



Ratio arkitekter as  
 MOE A/S  
 Erichsen & Horgen as  
 Ing Per Rasmussen as  
 Ark Kristine Jensens Tegnestue A/S

STATSBYGG  
 NOTAT 1004501  
 LIVSVITENSKAPSBYGGET

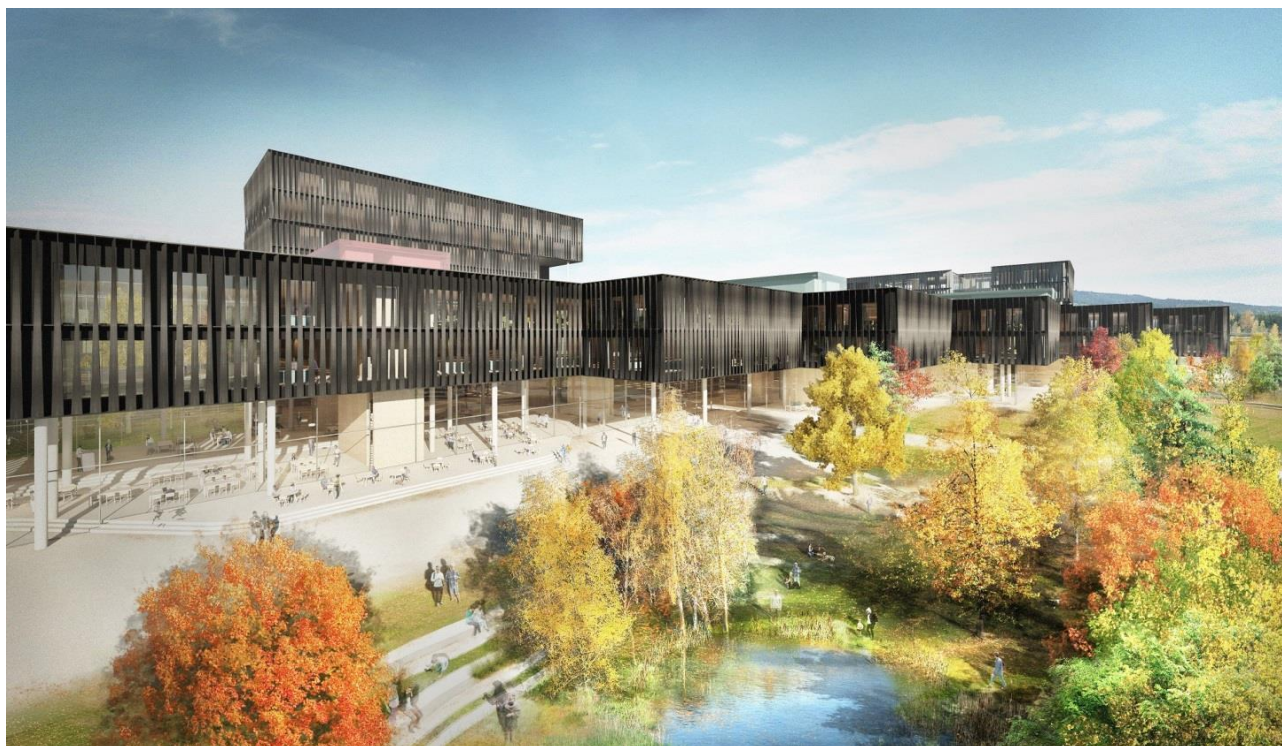
1004501 UiO Livsvitenskapsbygget H003  
 NO-RIBr-20-06  
 Brannteknik vurdering av solcelleanlegget

Forprosjekt

Dato: 15.04.2016

Rev./status:02

## 1004501 UiO Livsvitenskapsbygget Brannteknisk vurdering av solcelleanlegget



02	Forprosjekt	15.04.2016	FS	JRG	FS
01	Til TFK	11.03.2016	FS/EM	JRG	FS
00	Foreløpig til SB	11.02.2016	FS/EM	JRG	FS
Rev.	Beskrivelse	Rev. dato	Utarbeidet av:	Kontrollert av:	Godkjent av:
PGL	Ratio Arkitekter as		<b>RIBr</b>	<b>Erichsen &amp; Horgen as / Høyser Finseth as</b>	
ARK	Ratio Arkitekter as / CUBO AS		RIBfy	Erichsen & Horgen as	
IARK	Ratio Arkitekter as		RIAKu	Brekke & Strand as	
RIB	MOE AS / Høyser Finseth as		RIG	MOE AS / Grunn Teknikk as	
RIV	Erichsen & Horgen as		RIEn	Erichsen & Horgen as	
RIE	Ing. Per Rasmussen as		Breem AP	Erichsen & Horgen as	
LARK	Ark Kristine Jensens Tegnestue AS Bjørbeek & Lindheim AS		BIM	SWECO BIM-lab	

**INNHOLD**

<b>0</b>	<b>FORMÅL .....</b>	<b>3</b>
<b>1</b>	<b>BAKGRUNN.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>KONKLUSJON.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>BRANNTTEKNSIK VURDERING AV SOLCELLEANLEGGET.....</b>	<b>3</b>
3.1	Grunnlag.....	3
3.2	Solceller.....	4
3.3	Brannfare og brannrisiko .....	4
3.3.1	Statistiske data .....	4
1.1.1.	Brannegenskaper til solcellemodulene .....	4
3.3.2	Vurdering av brannfare og brannrisiko.....	5
3.4	Tiltak for å redusere brannrisikoen og risikoen ved brannvesenets innsats .....	5
3.4.1	Opprettholdelse av elektrisk sikkerhet i DC-områder.....	6
3.4.2	Bygningsmessige tiltak for å brannsikre solcelleanlegg.....	7
3.4.3	Kvalitetssikring og uavhengig kontroll.....	7
3.4.4	Tiltak for rednings- og slokkemannskaper .....	7
<b>4</b>	<b>REFERANSER OG LITTERATUR .....</b>	<b>8</b>



## 0 FORMÅL

Dette notatet gir en oppsummering av resultatene i undersøkelsene vedrørende brann sikkerheten til solcelleanlegget på Livsvitenskapsbygget. Notatet beskriver kort den brannfare og brannrisiko som solcelleanlegg medfører, og gir en redegjørelse av de foreløpige ytelseskrav og hovedtrekk for brannsikring av solcelleanlegget på Livvitenskapsbygget.

## 1 BAKGRUNN

VEV er engasjert av Statsbygg til å utarbeide brann teknisk konsept i forbindelse med forprosjekt for Livsvitenskapsbygget, som skal bygges på Problemveien i Oslo (Gnr. / Bnr.: 42/1). Konseptet omfatter nybygging av et undervisnings- og laboratoriebygg for UiO med areal på ca. 66.700 m<sup>2</sup>.

Som en del av brannkonseptet vurderes i dette notatet brannfaren og brannrisikoen til solcelleanlegget.

## 2 KONKLUSJON

På bakgrunn av resultatene i et forskningsprosjekt som ble gjennomført i Tyskland, er forsikringsbransjen og brannvesenet i Tyskland enige om at solcelleanlegg ikke utgjør en særskilt økt brannrisiko sammenlignet med andre tekniske eller elektriske anlegg som finnes i bygninger i dag. Dette betyr ikke at solcelleanlegg er ufarlige og ikke innebærer brannrisiko, men så lenge farene er kjent og det utføres visse forebyggende tiltak for å redusere brannrisikoen, blir ikke brannfaren og brannrisikoen større enn for andre elektriske anlegg i Livsvitenskapsbygget.

Med hensyn til brannegenskapene forligger det resultater fra brannprøver av ulike typer solcellemoduler. Rapportene av brannprøvene oppgir ingen endelig vurdering av brannegenskapene iht. NS-EN 13501-1. Ut i fra rapportene kan det forventes at noen solcellemoduler vil tilfredsstillende B-s3,d0 (Ut1), men noen vil bare tilfredsstillende D-s3,d0 (Ut2). Det er behov for ytterligere undersøkelser mht. utvikling av brennende dråper. Det må forventes at det må gjennomføres brannprøver for valgte teknologier og typer av solcellemoduler for å verifisere brannegenskapene.

## 3 BRANNTEKNSIK VURDERING AV SOLCELLEANLEGGET

### 3.1 Grunnlag

I Norge finnes det lite informasjon og litteratur med hensyn til temaet brannrisiko og brannfare relatert til solceller. Den svært raske, og til en viss grad ukontrollerte, veksten i solcellebransjen i Tyskland (der det er installert ca. 1,3 mill. anlegg), og den tilhørende masseproduksjonen og prisfallet, har ført til en diskusjon om kvaliteten og brann sikkerheten til solcelleanlegg i Tyskland. Skadetilfeller på solcelleanlegg har ført til bevisstgjøring rundt det eksisterende farepotensialet med hensyn til lysbue- og brannrisikoer. I 2011 ble det derfor satt i gang et treårig forskningsprosjekt. Forskningsgruppen, som bestod av Fraunhofer-Institut ISE, TÜV-Rheinland, brannvesenet i München og flere andre anerkjente foretak og sakkyndige, hadde oppgaven med å undersøke brannrisikoen og brannfaren til solcelleanlegg. Som resultat av forskningsprosjektet publiserte TÜV-Rheinland, på vegne av forskningsgruppen, en sluttrapport i form av en industriveileder som vurderer brannrisikoen til solcelleanlegg, og som angir et sikkerhetskonsept for å redusere risikoen (se [4] i kapittel 4). Som følge av forskningsprosjektet ble det videre utarbeidet en VDE-retningslinje [2], som angir tiltak for å opprettholde elektrisk sikkerhet ved innsats av brannvesen i et branntilfelle. Dette notatet legger i hovedsak publikasjonene som ble publisert ifm. dette forskningsprosjektet til grunn (se kapittel 4).



## 3.2 Solceller

Solceller har i stor grad de samme elektriske egenskapene som likestrømkilder (DC-kilder), noe som på den ene siden gjør dem sikrere mot kortslutning, men på den andre siden blir eventuelle lysbuer mer stabilt opprettholdt [3]. En slik lysbue kan i verste fall være en direkte årsak til brann. I motsetning til vekselstrømkilder (AC-kilder), er det ingen nullkryssinger av spenning eller strøm, der buen kan gå ut [3]. Dessuten er det teknisk sett komplekst og kostbart å deaktivere solcelleanlegg, og det er umulig å få hele anlegget spenningsfritt.

Disse egenskapene avviker fra vanlige spenningskilder. Det kreves derfor spesiell behandling i forbindelse med prosjektering og installasjon av solcelleanlegg mht. å muliggjøre nødvendig rednings- og slokningsarbeid i bygninger med solcelleanlegg. Det er dermed to scenarier som er avgjørende:

- Scenario 1: En brann som blir forårsaket av solcelleanlegget selv (risiko for lysbue som kan forårsake brannspredning).
- Scenario 2: En bygning med solcelleanlegg, som brenner av andre årsaker (fare / trussel for personer i bygget og for rednings- og brannmannskapene).

## 3.3 Brannfare og brannrisiko

### 3.3.1 Statistiske data

Følgende statistiske data mht. solceller som har forårsaket brann, er hentet fra en pressemelding fra Fraunhofer-Institut sin hjemmeside [4] og fra sluttrapporten til det tidligere nevnte forskningsprosjektet [1]. Kilden til de statistiske dataene vurderes i utgangspunktet som troverdig, men grunnlaget for dataene er ikke kjent. Scenario 1 har opptrådt høyst sjelden i de siste 20 år, til tross for et stort antall anlegg. Det er 0,006 prosent av solcelleanleggene i Tyskland som har forårsaket brann med større skade (det er ca. 1,3 mill. anlegg i Tyskland). I de siste 20 år har det vært 430 tilfeller av brann-/ varmeskader på solcelleanlegg. I 210 av de 430 tilfellene var solcelleanlegget den direkte årsaken til brannen. I de øvrige 220 tilfellene ble brann utløst av en annen / ekstern årsak. I 67 av de 210 tilfellene hvor solcelleanlegget var årsaken til brannen ble bygget skadet, og i 12 tilfeller brant hele bygget ned. I de øvrige 131 tilfellene var brannen så liten at kun enkelte av komponentene til anlegget ble skadet (59 tilfeller), eller at kun solcelleanlegget, men ikke bygget, ble skadet (75 tilfeller). Inntil i dag er det i Tyskland ikke kjent et eneste tilfelle hvor brannmannskap ble skadet av et solcelleanlegg ved slokke- eller redningsarbeid.

Årsaken til de brannene som oppsto som følge av teknisk svikt i solcelleanlegg, var i de fleste tilfeller kvalitetsmangler på solarmodulene eller DC-retterne, monteringsfeil, eller dårlig / mangelfullt vedlikehold. Lysbuer, som viste seg ofte å være årsaken til feil i USA, er svært sjeldne i europeiske anlegg (se side 2 i [3]).

#### 1.1.1. Brannegenskaper til solcellemodulene

Solcellemoduler er i hovedsak laget av silisium, glass og aluminium, som er ubrennbare materialer. De forskjellige komponentene til en solcellemodul er likevel brennbare på grunn av deres andel av polymermaterialer. Dette finnes blant annet i plastfolier / plastlamineringer, diverse klebestoffer (lim) og tettematerialer, koblingsbokser og kabler. Andelen av polymerer tilsvarer ca. 600-1.200 g/m<sup>2</sup>. Type og mengde av de polymere komponentene og måten disse er innebygd i eller på modulene har betydning for brannegenskapene til solcellemodulene.

I forbindelse med det ovennevnte forskningsprosjektet fra Fraunhofer-Institut ISE, TÜV-Rheinland og brannvesenet i München, og et eget forskningsprosjekt fra tysk *Bundesanstalt für Materialforschung und –prüfung*, ble det gjennomført flere brannprøver for å undersøke brannegenskapene til solcellemoduler. Resultatene ble publisert i [5] og [6].

Det finnes en rekke ulike typer / teknologier av solcellemoduler. Markedsledende er blant annet monokrystallinske Si-tykksjiktmoduler, multikrystallinske Si-tykksjiktmoduler, CdTe-tykksjiktmoduler (av cadmiumtellurid), amorf Si-tykksjiktmoduler og CIS/CIGS-tykksjiktmoduler.



Avhengig av type modul eller teknologi er overflaten av glass, folie eller et folie-glass-komposittmateriale. På bakgrunn av det store antallet produkter på markedet, er det ikke mulig å angi en generell vurdering av brannegenskapene til solcellemoduler. Med hensyn til brannprøvene som ble gjennomført i [5] og [6] kan det likevel gis følgende overordnede konklusjon:

- Det kan forventes at solcellemoduler tilfredsstillers minst D-s3,d? (Ut2, utvikling av brennende dråper ble ikke undersøkt i detalj).
- I et fullskala branntilfelle kan solcellemoduler, uavhengig av deres teknologi og type brennbare materialer, fortsette å brenne selvstendig.
- Avhengig av teknologi og type solcellemodul, kan det være brennbare materialer som drypper ned (folie eller smeltet glass).
- Det ble gjennomført flere brannprøver iht. ulike brannprøvestandarder for  $B_{Roof}$ , men det finnes ingen konklusjon i [5] og [6] om hvorvidt det kan forventes at de testede solcellemodulene tilfredsstillers  $B_{Roof}$ .

På bakgrunn av det ovenstående må det legges merke til følgende:

- Noen solcellemoduler vil tilfredsstillers B-s3,d0 (Ut1), mens andre bare vil tilfredsstillers D-s3,d0 (Ut2). Det er behov for ytterligere undersøkelser mht. utvikling av brennende dråper.
- Valg av teknologi og type modul har påvirkning på brannegenskapene. Det kan ikke forventes at alle teknologier og typer solcellemoduler kan brukes i alle tilfeller. Dette gjelder spesielt i fasader, mht. brennbare materialer som drypper ned (folie eller smeltet glass).
- Det må undersøkes videre i hvilken grad det kan forventes at solcellemodulene tilfredsstillers  $B_{Roof}$ .
- Det må forventes at det må gjennomføres brannprøver for valgte teknologier og typer av solcellemoduler.

### 3.3.2 Vurdering av brannfare og brannrisiko

Før det omtalte forskningsprosjektet var det i Tyskland mange forbehold og fordommer mot solcelleanlegg mht. brann sikkerhet generelt og sikkerheten til brannvesen ved innsats, spesielt innenfor brannrådgivningsbransjen og brannvesen. Hovedgrunnen til forbeholdene og fordommene var i utgangspunktet mangelfull kunnskap og manglende erfaringer mht. brann innenfor den nye teknologien.

På bakgrunn av resultatene i det gjennomførte forskningsprosjektet i Tyskland er forsikringsbransjen og brannvesen i Tyskland enige om at solcelleanlegg ikke utgjør en særskilt økt brannrisiko sammenlignet med andre tekniske eller elektriske anlegg som i dag finnes i bygninger (se side 1 i [4]). Dette betyr ikke at solcelleanlegg er ufarlige og ikke innebærer brannrisiko, men så lenge farene er kjent og det utføres visse tiltak for å redusere brannrisikoen, så blir brannfaren og brannrisikoen ikke større enn for andre elektriske anlegg i Livsvitenskapsbygget.

### 3.4 Tiltak for å redusere brannrisikoen og risikoen ved brannvesenets innsats

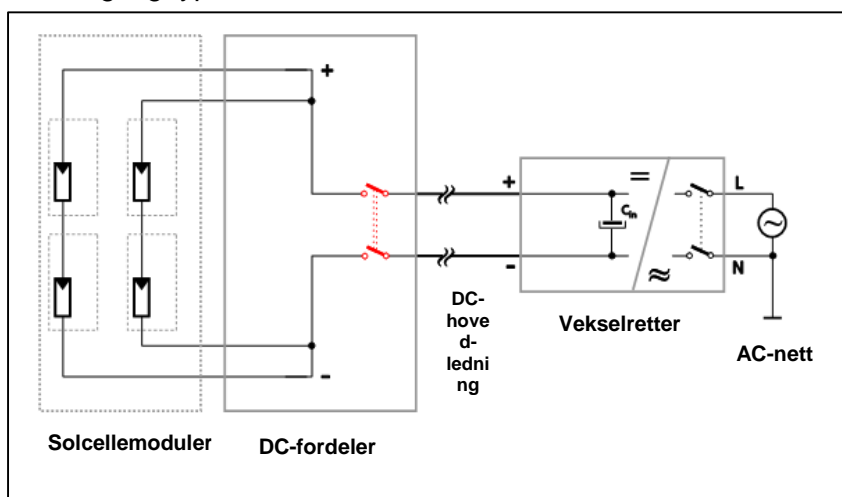
De følgende forslagene om tiltak for å redusere brannrisikoen og risikoen ved brannvesenets innsats baserer seg i utgangspunkt på resultatene av det tyske forskningsprosjektet som ble nevnt ovenfor. Vi er av den oppfatning at det likevel bør tas kontakt med Oslo Brann- og redningsetat (OBRE) tidlig i neste prosjekteringsfase, for å snakke med dem om deres forventninger og / eller innspill. Problemstillingene mht. brann sikring av solcelleanlegget er ikke hverdagslig for OBRE og er muligens et relativt nytt tema for dem. Målet bør være å gå i tidlig dialog med dem og fremstille våre forslag, slik at OBRE blir involvert i saken og prosessen, og får god tid til å drøfte og utrede saken.

### 3.4.1 Opprettholdelse av elektrisk sikkerhet i DC-områder

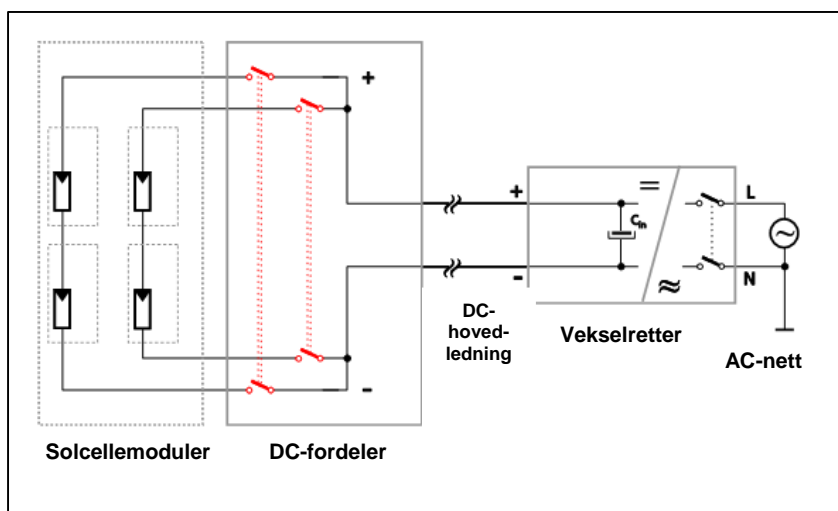
Som resultat av forskningsprosjektet i Tyskland ble det utarbeidet en VDE-retningslinje *VDE-AR-E 2100-712: Measures for the DC range of a PV installation for the maintenance of safety in the case of firefighting or technical assistance*. Denne standarden beskriver bygningsmessige, tekniske og organisatoriske tiltak for å opprettholde elektrisk sikkerhet ved brannvesenets innsats i DC-området av solcelleanlegg. Siden det ikke finnes annet relevant regelverk, anbefales det at denne standarden legges til grunn i prosjekteringen av anlegget.

De bygningsmessige tiltak som kreves i VDE-AR-E 2100-712 gjelder i utgangspunktet solcelleanlegg hvor DC-ledningene føres innvendig i bygget. Siden samtlige DC-ledninger skal plasseres på utsiden er de bygningsmessige tiltakene i VDE-AR-E 2100-712 ikke relevante for Livsvitenskapsbygget.

Ett av hovedkravene i VDE-AR-E 2100-712 mht. tekniske tiltak, er at det kreves en DC-skillebryter med fjernkontroll for å koble ut DC-ledningen ved utgangen av solcellemodulene, ved begynnelsen av DC-hovedledningen hvor ledningene av de enkelte modulene samles, eller ved inngangen av DC-hovedledningen i bygningen (se figur 1 og figur 2). Etter vår vurdering bør DC-skillebryter plasseres ved begynnelsen av DC-hovedledningen (se figur 1). Det finnes likevel et flertall av ulike løsninger for å bryte DC-ledningene. Løsningene er avhengige av hva slags teknologi og type solcellemoduler som velges. Løsningen må derfor vurderes for hver teknologi og type solcellemodul.



figur 1 DC-skillebryter plassert etter DC-fordeler



figur 2 DC-skillebryter plassert foran DC-fordeler



### 3.4.2 Bygningmessige tiltak for å brannsikre solcelleanlegg

Det tyske regelverket *Brandschutzgerechten Planung-, Errichtung und Instandhaltung von PV-Anlagen* [7] ble koordinert med tysk *Arbeitsgemeinschaft der Leiter der Berufsfeuerwehren in Deutschland (AGBF Bund*, sammenslutning av ledere av brannvesenet i Tyskland), og anses derfor som anerkjent teknisk veileder i Tyskland. Siden det ikke finnes annet relevant regelverk, anbefales det at dette regelverket legges til grunn i prosjekteringen av anlegget på Livsvitenskapsbygget så langt det passer til norske forhold.

I det ovennevnte regelverket angis det blant annet konstruktive regler mht. avstand til brannseksjonerende bygningsdeler, størrelsen på solcellemodulgruppene og avstand mellom solcellemodulgruppene.

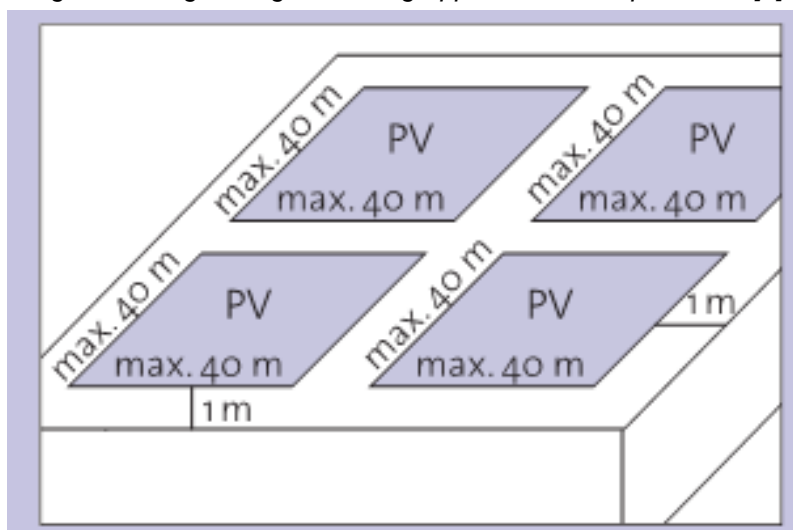
Forebyggende tiltak mellom brannseksjonene:

- Ikke aktuelt siden bygget utføres som én brannseksjon.

For å sikre tilkomstmulighetene for brannvesen på tak skal størrelsen på modulgruppene på tak begrenses til følgende:

- Størrelsen på modulgruppene på tak skal begrenses til maksimalt 1.600 m<sup>2</sup>.
- Innbyrdes avstand mellom modulgruppene, og mellom modulgrupper og takkantene, skal være minst 1 m (se figur 3).

figur 3 Begrensning av modulgruppens størrelse på tak iht. [7].



### 3.4.3 Kvalitetssikring og uavhengig kontroll

Analysene av statistikken fra Tyskland viser at kvalitetsmangler på solarmodulene, monteringsfeil, eller dårlig / mangelfullt vedlikehold er hovedårsakene til at brann oppstår på grunn av solcelleanlegg. Det må derfor finnes løsninger på hvordan kvaliteten til solcellemodulene, prosjekteringen, utførelsen og vedlikeholdet skal sikres. I kapittel 5.2 og 5.4 i [1] angis det forslag til kvalitetssikring av solcelleanlegg.

Dersom det skal gjennomføres uavhengig kontroll av utførelsen av solcelleanlegget, må det også defineres omfang av kontrollen og kvalifikasjonskrav til kontrolløren.

### 3.4.4 Tiltak for rednings- og slokkemannskaper

I samråd med brannvesenet skal det besluttes organisatoriske tiltak som skal hjelpe brannvesenet ved innsats. Dette innebærer blant annet:



- Orienteringsplan for brannvesen som tar spesielt hensyn til solcelleanlegget (innholdet må fortsatt avklares med brannvesen, eksempler finnes i [2] og [7]).
- Branninstruks som beskriver og tar spesielt hensyn til solcelleanlegget (innholdet må fortsatt avklares med brannvesen).

#### 4 REFERANSER OG LITTERATUR

- [1] Industrie-Leitfaden des TÜV Rheinland Energie und Umwelt GmbH (2015), *‘Bewertung des Brandrisikos in Photovoltaik-Anlagen und Erstellung von Sicherheitskonzepten zur Risikominimierung’*. Tilgjengelig fra: [http://www.pv-brandsicherheit.de/fileadmin/downloads\\_fe/Leitfaden\\_Brandrisiko\\_in\\_PV-Anlagen\\_V01.pdf](http://www.pv-brandsicherheit.de/fileadmin/downloads_fe/Leitfaden_Brandrisiko_in_PV-Anlagen_V01.pdf)
- [2] VDE-AR-E 2100-712 (Mai -2013), *‘Maßnahmen für den DC-Bereich einer Photovoltaikanlage zum Einhalten der elektrischen Sicherheit im Falle einer Brandbekämpfung oder einer technischen Hilfeleistung / Measures for the DC range of a PV installation for the maintenance of safety in the case of firefighting or technical assistance’*, VDE Verband der Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik e.V.
- [3] Herbert Schmidt, Robin Grab og Bruno Burger (2011), *‘Technische Möglichkeiten zur Abschaltung von Solarstromgeneratoren im Schadensfall – eine Übersicht und Bewertung’*, Erweiterter Vortrag, 26. Symposium Photovoltaische Solarenergie, Bad Staffelstein, Tyskland, 02. – 04. März 2011, s. 594-599. Tilgjengelig fra: [http://www.pv-brandsicherheit.de/fileadmin/downloads\\_fe/Technische M%C3%B6glichkeiten\\_zur\\_Abschaltung\\_20\\_10\\_2011.pdf](http://www.pv-brandsicherheit.de/fileadmin/downloads_fe/Technische_M%C3%B6glichkeiten_zur_Abschaltung_20_10_2011.pdf)
- [4] Dr. Heribert Schmidt (2013), *‘Photovoltaik-Brandschutz – Fakten statt Phantome’*, Presseinformation Nr. 5/13, 07.02.2013 Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme ISE. Tilgjengelig fra: <http://www.ise.fraunhofer.de/de/presse-und-medien/pdfs-zu-presseinfos/2013/presseinformation-photovoltaik-brandschutz-2013-fakten-statt-phantome.pdf>
- [5] Björn Bansemer og Michael Halfmann (2013), *‘Brandverhalten von Photovoltaik-Modulen’*, *Technische Sicherheit*, 01/02-2013, s. 10-13.
- [6] Simone Krüger, Bernd Teichmann, Marie Despinasse og Benjamin Klaffke (2014), *‘Systematische Untersuchung des Brandverhaltens und des Feuerwiderstandes von PV-Modulen einschließlich der Emissionen im Brandfall und Entwicklung eines Prüfverfahrens zum Einfluss von PV-Modulen auf die harte Bedachung’*, F 2897 - Fraunhofer IRB Verlag. Tilgjengelig fra: <http://www.irbnet.de/daten/rswb/14049013841.pdf>
- [7] Bundesverband Solarwirtschaft (BSW), Deutsche Gesellschaft für Sonnenenergie (DGS), Zentralverband der Deutschen Elektro- und Informationstechnischen Handwerke (ZVEH), Berufsfeuerwehr München und Bundesvereinigung der Fachplaner und Sachverständigen im vorbeugenden Brandschutz e.V. (BFSB) (2011), *‘Brandschutzgerechten Planung-, Errichtung und Instandhaltung von PV-Anlagen’*. Tilgjengelig fra: [http://www.dgs.de/fileadmin/bilder/Dokumente/PV-Brandschutz\\_DRUCK\\_24\\_02\\_2011.pdf](http://www.dgs.de/fileadmin/bilder/Dokumente/PV-Brandschutz_DRUCK_24_02_2011.pdf)