att dra undan personer som är i kontakt med ström genom att dra i deras kläder (2). Det behöver dock ske en riskbedömning i varje enskilt fall innan man provar detta. Tjocklek på kläder, fuktighet, egna skydds-kläder och liknande faktorer inverkar på hur säkert momentet är att utföra.

Riskminimering under och efter en räddningsinsats

Omedelbar åtgärd

När man upptäcker att en brand påverkar ett solcellssystem så finns det mycket information som man behöver ta fram för att kunna arbeta på ett säkert sätt. Livräddande insatser ska man påbörja omedelbart, medan en omedelbar åtgärd i syfte att fördröja branden kan vara ett bra sätt att ”köpa tid” när det handlar om att rädda egendom.

Aktivera nödstopp

Oavsett utformningen på anläggningen så är det alltid bra att bryta strömmen på så många ställen det bara går. Nödstopp, brandmansbrytare eller liknande är en god möjlighet som bör användas så snart man hittat den.

Det är viktigt att veta att det finns flera olika sorters nödstopp. För att kunna veta vad som händer när man trycker på nödstopp, så måste man veta vilken typ av nödstopp som anläggningen i fråga har. Bryter nödstoppen enbart likströmskabeln någonstans mellan panelerna och växelriktaren, eller stänger nödstoppet utgående ström från varje panel?

I det senare fallet, med nödstopp på varje panel, så har man minskat risken för personalen betydligt – medan man i fallet med en brytare på likströmskabeln mellan paneler och växelriktare måste veta exakt var brytningen sker för att kunna bestämma riskområdet när en anläggning brinner.

Stäng av växelriktaren

Genom att stänga av växelriktaren så bryter du strömkretsen. Detta minskar risken för elstötar ifall en kabel skulle gå sönder eller brinna av. Men: trots att växelriktaren är avstängd så kan eventuell kontakt med båda ledarna eller en ledare och jord ge en elektrisk stöt.

Det är därmed ingen garanti att en avstängning av systemet medför minskade riskområden, men det kan ändå minska sannolikheten för att personal ska komma till skada.

Samtidigt som växelriktaren stängs av ska man eftersträva att stänga strömbrytarna på båda sidor om växelriktaren, eftersom det minskar det område som kvarstående laddning från växelriktaren kan påverka.

Bryta strömmen mellan panelerna

Att bryta strömmen mellan panelerna genom att lossa kontakter är en bra åtgärd som minskar risker, eftersom det medför att strömkretsen inte längre är sluten. Brytningen får dock enbart utföras av en fackkunnig person.

I sammanhanget är det viktigt att veta hur många strängar som finns på taket och hur de är placerade för att säkert kunna veta att man brutit strömmen i alla kretsar.

Spärra av för nedfallande delar

Om brand påverkar solcellsmodulerna så är det stor risk att de kommer att falla ner – antingen hela eller i delar. Solcellsmoduler är ofta vassa glasliknande föremål, så det är viktigt att spärra av området i tid. Använd korrekt avspärrning där nedfall kan förväntas.



Avspärrningsband: förbud att passera enligt AFS om skyltar och signaler.

Solcellsmoduler på en husfasad medför en särskild risk om de brinner eftersom det naturliga är att angripa dem underifrån – samtidigt som vi vet att den typ av solcellsmoduler som är vanligast har en tendens att falla ner i samband med brand (7).

Denna risk kan minimeras genom att man spärrar av ett tillräckligt stort område nedanför, samt försöker göra angreppet ovanifrån eller rakt från sidan så att personal inte kan träffas av nedfallande delar. Om detta inte går så bör man överväga en defensiv insats. Tänk också på att stora skivor kan flyga iväg utåt ifall de får luft under sig. Avspärrningen bör därför vara väl tilltagen.

Avspärrningsbandet i figuren är ett exempel som är baserat på en AFS om uppmärkning av risker. Vissa räddningstjänster använder ett system med ”het” eller ”varm” zon med särskilda restriktioner, vilket också går bra att använda.

Solceller som är monterade på en fasad måste uppfylla kraven för fasader enligt byggreglerna. Det finns exempel på ställen i Sverige där man inte har följt dessa regler, och där det finns risk för nedfallande delar vid brand.

Använd säkra släckmedel och metoder

Det gäller att välja släckmedel och släckmetoder som har en låg ledningsförmåga som möjligt, samt att anpassa dessa genom att arbeta med säkerhetsavstånd från riskområden.

En dimspik i metall, som exempelvis kommer i kontakt med en ledande kabel eller byggnadsdel, kan medföra att pumpen som vattnet kommer ifrån blir strömförande. För varje enskilt redskap, släckmedel och användningsmetod behöver arbetsgivaren göra en riskbedömning. Vanligt vatten med ”vanliga” strålrör, och några andra frekvent förekommande släckmedel beskriver vi i detta dokument. För fler eller andra metoder, släckmedel och släckredskap så kan respektive tillverkare säkert bistå med sakkunskap för att det ska gå att göra en rimlig riskbedömning.

Släckmedel med högre ledningsförmåga (konduktivitet) än vatten kräver också ett större säkerhetsavstånd än vatten vid släckning. Och precis på samma sätt kan en lägre ledningsförmåga medföra ett kortare säkerhetsavstånd.

Övertäckning

Övertäckning av små system med presenningar kan vara en möjlighet vid brand. Risken att hantera presenningar samtidigt som man arbetar på höjd och eventuellt vid blåst måste man dock beakta.

Om man tänkt använda sig av presenningar så måste man i förväg veta ifall det är en tät presenning som inte kommer att släppa igenom något solljus. Det förekommer även olika typer av sprayer som man kan spraya på panelerna, vilket stänger ute solljuset och därför eventuellt kan fungera på ett säkrare sätt än presenningar.

Ansvar för metodval

Varje arbetsgivare ska riskbedöma de arbetsmetoder som man väljer att använda i sitt systematiska arbetsmiljöarbete. Detta kan till exempel medföra att en enskild arbetsgivare inte godkänner övertäckning med presenning på små anläggningar, alternativt utvecklar ett säkrare sätt att täcka över med presenning. Detta faktum kan dessvärre medföra att olika räddningstjänster gör olika bedömningar kring vad som är säkra eller osäkra metoder.

Det vi kan vara helt säkra på är dock att nya metoder kommer att fortsätta att utvecklas, allt eftersom man får erfarenhet av bränder i byggnader där det finns solceller. Även dessa nya metoder ska – enligt AFS 2001:1 (12) – vara riskbedömda av arbetsgivaren innan de kan börja användas.

Efter räddningsinsatsen

Arbetsgivare som har personal på gemensamma arbetsställen får inte lov att skada personal från andra arbetsgivare på det gemensamma arbetsstället. Arbetsmiljölagen definierar därför ett gemensamt arbetsställe som ”ett ställe där mer än ett företag eller arbetsgivare driver verksamhet som inte är fysiskt avskilda från varandra eller när verksamhet bedrivs i tidsmässig anslutning till varandra”.

Detta kan tolkas som att räddningstjänsten efter en insats även måste se till att personal från andra arbetsgivare, även personal som kommer till platsen efter insatsen är avslutad, inte får skadas på grund av de åtgärder som räddningstjänsten har vidtagit (eller inte har vidtagit).

Exempel på detta i samband med brand, där solceller har påverkats, är att saker fortfarande kan vara strömförande när annan arbetsgivares personal kommer till platsen. Eller att saker blir strömförande på nytt, eller antänder i samband med att solen går upp och det kommer in energi i systemet igen.

Ett sätt att hantera sådant här är att vara väldigt tydlig i den informationen om kvarstående arbetsmiljörisker som man lämnar till ägaren eller innehavaren av objektet. Ytterligare ett sätt är att märka upp alla farliga områden och punkter som identifieras.



Symbolen om farlig spänning kan användas både ensam eller i kombination med avspärrningsband för att markera områden eller punkter man identifierat som farliga.

Insatsmetodik

Den insatsmetodik som beskrivs i detta dokument är tänkt att kunna fungera i alla byggnader där det finns egenproducerad elektricitet, så kallad mikroproduktion. Dokumentet fokuserar dock på solcellsanläggningar.

Installationer kommer att förändra utseende, effektivitet och egenskaper över tid, men förhoppningsvis kommer den här grundläggande metodiken att fungera ändå. Exempelen i dokumentet är baserade på vanliga installationer idag.

Starta som vanligt

Inledande insats

Påbörja insatsen som vanligt – men under orienteringsfasen bör du vara uppmärksam på om huruvida det finns egenproducerad ström i samband med objektet. Genom att notera om det finns solceller, vindsnurror, laddningsplatser för elfordon eller skyltning om något av detta i närhet till objektet så kan man få vissa ledtrådar.

Även en kontroll av satellit- eller flygfoto kan vara ett stöd för att kunna göra denna bedömning. Om man hittar nödstopp för egenproducerad ström så kan man aktivera dem direkt.

Om det finns en insatsplan för objektet så är det bra att använda den så snart den inledande insatsen kommit igång.

Om det finns egenproducerad ström på objektet

När man konstaterat att det finns solceller på objektet så är det en del saker som behöver ske med en gång, medan andra kan behöva repeteras under hela insatsen.

Även om vi i detta dokument har listat de saker som ska ske omgående tidigare än de saker som ska ske löpande, så måste de inte ske innan de uppgifter som ska ske löpande. Det är enbart ett sätt att strukturera upp allt som behöver ske, och dessutom ska tidsfördelas av den som leder insatsen.

En gång under insatsen

Ta reda på hur systemet är uppbyggt

Identifiera vilka komponenter som ingår i systemet och var de är placerade. Det handlar till exempel om solcellsmoduler, likströmskablar, växelriktare, batterilager och nödstopp.

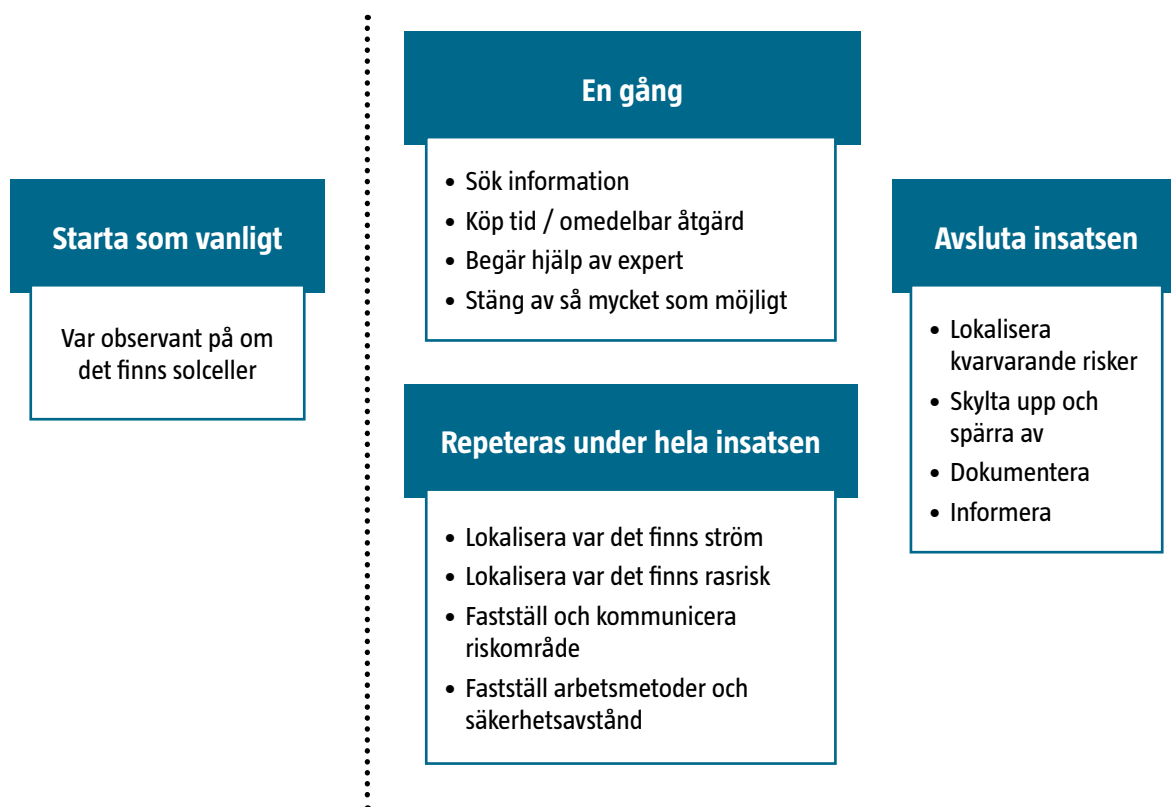
Köp tid – omedelbar åtgärd

Om osäkerhet råder är det bra att överväga en omedelbar åtgärd i syfte att köpa tid. En omedelbar åtgärd kan som exempel bestå i att spruta vatten på säkert avstånd, använda en pulversläckare eller stänga dörrar.

Om det finns elektriska komponenter som är påverkade så kan det vara förståeligt att göra en inledande fördröjande insats – både för att köpa ytterligare tid

och för att hinna skaffa mer kunskap om hur systemet är uppbyggt. En fördröjande insats kan utformas olika beroende på vad man känner till om byggnaden, händelsen och elsystemet.

Solcellsrelaterade arbetsuppgifter



Arbetsuppgifter i insatsmetodiken.

Få hjälp av en solelexpert

En expert på solelanläggningar kan vara till stor hjälp under hela insatsen om man själv saknar den kompetensen. Det kan exempelvis handla om att hjälpa till att definiera riskområden, att stänga av delar av anläggningen som inte är möjligt genom att enbart använda befintliga brytare eller att få råd om hur man kan montera bort delar av anläggningen på ett säkert sätt.

Stäng av så mycket som möjligt

Stäng av systemet på så många ställen som det är möjligt. Även om dubbla avstängningar inte nödvändigtvis minskar riskområdena så medför det mindre risk för personskador när något går fel.

Under hela insatsen

Lokalisera var det finns ström

Bedöm om någon av komponenterna som hittats är eller kommer att bli påverkade.

Det är enbart vissa delar av anläggningen som kan bli farliga på grund av att de är påverkade av branden eller insatsen. Om hela anläggningen är opåverkad av räddningsinsatsen så kan man både fortsätta och avsluta insatsen som vilken insats som helst.

Kan påverkade komponenter göra byggnadsdelar strömförande?

Bedöm ifall det finns tak eller andra byggnadsdelar som är av elektriskt ledande material och som kan komma i kontakt med skadade eller brandpåverkade strömsatta komponenter i systemet.

Bestäm och arbeta med riskområde och säkerhetsavstånd

De spänningssatta komponenter som är påverkade av själva branden eller räddningsarbetet ska behandlas på samma sätt som strömförande detaljer. Det går till exempel att släcka en brand när man befinner sig på säkerhetsavståndet från det strömförande. Genom att ta reda på den exakta placeringen av de olika komponenterna kan man begränsa områden med restriktioner till att enbart omfatta de områden som har en faktisk risk.

Riskområdet ska utvärderas och förändras under hela räddningsinsatsen. Tänk på att släckvatten kan leda ström och att detta kan medföra utvidgade riskområden på samma sätt som en bortkopplad anläggning kan medföra minskade riskområden.

Riskområden kan minskas genom att man försäkrar sig dels om vilka delar av systemet som inte är strömförande, och dels genom att stänga ner så stora delar av systemet som möjligt.

Lokalisera var det finns rasrisk

Om solcellerna befinner sig på ett sluttande tak eller en fasad och de blir drabbade av brand kan man förutsätta att de kommer att falla ner på marken. Även här är det viktigt att bedöma riskområdet nedanför – spärta av det så att inte personer kan röra sig där. Riskområdet för fallande delar beror både på byggnadshöjd och på taklutning.

Friläggning och slutlig släckning av områden inom riskområdet bör inte ske förrän all fara är undanröjd.

Kommunicera riskområden

Personal som arbetar på skadeplatsen behöver ha en aktuell bild av vilka riskområden som är identifierade. Det kan exempelvis ske genom muntlig information, eller genom avspärning och uppmärkning av farliga punkter och områden. Antalet berörda arbetstagare, vilken tid som finns till förfogande och riskbedömningen påverkar hur kommunikationen av riskområde kan ske.

Fastställ arbetsmetoder och säkerhetsavstånd

Någon behöver riskbedöma metoderna och fastställa restriktioner för det aktuella riskområdet och eventuella säkerhetsavstånd. Efterhand som riskområden förändras, och under räddningsinsatsens olika faser finns behov av olika arbetsmetoder.

Avslut av insatsen

Vid avslut av insatsen är det viktigt att lämna över en skadeplats där kvarstående elrisker både är tydligt dokumenterade och tydligt uppmärkta eller avspärrade. Det är viktigt att ha ett välfungerande system så att brandutredare, polistekniker och andra människor som behöver besöka brandplatsen får tag på informationen om elrisker som finns kvar och/eller uppstår i samband med soluppgång.

Vid en räddningsinsats där det varit mörkt och/eller där det finns skador på solcellssystemet så krävs det att man är särskilt uppmärksam – även avseende brandrisken. När solen går upp igen så kan det ske en värmeutveckling och gnistbildning som får det att börja brinna på nytt. Här måste räddningstjänsten vara noggrann med att informera ägaren till objektet om denna risk, och kanske i vissa fall vara kvar på plats ända till soluppgången för att snabbt kunna åtgärda en eventuell återantändning.

Det faktum att strömmen kommer att gå igång igen när solen går upp är en stor skillnad jämfört med andra system där man själv kan välja när man ska slå på strömmen. Detta är viktigt att förmedla till fastighetsägaren, eftersom det kan vara av stor vikt att det kommer en elektriker omgående som kan göra frånkopplingar av systemet – både ur ett elrisk- och ur ett brandperspektiv.

Hjälp som underlättar insatsen

Insatsplan på objektet

En insatsplan för en solcellsanläggning kan vara avgörande för att ge räddningstjänsten en chans att göra en bra insats. Den bör finnas vid anläggningen och innehålla följande information:

- Leverantör och installatör av anläggningen med kontaktuppgifter.
- Elektriker som har kunskap om anläggningen med kontaktuppgifter.
- Märke på systemet.
- Ritning med placering av solcellsmoduler-
- Antal strängar.
- Ritning med placering av kablar, pluspol, minuspol, växelström 400V, växelström 230V.
- Ritning med placering av växelriktare, batterilager, säkerhetsbrytare och elcentraler.
- Ritning som visar brandväggar.
- Beskrivning av nödstopp och olika brytare. Vad som blir spänningslöst vid brytning.
- Övergripande beskrivning av systemet.

Register över anläggningar

Räddningstjänsten kan uppdatera sina datoriserade insatsstöd med aktuella anläggningar genom att begära ut data om vilka som ansökt om bidrag för att bygga soleanläggningar eller från elnätsföretagen, samt om vilka som levererar elektricitet ut på elnätet. Genom att tydligt förklara vikten av att inrätta en insatsplan för den som äger ett solcellssystem, så kanske man även kan få dem att frivilligt leverera sådan information till räddningstjänsten som kan knytas in i datoriserade insatsstöd.

Expert på solcellssystem

En expert på solcellsanläggningar kan bidra med att göra korrekta riskbedömningar men kan också bistå med råd om hur man kan montera bort vissa delar av anläggningen på ett säkert sätt. Notera att det kan vara två olika personer då det ofta är montörer som känner till infästningsanordningar och kabeldragning medan det kan vara en elektriker som bäst känner till risker och systemuppbyggnad.

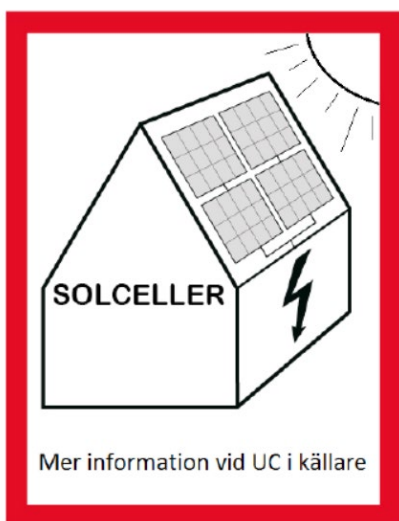
Bäst kunskap om aktuellt system har troligen den som installerat det. Men en bra källa till kunskap kan vara en generell expert som har kunskap om både uppbyggnad av solcellsanläggningar och räddningstjänstens arbetsmetoder.

En experts utvändiga besiktning från utsidan kan ge viktig kunskap om anläggningen.

Skyltning

En stor hjälp för räddningstjänsten är att sätta upp en skylt vid entrén som visar att det finns en solcellsanläggning, särskilt om den dessutom visar om det finns en eventuell insatsplan – och i så fall var den är.

Skylten nedan är en försvenskning av en tysk skylt som rekommenderas av de tyska räddningstjänsterna. Skylten används i flera rekommendationer hos svenska räddningstjänster. Det finns krav på en liknande skylt i de svenska elinstallationsreglerna men en placering vid mätarskåp eller elcentral, vilket är det som krävs, ger inte räddningstjänsten informationen vid den tidpunkten det behövs vid insats



En skylt som rekommenderas av ett flertal svenska räddningstjänster.

Praktikfall – hur man kan hantera solceller vid olika händelser och installationer

Praktikfall 1: Villabrand med synliga solpaneler

Larmet kommer in som “brand i kök” – men vid framkomst visar det sig att branden har spridit sig både invändigt och utvändigt via takfoten. På taket sitter det synliga solpaneler.



Villabrand. Bild och redigering i Fire Studio: Ola Bonder, MSB

Orientering

- Brand ut genom fönster mot takfot.
- Rök från taknock, gavlar och takfot.
- Eternittak (asbestrisk)? Eller ledande plåttak?
- 18 stycken solpaneler som ännu inte är brandpåverkade.
- Det är ljust ute och solcellsmodulerna genererar troligen mycket ström.
- Likströmskablar från solcellsmodulerna kan vara brandpåverkade och vi vet inte deras placering.
- Elkabel till grannbyggnaden kan tyda på att växelriktaren kan finnas där.

Bedömning

Solcellsmodulerna är på väg att bli påverkade av branden, och likströmskablar kan vara påverkade. Det finns dock inga tecken på att det inte går att påbörja en livräddande eller släckande invändig insats om det är nödvändigt. Viktigt att poängtera att man ska arbeta med släckmedels- och avståndsrekommendation till elektriska riskområden.

Solcellsmodulerna har ett karakteristiskt utseende för solcellsmoduler som tillverkar ström. De är 18 stycken till antalet. Eftersom solcellsmoduler ofta levererar 24 eller 48 volt styck och den maximala gränsen för likspänning i ett system är 1000 volt kan vi anta att systemet består av en sträng paneler. En överslagsberäkning: 50 volt gånger 18 paneler ger 900 volt. Nyttan med denna kunskap är att det troligtvis endast finns ett par likströmskablar till en växelriktare. Om det blir aktuellt att koppla loss kablar räcker det alltså troligtvis att det sker på ett ställe.

För att minska riskerna är det viktigt att identifiera var växelriktaren sitter och stänga den på båda sidorna. Om man inte kan hitta växelriktaren kan man prova att bryta inkommande ström, det garanterar dock inte att växelriktaren stannar och framförallt fortsätter panelerna att producera ström. Ur ett elsäkerhetsperspektiv är det därför alltid en fördel att bryta all ström som går att bryta.

För att kunna slutföra insatsen kommer det att behövas en elektriker med expertkunskap om soleanläggningar till platsen. Vidare behöver man göra en bra avspärning så inte efterkommande personal riskerar att bli skadad.

Beslut

Inledningsvis: Påbörja insats i syfte att livrädda och begränsa brandspridning som om det inte fanns solceller på byggnaden med en extra uppmaning om att tänka på riskområde och val av släckmedel.

Därefter:

1. Identifiera var växelriktare och likspänningskablar finns.
2. Om möjligt: stäng av växelriktaren och bryt strömmen.
3. Få ut en elektriker (solcellsexpert) till platsen.
4. Bestäm vilka riskområden (där likspänningskablar finns) som man inte får bryta i, man får inte heller spruta vatten i väggar och tak utan att solcellsmodulerna är bortkopplade.
5. Bestäm riskområden där det finns risk för nedfallande paneldelar och spärra av dessa.
6. Fortsätt insatsen för att uppnå total släckning enligt vanlig metodik utom i de riskområden man definierat där det finns likspänningskablar.

Avslutningsvis: Se till att en elektriker gör åtgärder och därmed kan förklara likspänningskablar som ofarliga och slutför därefter släckningen i det som tidigare var riskområden. Markera upp och spärra av kvarstående elrisker och spärra av områden med risk för nedfallande delar samt lämna över den kunskapen till fastighetsägare, restvärdes- och saneringspersonal och eventuell annan personal på platsen.

Praktikfall 2: Lada med solcellsmoduler

En traktor som står inne i ladugårdsbyggnad brinner. Ladan har solcellsmoduler på taket.



Orientering

Det brinner i en traktor som står inuti i en lada. Branden ser ut att vara begränsad till traktorn och det ryker kraftigt.

Byggnaden är en trälada sammanbyggd med en stenbyggnad. Taket på träladan är ett korrugerat plåttak med solceller ovanpå. Det framgår inte var ledningsdragningen är, eller om det är solceller med optimerare på modulerna.

Mängden solcellsmoduler tyder på att det är mer än en sträng installerad och att det kan finnas flera kabelpar mellan solcellerna och växelriktaren

Bedömning

Branden ser inte ut att ha spridit sig till byggnaden än. Dock kan både eventuella kablar och infästningsanordningar för kablar som är förlagda ovanför traktorn vara värmepåverkade. Om det finns elkablar som fallit ner på traktorn så krävs särskild metodik, men i annat fall kan den släckas med vatten med spridd stråle.

En möjlig lösning är också att vinscha ut traktorn och släcka den på utsidan.

Beslut

Inledningsvis: Skicka fram personal klädd i tät klädsel och andningsskydd med uppgift att utifrån observera och försöka bedöma vilka risker som finns. Denna brandman tar med en pulversläckare som töms mot traktorn efter observationen, från säkert avstånd i syfte att köpa tid.

En expert på solcellsanläggningar kallas till platsen.

Samtidigt: resterande personal drar fram slang och några pulversläckare för att kunna släcka traktorn på plats.

Ifall det inte finns nedfallna kablar så släcks traktorn med en kombination av pulver och spridd vattenstråle, samt att den vinschas ut för slutlig släckning utomhus. Om det ligger kablar över traktorn så släcks den med ett säkerhetsavstånd – och traktorn får inte vidröras förrän man har bedömt och hanterat de eventuella elrisker som föreligger.

Därefter: Byggnaden ventileras samtidigt som placering av kabeldragning och växelriktare identifieras. Stäng av så mycket som möjligt i solcellssystemet och bedöm också om någon av komponenterna i solcellssystemet har utsatts för skadlig värme.

Om komponenterna inte har utsatts för skadlig värme så avslutas insatsen “som vanligt” – dock med eftersläckning och arbete enligt de säkerhetsavstånd till strömförande saker som gäller. Om komponenterna är skadade fortsätter släckinsatsen med säkerhetsavstånd. I detta fall måste även plåttaket anses som strömförande ifall skadorna sitter så att det kan uppstå kontakt mellan de skadade komponenterna och plåttaket.

Om komponenter har blivit skadade så kan inte insatsen avslutas förrän solcells-experten kommit till platsen varpå man har identifierat och hanterat de risker som kan uppstå.

Avslutningsvis: Markera upp och spärra av kvarstående elrisker. Spärra av områden med risk för nedfallande delar, och överlämna den kunskapen till fastighetsägare, restvärdes- och saneringspersonal och eventuell annan personal på platsen.

Praktikfall 3: Byggnad med solcellspaneler på vägg

Det brinner i ett kök på en större arena. Vid orienteringen runt byggnaden – samtidigt som räddningsinsatsen pågår inne i byggnaden – så upptäcker du att det finns solceller på väggarna och att det slår ut lågor som träffar solcellerna.



Orientering

Det brinner i ett kök på andra våningen. Lågor slår ut genom ett fönster och de påverkar solceller på byggnadens sida. Vi känner inte till vilken typ av solceller det handlar om och inte heller var växelriktaren/växelriktarna sitter.

Det är en stor anläggning för idrott och det pågår ett mindre arrangemang med några hundra personer inne i anläggningen. De har påbörjat utrymning. Närmaste vägen till branden är via dörren – rakt under lågorna.

Bedömning

Utrymningen är nästan avslutad och genom att släcka branden tidigt kan man underlätta för de som eventuellt inte har kommit ut än.

Bortsett från brandspridningsrisken så är den största risken att det ska falla ner solcellsdelar som har blivit brandpåverkade. Invändig släckning av branden medför inte att vattenstrålen kommer i kontakt med elektriskt ledande delar av solcellerna, så släckning kan ske efter normala rutiner.

Elektriskt kommer det att behöva vidtas åtgärder med solcellssystemet, så det är viktigt att få reda på systemets uppbyggnad samt att kalla en expert till platsen.

Beslut

Inledningsvis: Branden i köket ska släckas via angrepp genom de dörrar som inte är placerade under de påverkade solpanelerna. Branden släcks med ordinarie metoder utan någon särskild hänsyn till solcellsinstallationen.

Samtidigt: Kontrollera att utrymningen fungerat som tänkt, och om det behövs finns det en omfallsplan att rökdykarna som ska släcka branden kan behöva bistå vid utrymning. Ingen utrymning ska ske genom dörren under solcellerna, såvida det inte behövs ur ett livräddande perspektiv.

Därefter: Spärra av området under solcellerna så att ingen personal tillåts komma in på det område där det finns risk för nedfallande paneldelar. Förslagsvis med en särskild avspärrning för detta.

Sedan beställs en expert på solcellssystemet ut till platsen och man letar dokumentation över systemet.

När så är möjligt stänger man av strömbrytare på båda sidor växelriktarna samt strömmen i det branddrabbade köket.

När branden är släckt så stängs även passagen under solcellerna av från insidan med avspärrningsband om att ingen får passera där.

Avslutningsvis: Markera upp och spärra av kvarstående elrisker och spärra av områden med risk för nedfallande delar samt lämna över den kunskapen till fastighetsägare, restvärdes- och saneringspersonal och eventuell annan personal på platsen.

Praktikfall 4: Stor solcellsanläggning på ett industritak

En elektriker har trillat på solcellerna ovanpå ett industritak. Han rör sig inte och det ryker från den solcellsmodul som han ligger på.



Orientering

En person ligger ner på solcellerna. Det ryker från panelerna precis som om det är en kortslutning eller mindre brand där de gått sönder.

Bedömning

Det går inte att avgöra om mannen får elektriska stötar från anläggningen eller om han har drabbats av andra medicinska problem vilket har fått honom att falla.

Röken från panelerna bevisar dock att anläggningen har gått sönder och vi bedömer den därför som spänningsförande – en bedömning som nog hade varit likadan om det inte förekom rök. Likaså bekräftar röken att det är en brand i solcellerna, en brand som möjligen kan sprida sig till flera solcellsmoduler och/eller byggnaden.

Oavsett om det är en medicinsk orsak eller elektrisk till att mannen ligger ner så är det viktigt – ur ett livräddande perspektiv – att omgående få bort mannen från solcellerna.

Beslut

Alternativ 1

Om vi bedömer det möjligt att röra sig i mellanrummet mellan solcellsmodulerna kan en person gå in och dra ut mannen i kläderna utan att röra vid hans hud (1).

Alternativ 2

Om det inte är möjligt att gå fram till personen så behövs en isolerad pinne med ögla eller krok som vi kan använda för att dra ut personen.

För båda alternativen

Inledningsvis: Ge mannen första hjälpen och bekräfta att sjukvårdsinsats är beställd. Planera för transport av mannen till en plats där sjukvården kan ta över.

Därefter: Eftersom det ryker från solcellerna antar vi att det är en kortslutning i solcellerna, vilket kan sprida en brand vidare via solcellerna till taket på byggnaden.

Ta upp några pulversläckare samt en vattenslang på taket och bestäm på vilket säkerhetsavstånd man får stå och släcka, för att förhindra brandspridning till takkonstruktionen. Räkna med att branden sprider sig i solcellerna, och planera för ett omfall där branden sprider sig till taket baserat på takmaterial och isoleringsmaterial i taket.

Därefter: Beställ ut el- /solcellsexpert till platsen. Identifiera de olika komponenterna i systemet och stäng av systemet på så många ställen det går. Att koppla bort växelriktaren medför att det inte är ett slutet system hela vägen mellan solcellerna och växelriktaren vilket kan minska branden.

När solcellsexperten kommit till platsen låt denne göra en plan för att koppla bort solcellsmoduler som branden kan sprida sig till. Arbeta för att skapa en brandgata runt de brinnande solcellerna. Att skapa brandgatan ska ske på ett elsäkert sätt och om det inte går att genomföra får solcellsmodulerna brinna bort under tiden räddningsinsatsen koncentreras på att förhindra brandspridning till byggnaden.

Avslutningsvis: Markera upp och spärra av kvarstående elrisker. Spärra av områden med risk för nedfallande delar, och överlämna över den kunskapen till fastighetsägare, restvärdes- och saneringspersonal och eventuell annan personal på platsen.

Praktikfall 5: Stor solcellsanläggning på ett flerfamiljshus

Du kommer fram till en lägenhetsbrand och det ryker från takfoten på ett flerfamiljshus. Troligen har branden spridit sig till vinden – och det finns en stor solcellsanläggning på taket.



Orientering

Vid framkomst till en lägenhetsbrand på översta våningen visar det sig att branden troligtvis har spridit sig till vinden. Ledningscentralen rapporterar att det i Google Maps ser ut som det finns solceller på byggnaden.

Solcellerna är placerade på ena sidan av taket och slutar 15 centimeter från en brandvägg. Vi kan alltså inte göra en tvärsnittsventilation på ett enkelt sätt vid brandmuren.

Det går kablar på utsidan av fasaden ner till bottenvåningen. Det gör att vi kan misstänka att växelriktaren finns på bottenvåningen och att det inte finns dolda likspänningskablar inne på vinden.

Solcellerna är placerade så att de kan falla ner på en av de planerade uppställningsplatserna för höjdfordon på den sidan av byggnaden där solcellerna är placerade.

Det finns snörasskydd på taket som möjligen kan förhindra ras från solceller, men dess funktion för detta är okänt vilket gör att vi inte kan lita på att det fungerar. På den sidan finns också flera dörrar in till byggnaden från gårdshållet.

Bedömning

Vi behöver få kontroll på branden i lägenheten och de boende i byggnaden.

Eftersom solcellerna går nästan ända fram till brandväggen så kan vi inte göra en tvärsnittventilation på ett enkelt sätt vid brandmuren. Det är så många solceller att det troligtvis är flera strängar, vilket gör att det finns flera elektriska kretsar på taket.

Risken för nedfallande solcellsdelar omöjliggör därmed en insats från gårdssidan.

Beslut

Inledningsvis: Rökdykarinsats från gatusidan för att försäkra sig om att ingen är kvar i brandlägenheten samt för att dämpa branden, för att därigenom minska värmepåverkan mot vinden. Alla insatser ska planeras ske från gatusidan. Riskzonen för nedfallande delar på innergården ska spärras av både för räddningspersonal och för boende.

Därefter: Påbörja en insats med dimspik eller skärsläckare för att från gatusidan kyla brandgaserna på vinden. Detta vågar vi göra eftersom kablarna till växelriktaren var dragna på utsidan av fasaden.

Ifall det ger effekt att kyla brandgaserna – öppna vinden ovanför brandlägenheten. Om det inte ger effekt – öppna istället en halv tvärsnittventilation upp mot brandmuren. Denna kompletteras med begränsningsdimspik som ska kunna nå och kyla den delen av brandväggen som inte kan öppnas på grund av solcellerna.

Samtidigt: Påbörja en bevakningsinsats för att förhindra brandspridning ner i andra lägenheter.

Därefter: När branden är under kontroll och eftersläckning påbörjas ska först en bedömning ske av vilka kvarstående risker som kan finnas på grund av solcellerna – innan manuell röjning, lämpning och släckning får ske.

Avslutningsvis: Markera upp och spärra av kvarstående elrisker och spärra av områden med risk för nedfallande delar samt lämna över den kunskapen till fastighetsägare, restvärdes- och saneringspersonal och eventuell annan personal på platsen.

Litteraturförteckning

1. MSB. *Kartläggning risker vid räddningsinsats i samband med brand i solcellsanläggning*. u.o. : MSB, 2014.
2. —. *Råd räddningsinsats i samband med brand i solcellsanläggning*. u.o. : MSB, 2014.
3. TC, Certisolis. *Évaluation des risques liés aux installations photovoltaïques en situation dégradée ... sapeurs pompiers*. u.o. : Certisolis, 2013.
4. Starkströmsförordningen. 2009:22.
5. Eriksson, Reijo. *Elsäkerhet vid räddningsinsats*. u.o. : Brandskyddsföreningen, 2011.
6. SIS, Swedish Standards INstitute. *Skötsel av elektriska anläggningar - Del 1: Allmänna fordringar*. SS-EN 50110-1.
7. Laboratories, Underwriters. *Firefighter Safety and Photovoltaic Installations Research Project*. u.o. : Underwriters Laboratories, 2011.
8. H. Häberlin, Luciano Borgna und Philipp Schärf. *PV und Feuerwehr: Keine Panik, sondern realistische Einschätzung*. u.o. : Berner Fachhochschule, 2011.
9. *Perfect Storm, NFPA journal*. Duval, Robert. u.o. : NFPA, 2014, Vol. 2014-1.
10. Verband, Deutsche Feuerwehr. *Einsatz an Photovoltaikanlagen*. u.o. : Deutsche Feuerwehr Verband, 2010.
11. Office, California state Fire Marshals. *Fire Operations for Photovoltaic Emergencys*. u.o. : CAL FIRE- Office of the state fire marshal, 2010.
12. Arbetsmiljöverket. *Systematiskt Arbetsmiljöarbete. Arbetsmiljöverkets Föreskrift 2001:1*. u.o. : Arbetsmiljöverket, 2001.
13. Berufsfeuerwehren, Arbeitsgemeinschaft der Leiter der.
14. MSB och FOI. *Nya risker för räddningspersonal vid bränder/gasning av batteripack hos e-fordon*. MSB och FOI, 2016.

