

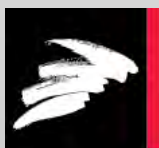
TEKNOLOGISK
INSTITUT

1. udkast til kommentering

Solceller

Baggrundsrapport for montage- og installationsvejledninger

- En anvisning til de mest gængse tagtyper



TEKNOLOGISK
INSTITUT

1. udkast december 2012



Indholdsfortegnelse

1	INDHOLD	4
2	FORUDSÆTNINGER OG GENERELT OM VEJLEDNINGERNE	4
3	TAGTJEK	6
4	MONTAGE PÅ TAGSTENSTAGE - BAGGRUND	8
4.1	TAGSTENSTAGE FASTGØRELSE VED K21 FALSTAGSTEN	10
4.2	TAGSTENSTAGE FASTGØRELSE PÅ VINGETEGLSTEN	17
4.3	TAGSTENSTAGE FASTGØRELSE PÅ BETONTAGSTEN	19
4.4	TAGSTENSTAGE MONTAGE MED ADGANG FRA TAGRUMMET	21
5	MONTAGE PÅ BØLGEPLADER AF FIBERCEMENT	24
5.1	FIBERCEMENTPLADETAGE MONTAGE MED ADGANG FRA TAGRUMMET	25
5.2	FIBERCEMENTPLADETAGE MONTAGE FRA YDERSIDEN	29
6	TAGPAPTAGE KAPITLET ER UNDER UDARBEJDNING	34
	GENERELLE PRINCIPPER	34
7	GENERELLE ANBEFALINGER	35
8	VEJLEDNING TIL UDFØRELSE AF EL ARBEJDE	37
8.1	GENEREL BESKRIVELSE AF GÆLDENDE BEKENDTGØRELSE	37
8.2	KABLER OG SIKKERHED	37
8.2.1	HVEM MÅ UDFØRE KABELFØRING	37
8.2.2	DIMENSIONERING AF KABLER	38
8.2.3	KABELFØRING – UDDRAG FRA BEKENDTGØRELSEN	38
8.2.4	KABELGENNEMFØRING I KLIMASKÆRM	41
8.2.5	KRAFTIGE BUK OG KLEMNINGER AF KABLER	41
8.2.6	FASTGØRELSE AF KABLER	41
8.3	INVERTEREN	42
8.3.1	HVEM MÅ MONTERE INVERTEREN	42
8.3.2	PLACERING AF INVERTEREN	42
8.4	RELÆ/FEJLSTRØMSSIKRING	43
8.4.1	HVEM MÅ TILSLUTTE HPFI RELÆ	43
8.4.2	HPFI RELÆ – UDDRAG FRA BEKENDTGØRELSEN	44



8.5	MÅLEREN	45
8.6	NET/FASETILSLUTNING	46
9	<u>BILAG</u>	<u>47</u>
9.1	SOLCELLETYPEN (KORT)	47
9.1.1	SILICIUM KRYSTALLISKE CELLER (MONO OG POLY)	47
9.1.2	TYNDFILMS CELLER	47
9.1.3	ORGANISKE OG POLYMER CELLER	47
9.2	FAGTERMER/ORDFORKLARING	48
9.3	STATIK	50
9.3.1	FASTGØRELSESMETODE	51
9.3.2	DIMENSIONERING	52
9.3.3	MONTAGESKINNER OG FASTGØRELSE	60
9.3.4	KANTAFSTANDE	66
10	<u>REFERENCER</u>	<u>69</u>

1 Indhold

Rapporten indeholder dels baggrundsmateriale til monterings- og installeringsvejledninger til håndværkere og rådgivere samt eksempler på monteringsvejledninger. Den vil blive udbygget og revideret løbende, efterhånden som flere resultater og erfaringer foreligger.

Vejledningerne skal henvende sig til alle montører og installatører af solcelleanlæg. Selve montagevejledningerne bliver en praktisk guide til, hvordan man anvender de beslag, der er tilgængelige på markedet på en måde, så man sikrer sig den byggeteknisk mest forsvarlige montage, i forhold til at undgå fugt- og konstruktionsskader.

Omkring elinstallationer informeres om hvem, der må udføre arbejdet, og hvordan det skal udføres iht. Gældende lovgivning.

2 Forudsætninger og generelt om vejledningerne

Vejledningerne i denne udgivelse beskriver montagen af solceller på de tagkonstruktioner, hvorpå standardmontageløsningerne ikke umiddelbart kan anvendes, uden at der opstår konflikt med tekniske standarder, konstruktionens sikkerhed, producentanvisninger mv. Problemerne opstår typisk på spinkle spær- og lægtekonstruktioner, som ofte ikke er i stand til at optage de samme lastpåvirkninger som de noget kraftigere konstruktioner, beslagssystemerne typisk er udviklet til.

Løsningerne er udarbejdet under hensynstagen til bestemmelserne i trænormen¹, professionel viden og erfaring med trækonstruktioner i Danmark samt normal dansk byggeskik og håndværksmæssig praksis. Derudover er erfaringer også hentet fra Tyskland, som har en lang historie med montage og drift af solcelleanlæg.

¹ DS/EN 1995-1-1 + AC:2007 "Trækonstruktioner - Del 1-1: Generelt - Almindelige regler samt regler for bygningskonstruktioner"

Afsnittet omkring håndtering af elkabler er udarbejdet på baggrund af den nye stærkstrømsbekendtgørelse².

Vejledningen er kun gældende for mindre bygninger som 1-familie boliger, rækkehuse mv., og dimensioneringen af anlæggets beslag og skinnesystem³ hører ikke under denne vejledning. Ligeledes behandler vejledningen ikke problemstillingerne omkring brand i bygninger med solcelleanlæg.

Det skal pointeres, at overvejelser omkring anskaffelse af et tagmonteret solcelleanlæg bør starte med en vurdering af den aktuelle tagkonstruktion. Nogle tagkonstruktioner skal forstærkes mens andre simpelthen ikke er egnede. Det kan enten være fordi de er gamle og skrøbelige, er svækket af råd eller andre skader eller bare for spinkle i konstruktion og samlinger. I afsnit 3 findes en tjekliste til vurdering af tagets egnethed. Tjeklisten er ment som en hjælp til en indledende vurdering af den aktuelle konstruktion inden montagen påbegyndes.

Baggrund

Rapporten – samt det videre arbejde med udarbejdelse af montagevejledninger er en del af: "Bygningsintegreret Solenergi", som er et fireårigt projekt under Teknologisk Institut. Projektet er finansieret af resultatkontraktmidler fra Styrelsen for Forskning og Innovation og har som overordnet sigte, at forbedre den samlede kvalitet i designet, projekteringen, installationen og udførelsen af solenergianlæg.

² SIK meddelelse – Elinstallationer, nr. 2/12

³ Her menes godstykkelser, skinnetype, skinnedimensioner mv.

3 Tagtjek

Nr.	Beskrivelse
1	Er den forventede restlevetid for taget længere eller lig solcellernes levetid? I tilfælde af en kort restlevetid på det eksisterende tag bør det overvejes, at fremskynde en udskiftning eller udskyde montagen af solceller da en nedtagning og genmontage af anlægget efter en kortere periode kan medføre omkostninger i en størrelsesorden der betyder, at investeringen ikke er rentabel.
2	Er spærene med kendt bæreevne? Efter ca. 1960 blev spær hovedsageligt fremstillet som standardprodukter ud fra anvisningerne i TOP-pjecerne af håndværkerne. Det er her muligt at fastslå bæreevnen ved at sammenligne dimensioner på spærhoved og –fod samt sømantal i knudepunkterne med tabellerne i pjecerne. Senere blev spær produceret på fabrik med samlinger af tandplader og i betydeligt mindre dimensioner end tidligere kendt. Disse spær er normalt forsynet med et stempel ved kip med angivelse af max. spærafstand og egenvægt af tag.
3	Spærhovedets dimensioner og spærafstand. Især spærhovedets bredde har betydning for hvilken montagemetode der kan anvendes for at sikre en forsvarlig forankring. På smalle spær (45 mm) anbefales det at anvende løsningerne angivet i denne vejledning.
4	Forankring af spærfod og fodrem. Ved ældre A-spær består fastgørelsen til fodremmen tit alene af 2 stiksøm i fodremmen. Dette betyder at fodremmen kan "kæntre" og spærets sadling over fodremmen forskydes. Med denne fastgørelsesmetode vil det være nødvendigt, at supplere samlingen med et egnet vinkelbeslag.
5	Egenvægt af eksisterende tag pr. m². Nogle typer af spær er dimensioneret således, at deres bæreevne er udnyttet tæt på 100 %. Nogle tagbelægninger på sådanne spær er endda blevet udskiftet til en tungere type.
6	Er spær og lægter angrebet af råd og/eller svamp? Det er især vigtigt at undersøge knudepunkter og områder, hvor solcellerne skal fastgøres, for skader.
7	Er der skader på lægter eller spær? Det bør undersøges om træet i lægter og spær er flækket som følge af søm/skruer hvor kantafstanden ikke er respekteret.

Tabel 1 - Vejledende levetider for typiske tagkonstruktioner (kilde: <http://www.levetider.dk>)

Taghældning 25-34 grader - koldt spidsloft undertag Bane MH	
Teglbelægning	
Vinge, lille overlæg	40 år
Vinge, stort overlæg	45 år
S-vinge, lille overlæg	40 år
S-vinge, stort overlæg	45 år
Falstagsten	50 år
Betonbelægning	
Falstagsten	50 år
Fibercement (uden asbest)	
Diagonalskifer	25 år
Skiferplader	25 år
Bølgeplader	25 år

4 Montage på tagstenstage - baggrund

To generelle ting frarådes ved montage af solcelleanlæg på tagstenstage:

- Det frarådes generelt at montere et solcelleanlæg i tagets lægter, da det er svært i praksis at sikre sig, at lægterne på et tag har den fornødne styrke, eller at lægternes forankring i spærerne er tilstrækkelig stærk. Foreligger der en faglig vurdering af spær/lægte konstruktionens egnethed, vil det i nogle tilfælde kunne forsvares.
- Det frarådes at anvende ansatsskruer til montage på tagstenstage, da disse kræver, at man gennemborer tagstenene og efterfølgende tætnes med en fleksibel pakning. Risikoen for ødelagte sten, utætheder ved pakningen og efterfølgende fugtskader er stor, og ingen fagfolk eller beslagproducenter anbefaler denne løsning.
På grund af deres store dimension, kan ansatsskruerne derudover kun sjældent overholde de krav til skruesamlinger der er angivet i Trænormen⁴.

På grund af ovenstående, har tyske producenter også, gennem mange år med solceller, udviklet en beslagstype, der monteres i spærerne og som ikke kræver gennemboring af tagstenene. Tagkrogene har været anvendt til montage af mange anlæg, også i Danmark, og de er også langt at foretrække frem for ansatsskruerne. Der opstår dog nogle problemer, når beslagene bruges på de meget smalle danske fabriksspær.

Løsningen, der er vist i det følgende, er udarbejdet for at imødekomme de problematikker der opstår, når de traditionelle montagesystemer anvendes på smalle spærkonstruktioner og dermed øger risikoen for efterfølgende konstruktionsskader eller fugtproblemer. For at kunne tage hensyn til disse ting, har det under udarbejdelsen af den viste løsning været nødvendigt at modificere et standardbeslag. Det betyder, at de viste beslag i skrivende stund ikke er en handelsvare. Producenten, der har leveret de anvendte beslag, har dog bekræftet, at de nye beslag uden videre kan leveres efter specifikationer.

Som nævnt, er nedenstående løsninger udarbejdet for at imødekomme problemerne ved montage af solceller på meget smalle spærkonstruktioner. På spær med en bredde på 55-60 mm eller mere, kan man anvende traditionelle beslag, og montere dem efter producentens anvisninger.

Generelle overvejelser ved montering af solceller på eksisterende tag

⁴ DS/EN 1995-1-1 + AC:2007 "Trækonstruktioner - Del 1-1: Generelt - Almindelige regler samt regler for bygningskonstruktioner"

- Hvis rygninger/grater er lagt i mørtel kan de 2-3 rækker tagsten herunder normalt ikke tages op, uden beskadigelse af tagsten eller rygning/grat. (Tilsvarende vil gøre sig gældende, hvor tagsten er nedlagt i mørtel, hvilket evt. kan være gjort ved gavle, brandkamme, omkring skorstene og tilsvarende inddækninger. Zinkinddækninger og tilsvarende kan ligeledes fastholde tagsten.
- Ventilationstagsten til ventilering af hulrum mellem tagsten og undertag samt ventilering af tagkonstruktion må som udgangspunkt ikke tildækkes. Der kan dog kompenseres herfra såfremt der foretages en fugtteknisk vurdering i det konkrete tilfælde. Tudtagsten der ventilere beboelsesrum må ikke tildækkes.

Inden arbejdet sættes i gang bør følgende fremskaffes:

- Ekstra tagsten, da der er risiko for at eksisterende tagsten beskadiges ved montering af solceller.
- Undertag og reparationstape i samme fabrikat som der er anvendt på den aktuelle tagkonstruktion. Hvis man ved et uheld laver større revner/flænger i undertaget forslås den beskadigede del af undertaget udskiftet iht. undertagsproducentens anvisning.

Undertagstypen kan typisk fastslås ved at afmontere et par tagsten og finde det påtrykte fabrikatnavn.

4.1 Tagstenstage

fastgørelse ved K21 falstagsten



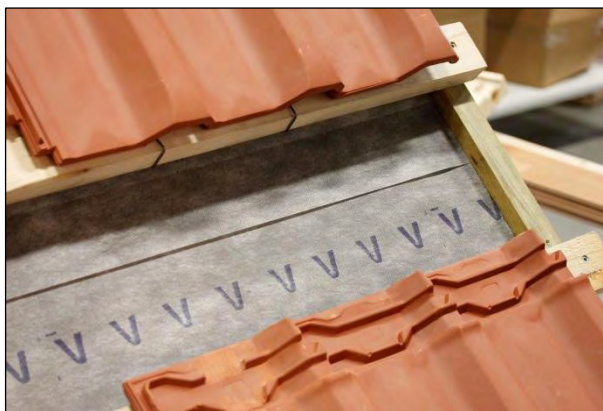
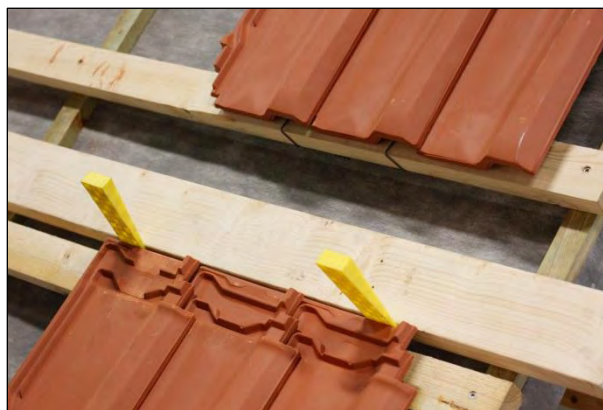
1.**Fjern tagstensrække**

Eksisterende tagsten fjernes, således der bliver plads til at lægge en planke mellem to spær med en længde på, i dette tilfælde, 1,35 meter (svarende til 6-7 tagsten)

Plankedimension: 45 x 120 mm

Beregning af plankens længde:

Spærafstand +
spærhovedbredde + dækbredde
+ (2 x 42mm)

**2.****Placér planke**

Med et par kiler hæves planken ca. 1 cm over overkant tagsten.

3.



Forbor

Der forbores med et 4 mm træbor i en dybde på 120 mm igennem planke og spær.

4.



Fastgør planke

Planken fastgøres med 2 stk. 6,0 x 120 mm, Kv. A2 - A4 Rustfri skruer.

5.

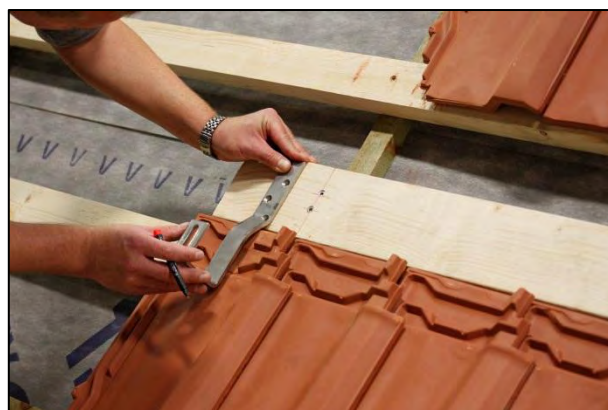


Tilpas tagsten

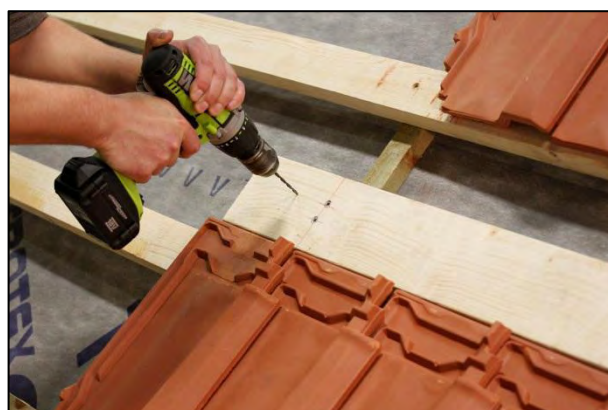
Med en vinkelsliber med diamantklinge tilpasses over- og underliggende tagsten i forhold til beslagets bredde. Der bør være 2-3 mm frigang på begge sider af beslaget.

6.**Klar til montage**

Planken er nu fastgjort til spærkonstruktionen med 2 x 2 skruer og er klar til montage af beslagene.

7.**Afmærk til forboring**

Beslaget placeres og der mærkes op i de 2 midterste huller.

8.**Forboring**

Der forbores med et 4 mm træbor.

! Boret må ikke være så langt at det kan beskadige undertaget.

9.



Fastgørelse

Beslaget fastgøres med 2 stk.
6,0 x 45 mm skruer, beregnet til
udendørs brug.

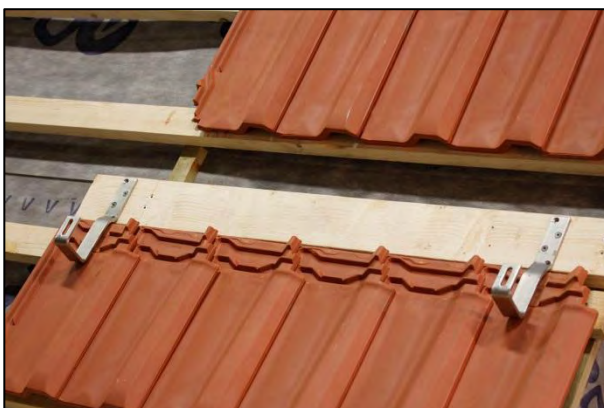
10.



Tjek afstand

Der bør være ca. 5 mm frigang
mellem beslag og underliggende
tagsten. Dette kontrolleres nemt
med en 5 mm. afstandsklods.

11.



Monterede beslag

12.**Oplæg tagsten**

Tagstenene lægges tilbage. Vær omhyggelig med at få den tilpassede tagsten til at ligge rigtigt over beslaget.

13.**Forboring**

Ved oplægningen af tegltagstenen skal disse bindes iht. anvisningen Tegl 36. Ved K21 tagsten er det ikke muligt at anvende sidefalsbindere pga. planken. Derfor forbores der et i tagstenens top med et 6 mm murbor (der bores uden slag)

14.**Fastgørelse**

Tagstenen fastgøres med en 4,5 x 45 mm spenglerskrue kv. A2 rustfri med Ø15 mm skive og gummi underlag.

15.



Tjek fastgørelse

Skruen må ikke spændes
hårdere end at tagstenen kan
løftes ca. 3-4 mm i bunden.

16.



Klar til skinnemontage

Skinnesystemet kan nu
monteres efter producentens
anvisninger.

4.2 Tagstenstage

fastgørelse på vingeteglsten



INFO!

Fremgangsmåden for montage på vingeteglsten er den samme som beskrevet for K21 falstagstenen. Dog er der mindre variationer som følge af stenedes forskellige udformninger. Disse er vist herunder.

1.**Tilpas tagsten**

For at tagsten kan lægge korrekt mod de øvrige tagsten er det nødvendigt at bortskære knasten til den traditionelle anvendte JP-binder.

Tagstenene fastgøres i stedet med en 4,5 x 45 mm spenglerskrue kv. A2 rustfri med Ø15 mm skive og gummi underlag (se punkt 13-15 i vejledningen for K21)



4.3 Tagstenstage

fastgørelse på betontagsten



INFO!

Fremgangsmåden for montage på betontagsten er den samme som beskrevet for K21 falstagstenen. Dog er der mindre variationer som følge af stenedes forskellige udformninger. Disse variationer er vist herunder:

1.**Tilpasning af tagstenen****2.****Færdigt resultat**

For nogle typer beton tagsten vil de eksisterende sidefalsbindere kunne anvendes igen. Ved lægning af tagstenene bindes de iht. tagstens producentens anvisning.



4.4 Tagstenstage

montage med adgang fra tagrummet

INFO!

Løsningerne til tagstenstage, som er vist i det foregående, er udviklet til tagkonstruktioner med undertage og er specielt egnet hvis der ikke er adgang fra tagrummet.

Hvis der er adgang fra tagrummet og taget ikke har undertag, kan man montere fuldtømmer på vinkelbeslag mellem spærene og dermed undgå at fjerne tagstenene udefra, hvilket letter arbejdsgangen. Tømmeret monteres med vinkelbeslag på siden af spæret med 3 skruer i hver side. Herefter kan de traditionelle tagkroge anvendes, som er beregnet til montage direkte i spærene (og i dette tilfælde også i tømmeret)

Tage uden undertag er typisk tage med en understrygning af tagstenene, som skal sikre tætheden af taget. Understrygning blev tidligere udført med mørtel eller en bitumenbaseret klæber som dermed skal brydes op og reetableres efterfølgende. I praksis betyder det, at solceller ikke bør monteres på understrøgne tage med mindre tagets underside er tilgængelig, således der løbende kan vedligeholdes på understrygningerne.

Man skal være opmærksom på, at en ældre mørtelunderstrygning nemt kan revne og falde ud i forbindelse med montagen af solcellebeslagene. Vær derfor særlig opmærksom og omhyggelig med den efterfølgende reparation.

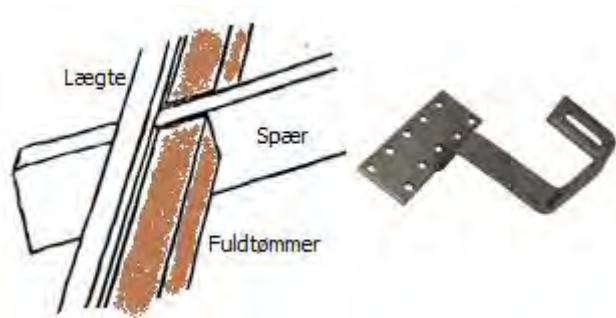
1.**Materialeliste**

Følgende materialer anvendes:

- Vinkelbeslag 70 x 55
- 75x75 fuldtømmer
- Skruer 4,2/45mm

Inden montagen påbegyndes måles afstanden mellem de aktuelle spær og fuldtømmeret tilpasses hertil. Monter et vinkelbeslag i hver side.

Fuldtømmeret placeres mellem spærerne, så oversiden af tømmeret flugter med oversiden af spærerne og tømmerets "bagkant" flugter med lægtens "forkant". Se illustration.



5 Montage på bølgeplader af fibercement

Et bølgepladetag af fibercement opbygges typisk med en spærkonstruktion, hvorpå der fastgøres åse eller lægter afhængig af spærafstanden.

På tage med stor spærafstand eller stor faldhøjde kan der under åse være monteret trædesikkert underlag i form af net eller banevare.

Tage med åse

Ved montage på tage med åse, der typisk er planker eller fuldtømmer af træ, kan ansatsskruer monteres direkte i åsene ved at fjerne de tagskruer, der holder tagpladerne. Hullerne bores op, hvorefter ansatsskruer skrues direkte ned i åsene. Det er vigtigt, at gummimuffen på ansatsskruerne bliver klemmt mod bølgepladen.

Tage med lægter

Ved montage på tage med lægtekonstruktion kan denne løsning ikke anvendes, da lægtedimension eller lægternes fastgørelse i spær ikke skaber fornøden sikkerhed mod vindsug på solcellepanelerne.

Lægter – adgang fra tagrum

Hvis der er adgang til tagrummet, monteres 75 x 75 mm tømmer direkte under lægterne og fastgøres med vinkelbeslag, der skrues på siden af spærhovedet. Herefter monteres ansatsskruer som beskrevet for åse af planker eller fuldtømmer.

Lægter – kun adgang fra yderside

Hvis forstærkning til montage af ansatsskruer skal monteres fra tagets yderside, løsnes en række tagplader, så de kan skubbes op under overliggende plade. Herefter kan en 45 x 120 mm høvlet planke monteres på oversiden af spæret og fastgøres med 2 skruer ned i spærhovedet. Planken placeres så den går fri af den underliggende plades overkant. Samlinger stødes over et spær og planken fastgøres til spæret med vinkelbeslag på undersiden. Inden tagpladerne skubbes på plads, udmåles afstand fra pladernes fastgørelshuller op til midten af planken. Nu opmærkes for huller til ansatsskruer i forhold til bølgepladernes fastgørelsesskruer, hvorefter der først bores hul i pladetop og derefter forbores for ansatsskruen i den underliggende planke.

Ansatskruer skal altid placeres i pladernes bølgetoppe, og det sikres at gummimuffen på ansatsskruerne bliver klemmt mod bølgepladen efter montagen for at sikre vandtæthed.

5.1 Fibercementpladetage

montage med adgang fra tagrummet



1.**Materialeliste**

Denne vejledning er baseret på en undersideforstærkning af de lægter hvori der monteres ansatsskruer. Følgende materialer anvendes:

- Vinkelbeslag 70 x 55 mm
- 75x75 fuldtømmer
- Skruer 4,2/45mm

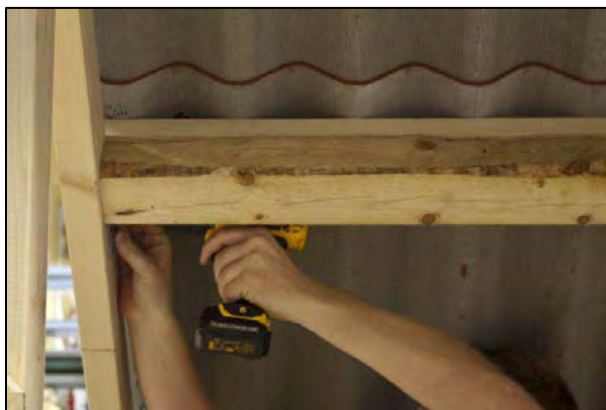
Inden montagen påbegyndes måles afstanden mellem de aktuelle spær og fuldtømmeret tilpasses hertil. Monter et vinkelbeslag i hver side.

2.**Monter forstærkningen**

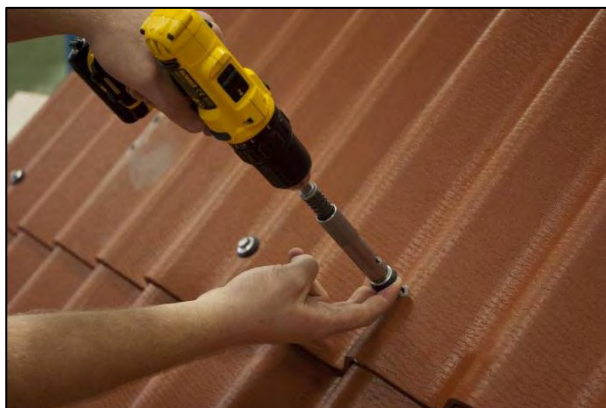
Alle de lægter hvori der skal monteres ansatsskruer forstærkes af fuldtømmer.

! Vinkelbeslag skal vende nedad.

! Overside af tømmeret skal flugte med overside lægte.

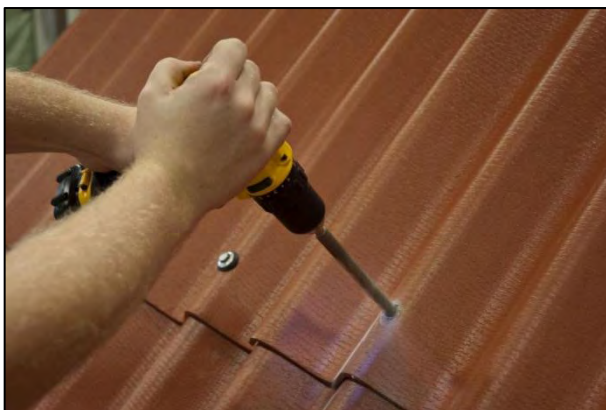
3.**Fastgør vinkelbeslag**

Der skrues med 3 stk. 4,2x45mm skruer.

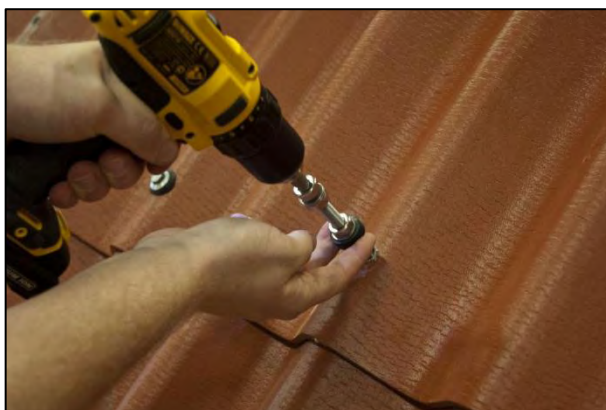
4.**Fjern tagskruerne**

På udvendig side fjernes de tagskruer, som skal erstattes med ansatsskruer.

! Pas på med at fjerne så mange skruer af gangen, at pladerne flader ned.

5.**Forbor til ansatsskruerne**

Hullerne til tagskruerne i fibercementpladerne bores op med et 13 mm murbor.

6.**Montering af ansatsskruerne**

Der forbores med 7 mm træbor inden ansatsskruerne skrues i de forstærkede lægter.

7.



Møtrikken spændes således, at gummihætten slutter tæt om fibercementpladen. Pas dog på med at overspænde.

8.

Efter montage af ansatsskruerne monteres skinnesystemet efter producentens anvisninger.

5.2 Fibercementpladetage

montage fra ydersiden



1.**Gør plads**

Fibercementpladerne fjernes hvor montageskinne skal fastgøres.

Dette kan gøres ved at løsne skrueene og skubbe pladen op under den overliggende plade.

! Der bør placeres mindst ét beslag i hvert spærfag på langs af taget.

(På billederne er isolering, indvendig beklædning mv. ikke vist)

2.**Monter udvekslingsplanke**

På tværs af spærene monteres en udvekslingsplanke 120 x 45 mm, med 2 stk.
6,0mmx120/60mm skrue i hvert spær

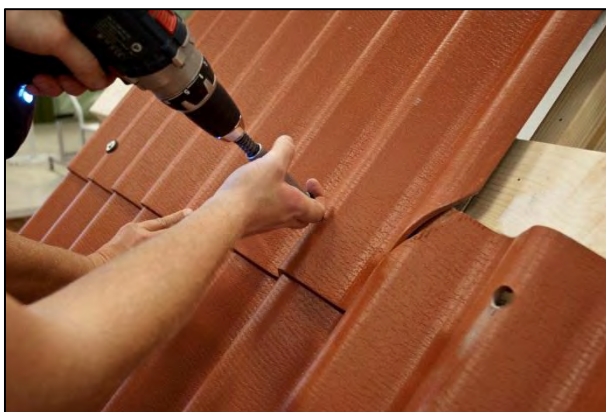
! Det er vigtigt, at skrueer placeres i midten af spæret, samt at der forbores.

! Afstanden fra plankens underside til underliggende fibercementplade bør være minimum 5mm. Kan sikres med afstandsklodser (gul klods på billede).

3.**Stødsamling af flere planker**

Hvis der skal så mange paneler op, at én planke ikke er lang nok, laves stødsamlinger henover spæret.

Dette gøres ved at fastgøre vinkelbeslag i plankens ender, $\frac{1}{2}$ x spærbredde fra kanten. De to plankeender stødes på midten af spæret og fastgøres med 3 stk. skruer, minimum 4,2x45mm.

**4.****Placér fibercementplade**

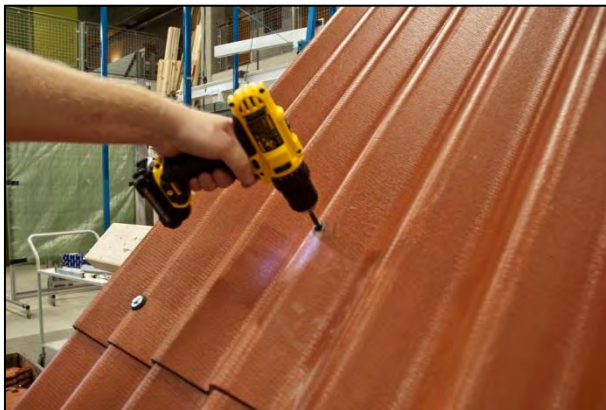
Fibercementpladen lægges tilbage på plads og skrues fast med de oprindelige skruer.

! Husk at måle afstanden fra skruer til midten af planken, således at punktet, hvor der skal forbores, kan findes.

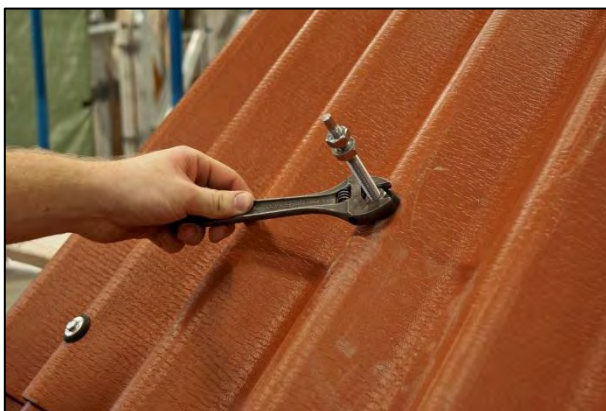
5.**Forbor til ansatsskruen**

Der forbores huller til ansatsskruerne i fibercementpladen med 13 mm murbor.

Det er vigtigt, at man rammer midt i den underliggende planke og at hullet bores på en bølgetop!

6.**Forbor planken**

Når der er boret igennem fibercementpladen forbores hul i den underliggende planke med 7 mm. træbor

7.**Monter ansatsskruen**

Ansatskruen monteres i de forborede huller.

Møtrikken spændes således, at gummihætten slutter tæt om fibercementpladen. Pas dog på med at overspænde.



8.

Efter montage af ansatsskruerne monteres skinnesystemet efter producentens anvisninger.



6 Tagpaptage

Kapitlet er under udarbejdning

Input modtages gerne

generelle principper

Montagesystemer til tagpaptage:

http://www.icopal.dk/Produkter/Solcelle_Konsolsystem.aspx

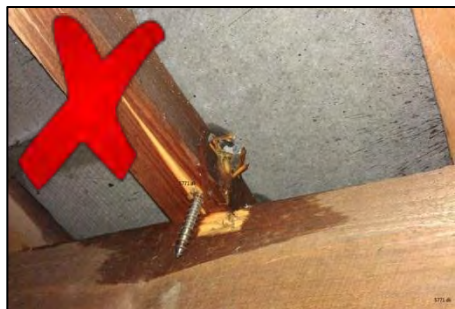
http://www.jual.dk/update_2012/products/product.asp?item=301&language=dk

<http://www.solia.dk/montering>

<http://www.phonixtag.dk/solceller-0>

7 Generelle anbefalinger

OBS.	Hvorfor?
montere i lægterne	Mange huse har spinkle lægter der ikke er tilstrækkelig fastgjort i de bærende spærkonstruktioner. Sådanne lægter egner sig ikke til at bære et solcelleanlæg og modstå de lastpåvirkninger der opstår som følge af vind og sne. Derudover er risikoen for at lægterne simpelthen flækker, stor, når der bores en montageskrue ned i dem.
gennembore tagsten	At gennembore tagsten for at montere solcelleanlæg frarådes generelt, da man herved øger risikoen for at stenene ødelægges eller forskubbes sig så pakningen ikke slutter tæt.
bore i tagbelægningens bølgedale	Det mest udsatte sted på tagbelægninger med bølger er bølgenes bund. Her samler alt vandet sig nemlig når det regner. Det er derfor ganske uhensigtsmæssigt at gennembore tagfladen lige hér. Selvom der sidder en gummipakning på beslaget, kan det ske, at der opstår utætheder, da pakningen vil ældes og blive sprød.
montere på tagbelægningens skrå sider	Det giver næsten sig selv, at en montageskrue der skrues lodret ned i et spær og hvis pakning rammer en skrå flade, vil give problemer med tætheden. Så derfor – husk altid at montere i bølgenes top.
træde på beslag og lægter under montagen	Mange lægter, typisk på lidt ældre huse, kan nemt tage skade, hvis man går på dem under montagen. Det samme gør sig gældende for de beslag der allerede er monteret; De bliver udsat for belastninger og vrid de ikke er beregnet til, og man kan risikere at ødelægge både beslag og tag allerede inden panelerne er sat op!
beskadige et evt. undertag.	Undertaget er meget vigtigt for tætheden af en tagkonstruktion. At beskadige undertaget kan derfor have alvorlige følger i form af indtrængende fugt og efterfølgende råd- og svampeskader i træværket.



8 Vejledning til udførelse af el arbejde

Der vil i dette afsnit blive gennemgået nedenstående punkter, med det formål at give en anbefaling til udførelsen, ud fra den gældende lovgivning:

- Kabler og føring her af
- Inverteren⁵ og placering heraf
- Relæ/fejlstrømssikring
- Måleren
- Net/fasetilslutning
- Generel lovgivning

Tekst skrevet i *kursiv* er citater fra reglementer, bekendtgørelser og lign.

8.1 Generel beskrivelse af gældende bekendtgørelser

Inden for den elektriske del af installationen, er det Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6 og afsnit 6A, kapitel 712, samt en meget væsentlig SIK-meddelelse for elinstallationer nr 2/12, som er gældende.

Meddelelsen afgrænser hvilke arbejdsopgaver der skal udføres af en autoriseret elinstallatør og hvornår det ikke er nødvendigt.

I Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6A, kapitel 712, er en uddybende ordforklaring inden for solcelle begreber, samt hvilke krav der specielt stilles til solcelle installationer, fx hvilken fejlstrømssikring der skal anvendes i forhold til inverteren.

Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6 skal altid overholdes i forbindelse af installation af solceller, uanset hvem der monterer og installerer, også selvom der ikke er krav til, at det er en autoriseret elinstallatør, der skal udføre arbejdsopgaven. I Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6 er retningslinierne for hvordan elinstallationer skal udføres, fx hvordan kabler skal føres og hvilken dimension de skal have.

8.2 Kabler og sikkerhed

8.2.1 Hvem må udføre kabelføring

Jf. SIK-meddelelse for elinstallationer nr 2/12: *Montage og sammenkobling af de enkelte dele af en solcelleinstallation, som udgør ét samlet produkt, er ikke omfattet af elinstallatørlovens bestemmelser, såfremt der foreligger en beskrivelse af montagen og sammenkoblingen.*

Ovenstående betyder altså, at hvis der er tale om en samlet "Solcellepakke", hvortil der er leveret en beskrivelse af monteringen og sammenkoblingen, så skal man ikke overholde elinstallatørlovens bestemmelser. Der står endvidere:

Sammensættes en solcelleinstallation af en række forskellige produkter, hvor der ikke foreligger en samlet beskrivelse af montage og sammenkobling, er sammenkoblingen

⁵ Veksleretter/inverter, Se ordforklaring i bilag

og montagen af den samlede solcelleinstallation forbeholdt autoriserede elinstallatører samt personer og virksomheder, der som erhverv producerer, reparerer og vedligeholder solcelleinstallationer. Dette følger af elinstallatørlovens 3, stk. 2.

Det anbefales for at få den bedste løsning, at det er elektrikeren (El-installatøren) der udfører dette, taggennembrydningen anbefales det, at det udføres i samarbejde med tømreren/montøren.



8.2.2 Dimensionering af kabler

Kommer.

Dette afsnit vil indeholde en forklaring af kvadrat på kabler.

8.2.3 Kabelføring – uddrag fra bekendtgørelsen

Kabelføring skal altid overholde kravene i Stærkstrømsbekendtgørelsen uanset hvem der udfører arbejdet, jf. SIK-meddelelse for elinstallationer nr. 2/12:

Det bemærkes, at bestemmelserne i stærkstrømsbekendtgørelsen skal overholdes, uanset hvem der monterer og sammenkobler anlægget. Der henvises særligt til afsnit 6, kap. 55 og afsnit 6A, kap. 712.

Der stilles desuden krav til det materiale der må anvendes, Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6A, 712.522.8.1:

Solcellestrengens ledninger, solcellepanelernes ledninger og solcellers jævnstrøms hovedledninger skal vælges og installeres på en sådan måde, at risikoen for jordfejl og kortslutning minimeres.

Note Dette kan fx opnås ved at forstærke beskyttelsen af ledningerne mod ydre påvirkninger ved anvendelse af ledninger, som ud over grundisolation er forsynet med ekstra isolation (kappe).

Samt Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6A, 712.522.8.3:

Ledningssystemer skal kunne modstå de forventede ydre påvirkninger som fx vind, isdannelse, temperatur og solbestråling.

Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6, 132.7 Ledningssystemer og installationsmåder:

Valget af ledningssystem og installationsmåde afhænger af:

- *Områdets art.*
- *Arten af vægge og andre bygningsdele, som bærer ledningssystemet.*
- *Ledningssystemets tilgængelighed for personer og husdyr.*
- *Spænding.*
- *De elektromagnetiske påvirkninger, der kan opstå ved kortslutning.*
- *Andre påvirkninger, som ledningssystemet kan blive udsat for under udførelsen af installation eller under drift.*

Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6, 514.2 Ledningssystemer:

Kabler og ledninger skal være anbragt eller mærket på en sådan måde, at de kan identificeres ved eftersyn, prøvning, reparation eller ændring af installationen.

Der henvises generelt til Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6, kapitel 52, Valg og installation af ledningssystemer. Herunder er de væsentligste tabeller fra dette kapitel vist:

521.6 Rør og ledningskanalsystemer.

Det er tilladt at fremføre flere strømkredse i samme rør eller ledningskanalsystem, forudsat at alle ledere er isoleret for den højeste forekommende nominelle spænding. Se i øvrigt 462.3.



Tabel 52-A

(IEC tabel 52F) - Valg af ledningssystemer

Fremføring Ledninger og kabler		Uden fastgørelse	Fast-gjort direkte	I installati onsrør	I lednings kanalsys temer 1)	I lukket lednings kanal	På kabelstige, kabelbakke m.v.	På isolatorer	På bæretråd
Uisolerede ledere		÷	÷	÷	÷	÷	÷	+	-
Isolerede ledere		÷	÷	+	+2)	+	÷	+	-
Kabler og ledninger med kappe (herunder armede og mineraliserede kabler)	Flerleder	+	+	+	+	+	+	0	+
	Enleder	0	+	+	+	+	+	0	+

+ : Tilladt
÷ : Ikke tilladt

0 : Uanvendeligt eller anvendes ikke i praksis

1) Herunder listesystemer, gulvkanalsystemer m.v.
2) Isolerede ledere er tilladt, hvis dækslet kun kan åbnes ved brug af værktøj eller ved særlig anstrengelse med hånden, og hvis ledningskanalsystemet mindst er IP4X eller IPXXD.

Tabel 52-B - Installation af ledningssystemer
(svarer til IEC tabel 52g tilpasset 2. udgave af IEC 60364-5-523)

Fremføring af ledninger og kabler Anbringelse	Uden fastgørelse	Fast-gjort direkte	I installati onsrør	I ledningskan alsystemer 1)	I lukket ledningskanal	På kabelstige, kabelbakke m.v.	På isolatorer	På bæretråd
I bygningshulrum	15, 16, 40, 47	0	15, 16, 41, 42	÷	43, 44	30, 31, 32, 34	÷	-
I kabelkanal	56	56	54, 55	6, 7, 8, 9	43, 44	30, 31, 32, 34	÷	-
I jord	72, 73	0	70, 71	÷	70, 71	0	÷	-
Skjult i byggningsdele o.l.	3	3, 57, 58	1, 2, 59, 60	50, 51, 52, 53	45, 46	0	÷	-
Udvendig på byggningsdele o.l.	÷	20, 21, 22, 33	4, 5	6, 7, 8, 9, 12, 13, 14	0	30, 31, 32, 34	36	-
I fri luft	÷	÷	0	10, 11	÷	30, 31, 32, 34	36	35
Nedsænket i vand	80	80	0	÷	0	0	÷	-

Tal i rubrikkerne betyder tilladt. Tallene henviser til numrene i tabel 52-D2.

÷ : Ikke tilladt

0 : Uanvendeligt eller anvendes ikke i praksis

1) Herunder listesystemer, gulvkanalsystemer m.v.

Tabel 52-D2

Kommer – tabellen illustrere hvordan kablerne skal føres i de forskellige situationer, kommer evt som bilag.



8.2.4 Kabelgennemføring i klimaskærm

Under udarbejdelse.



8.2.5 Kraftige buk og klemninger af kabler

Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6, Andre mekaniske påvirkninger:

522.8.1.2 *Alle bøjninger i ledningssystemet skal have så stor en radius, at ledninger og kabler ikke lider skade.*

8.2.6 Fastgørelse af kabler

Se tabel 52-D2.

8.3 Inverteren

8.3.1 Hvem må montere inverteren

Selve monteringen af inverteren er der ingen krav til hvem der må udføre, men det er kun en autoriseret elinstallatør, der må tilslutte inverter til gruppe-tavle. Tilkobling af kablerne fra solcellerne til inverteren må ligeledes kun udføres af en autoriseret elinstallatør, med mindre det er en del af ét samlet produkt og der foreligger en beskrivelse for udførelsen; i så fald er der ingen krav til hvem der må udføre det. At det er en autoriseret elinstallatør der må udføre det, vil sig at en elektriker der arbejder i en virksomhed med en el-autorisation, kan arbejde på denne autorisation.

Jf. SIK-meddelelse for elinstallationer nr 2/12, se "Hvem må udføre kabelføring".



8.3.2 Placering af inverteren

Der er ingen regler for hvor inverteren skal placeres, der vil næsten altid være en anvisning fra producenten om hvilke krav, de stiller til placeringen. Generelt skal der sørges for, at inverteren kan komme af med overskudsvarmen, og derfor placeres den med så lav omgivelsestemperatur som mulig. En placering udendørs, tørt og skyggefuldt, vil derfor i de fleste tilfælde være optimalt (hvis producenten tillader det). En udendørs placering kan dog besværliggøre kabelføringen. Det bør sikres, at den ikke placeres i nærheden af udendørs opholdssteder og der skal tages hensyn til naboer. Ved placering indendørs, vil det anbefales, at den placeres i ikke-opholdsrum såsom bryggers eller andre rum, der ikke opvarmes i samme grad som opholdsrum. Mange invertere laver en let summen, så ved placering skal der også sikres, at dette ikke giver gener, der henvises igen til at den placeres i ikke-opholdsrum. Det er imidlertid kun, når solcellerne producerer strøm (i solskin), at inverteren "summer".



8.4 Relæ/fejlstrømssikring

8.4.1 Hvem må tilslutte HPFI relæ

Det er kun en autoriseret elinstallatør, der må tilkoble installationen til relæ, net og vekselretter.



8.4.2 HPFI relæ – Uddrag fra bekendtgørelsen

Der skal i almindelige husinstallationer (kendt som TT net) monteres et separat HPFI relæ, der alene dækker solcelleinstallationen.

Valget af vekselretter har betydning for hvilket relæ-type der skal anvendes som forkobling. Der er to typer af vekselrettere:

- Med transformer og galvanisk adskillelse klasse I
- Transformerløse som er uden galvanisk adskillelse

Hertil hører der to typer af relæer/fejlstrømsafbrydere:

- En type A HPFI, kan ikke detektere pulserende DC⁶ fejlstrømme, kun AC⁷.

⁶ DC, direct current, oversat til dansk er det jævnstrøm

- En type B HPFI, kan både detektere AC, pulserende DC og DC fejlstrømme.

Jf Stærkstrømsbekendtgørelsen afsnit 6A, kapitel 712.413.1.1.1.2:

Hvor en elektrisk installation omfatter et solcellesystem uden mindst en enkel adskillelse mellem vekselstrømsiden og jævnstrømsiden, skal en fejlstrømsafbryder, der er installeret for at give beskyttelse mod fejl ved automatisk afbrydelse af forsyningen, være af type B i henhold til IEC 60755, amendment 2.

Note Fejlstrømsafbrydere af type B i henhold til IEC 60755 er en type, der fungerer ved fejlstrømme med jævnstrømsindhold over 6 mA.

Hvor solcelleinverteren ved sin konstruktion ikke er i stand til at levere fejlstrømme med jævnstrømsindhold til den elektriske installation, kræves ikke en fejlstrømsafbryder af type B i henhold til IEC 60755 amendment 2.

Citat sikkerhedsstyrelsen⁸: "Det skal forstås på den måde, at installatøren skal sikre at solcelleinverteren er beskyttet mod indirekte berøring (fejlbeskyttelse). I Danmark, hvor der normalt anvendes TT-systemer, vil der således normalt også skulle installeres en fejlstrømsafbryder, når der er tale om en inverter af klasse I.

Denne fejlstrømsafbryder skal som udgangspunkt være af typen B.

Såfremt fabrikanten af inverteren klart dokumenterer, at inverteren ved sin konstruktion er sikret imod at levere fejlstrømme med et jævnstrømsindhold over 6 mA ud på installationssiden, kan installatøren vælge en fejlstrømsafbryder af typen A.

Idet nogle anlæg genererer lækstrømme på mere end 30 mA, vil det i mange tilfælde, af driftstekniske årsager, være nødvendig at installere en PFI-afbryder type B. I dette tilfælde skal installatøren være særligt opmærksom på, at jordovergangsmodstanden udføres i overensstemmelse med stærkstrømsbekendtgørelsen, afsnit 6, 413.1.4.2 ($RA \times I_a \leq 50V$)."

Dvs. at den transformerløse inverter skal forbindes til et type B relæ, da den ikke har galvanisk adskillelse, mens inverteren med transformer kan nøjes med type A relæ. Producenten foreskriver typisk hvilken type relæ der skal bruges.

Der kan typisk opnås den højeste virkningsgrad i den transformerløseinverter, men det har den ulempe, at type B relæet er væsentligt dyrere end type A. Det vil dog normalt over tid kunne svare sig med den højere virkningsgrad.

8.5 Måleren

Det er i mange tilfælde nødvendigt at udskifte måleren, til en, der enten kan køre/tælle baglæns eller til en med to tællere. Dette er imidlertid meget forskelligt fra forsyningsselskab til forsyningsselskab.

Det er forsyningsselskabet selv der skifter måleren ud.

⁷ AC, alternating current, oversat til dansk er det vekselstrøm

⁸ Citat, sikkerhedsstyrelsen: <http://www.sik.dk/Professionelle/EI/Spoergsmaal-og-svar-om-el/Solceller>



8.6 Net/fasettilslutning

Til de større anlæg er inverteren 3 faset, og derfor giver tilslutningen sig selv. Til de mindre anlæg er inverteren typisk 1 faset; der er her til ingen krav om, hvilken fase man skal tilslutte sig. Det anbefales imidlertid, at den enkelte installatør er opmærksom på at fordele sine anlæg ligeligt på alle tre faser.

Det er kun en autoriseret elinstallatør der må foretage net/fasettilslutningen.

9 Bilag

9.1 Solcelletyper (kort)

Typisk inde for alle typer af solceller så følges pris og kvalitet, samt celler med høj virkningsgrad som regel også er dyrere. Baggrundspladen på solcellemodulerne har umiddelbart ingen indvirkning på selve cellerne, men er kun af synsmæssig betydning.

9.1.1 Silicium krystalliske celler (mono og poly)

Monokrystalliske siliciumceller, er sort eller mørkegrå og har en ensartet overflade, η : 15-18 %.

Nedenfor ses to typiske modeller, til venstre med sort baggrundsplade og sort ramme, og til højre med hvid baggrundsplade og alu-ramme.

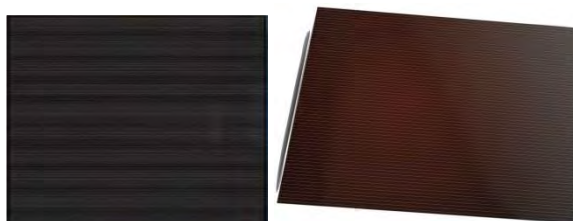


Polykrystalliske siliciumceller, er i blålige nuancer og har en levende overflade at se på, η : 12-15 %. Nedenfor ses to typiske modeller, til venstre med sort baggrundsplade og sort ramme, og til højre med hvid baggrundsplade og alu-ramme.



9.1.2 Tyndfilms celler

Oprindeligt kendt fra lommeregner mm, findes du også som paneler og kan laves fleksible, denne type celler kan fås i flere forskellige farvenuancer men ses oftes i sort, η : 6-10 %. Nedenfor ses to typiske modeller, til venstre med sort farvenuance uden ramme, og til højre med brun farvenuance uden ramme.



9.1.3 Organiske og polymer celler

Kommer.

9.2 Fagtermer/ordforklaring

Solcelle:	Grundlæggende solcelleenhed, som kan generere elektricitet, når den udsættes for lys som fx solstråler. Engelsk betegnelse PV cell (Photovoltaics).
Solcellemodul:	De enkelte solceller kobles sammen og bliver til et solcellemodul. Det er den mindste samling af sammenkoblede solceller, der er fuldstændigt beskyttet mod omgivelserne. Engelsk betegnelse PV modul.
Solcellestreng:	Kreds, hvori solcellemodulerne er forbundet i serie for at generere den krævede udgangsspænding til et solcellepanel. Engelsk betegnelse PV string.
Solcellepanel:	Mekanisk og elektrisk integreret samling af solcellemoduler og andre nødvendige komponenter, så der dannes en jævnstrømsforsyning.
Elinstallatør:	Er en overbygning til elektriker uddannelsen. I et elektriker firma er det ham der står med ansvaret for at elektrikernes arbejde overholder stærkstrømsbekendtgørelsens krav, da de arbejder på elinstallatørens autorisation. Det er typisk ikke elinstallatøren selv der udfører arbejdet, så når der står beskrevet, at man skal være autoiriseret elinstallatør for at måtte udfører arbejdet, så betyder det at en almindelig elektriker der arbejder under en autoiriseret elinstallatør også må udfører det, netto fordi han arbejder på elinstallatørens autorisation.
kW {kilo watt}:	Er udtrykket for den effekt som der produceres på et sekund. Rent fysisk er 1watt lig 1joule/sekund. Kilo betyder, ligesom i andre sammenhænge, tusind, altså tusind watt. Hvor stor en effekt ens solcelle anlæg kan (cirka) beregnes ved gange soleffekten [W/m^2] på den aktuelle placering (fx fra dmi.dk), med solcelleanlægget samlede panelareal [m^2] og ganget med panelernes modulvirkningsgrad [%].
kWp {kilo watt peak}:	Er udtrykket for anlæggets maksimale effekt ydelse under de bedste omstændigheder (testet i et laboratorium). Dette er typisk den værdi der opgives for at anviser hvor meget anlægget maksimalt kan producere.
kWh {kilo watt timer}:	Er udtrykket for den energi der produceres, som reelt udregnet på årsbasis. Denne værdi findes ved at gange kW værdien med antallet solskinstimer, altså kilo watt gange timer (h for hours). Det er meget svært at

	beregne helt præcist, da der er utroligt mange forhold der spiller ind, men cirka beregningen er dog en meget god guideline. Ens elregningen opgøres, til sammenligning, også i kWh.
Cellevirkningsgrad:	fortæller hvor meget af solens energi der udnyttes, typisk 15-18%. Udregnet normalt pr kvadrat meter celle.
Modulvirkningsgrad:	Her i med regnes de dele af modulet der ikke producere som fx rammen, denne er derfor lavere end cellevirkningsgraden.
Inverter:	På danske er det korrekte udtryk vekselretter, men inverter er det mest anvendte. Vekselretteren omdanner den, af solcellerne, producerede jævnstrøm/spænding til vekslestrøm/spænding, som er den type elektricitet der anvendes i normale hushold.
Inverter effekt:	Der er ofte angivet en effekt (kW) på inverteren, denne fortæller hvor meget effekt den tillader at der sendes igennem (transformeres fra jævnstrøm til vekselstrøm), dvs. at selvom celler producere mere, begrænser inverteren hvad der sendes ud på nettet. Dette kan bruges til at holde sig under 6kW grænsen på nettomålerordningen (2012), og derved få fuldt udbytte i en længere periode.
Fabriksgaranti:	Garanti for anlæggets holdbarhed, da det normalt er forskellige producenter der står bag de forskellige komponenter, kan man godt risikere at der ikke gives en samlet garanti. Typisk har inverteren en levetid omkring 10år mens solcellernes er på 30år.
Ydelses/effekt-garanti:	Er en garanti der gives på anlæggets ydelse, angives typisk med en procentsats af hvad det maksimale ydelses/effekt tab er efter fx 20 år. Det er dog ikke en garanti for anlæggets holdbarhed.
Fejlstrøm:	Strøm der opstår på grund af isolationsfejl. Engelsk betegnelse, fault current.
Tomgangsspænding:	Spænding under standardprøvebetingelser. Engelsk betegnelse, open voltage conditions.
Kortslutningsstrøm:	Overstrøm, der skyldes en fejl med uvæsentlig impedans mellem spændingsførende ledere som under normale driftsforhold har forskelligt potentiale. Engelsk betegnelse, short-circuit current.

9.3 Statik



Figur 1 - Parallelmonterede solceller (Kilde: www.schletter.de)

Solcellepaneler og deres fastgørelser skal have tilstrækkelig styrke til at kunne optage de påvirkninger som forekommer ved en montering på et tag:

- Solcellepanelernes vægt inkl. vægt af monteringsskinner og beslag (egenvægt)
- Snebelastning
- Vindpåvirkning

Egenvægten og snelasten virker altid lodret og nedadrettet. Vindlasten virker vinkelret på panelerne og kan være både væk fra panelet (vindsug) og ind mod panelet (vindtryk).

Tyske erfaringer [] siger, at paneler monteret parallelt med tagfladen, se Figur 1, ikke medfører ændrede påvirkninger på den eksisterende tagkonstruktion end den ekstra egenvægt.

Paneler placeret på udragende skråtstillede stativer på flade tage, se Figur 2, medfører derimod ekstra påvirkninger fra vind og snelast som den eksisterende konstruktion skal kunne optage, evt. efter forstærkning af tagkonstruktionen.



Figur 2 - Solceller på skråstillede stativer

9.3.1 Fastgørelsesmetode

Solcellepaneler er selvbærende rektangulære plader opbygget af 2 lag glas med PV-elementer placeret mellem glaslagene.

De fleste paneler har en størrelse på ca. 1,6 x 0,9 m, se Tabel 2.

Panelerne monteres som regel i en række på 2 vandrette bæreskinner (montageskinner) med synlige clips ved pladekant, se Figur 3 eller vha. skjulte beslag fastlimet til det nederste glaslag.



Figur 3 - Skinnesystem med paneler



Ønskes de rektangulære paneler vendt til en "liggende" position, kan der evt. anvendes et ekstra sæt montageskinner som monteres vinkelret på de nederste skinner.

Montageskinnerne fastgøres til tagkonstruktionen vha. specialbeslag som er udformet til den aktuelle tagbeklædning. På Figur 3 bæres montageskinnerne af en tagkrog designet til et tegtag.

9.3.2 Dimensionering

9.3.2.1 Indledning

Med fastlagte værdier for de på panelerne optrædende belastninger fra egenvægt, sne og vind i den aktuelle placering og for specialbeslagenes bæreevne, kan det nødvendige antal beslag pr. m² bestemmes. Der kan så vælges en montageskinne som har den fornødne styrke og stivhed til at kunne virke som bærebjælke mellem beslagene.

9.3.2.2 Belastninger på fastgørelser af solcellepaneler

De forekommende laster fra egenvægt, sne- og vindpåvirkninger fastlægges iht. Eurocodes, DS/EN 1991, med tilhørende nationale annekser. I det følgende er medtaget en kortfattet beskrivelse af lasterne på parallelt monterede paneler. Der henvises i øvrigt til de mere uddybende redegørelser i [] og []. Der er i det følgende antaget at fastgørelserne er i middel forventningsklasse (som førhen hed normal sikkerhedsklasse).

Egenvægt

Egenvægten er primært fra panelernes egenvægt som fremgår af producentens datablad. Vægten af montageskinner og beslag er mindre og kan bestemmes ud fra beslagleverandørens fordimensionering, hvor et resultat er en styklister med vægtangivelse på den samlede leverance. Egenvægten fra solcellepaneler inkl. beslag er i størrelsesordenen 0,10 kN/m² - 0,20 kN/m² (se tabel herunder). Egenvægten g kan opdeles i en komponent vinkelret på panelerne ($g \cos \alpha$) hvor α er taghældningen og parallelt med panelerne ($g \sin \alpha$)

Tabel 2 - Data for solcellerpaneler

Producent	Celle type	Længde	Bredde	Tykkelse	Vægt	Vægt
		[mm]	[mm]	[mm]	[kg]	[kg/m ²]
ReneSola	Mono	1640	992	40	19	11,7
ReneSola	Poly	1640	992	50	29	17,8
Isofoton	Mono	1640	994	45	19	11,7
Solar Zocen	Mono	1640	992	50	22,5	13,8
Solar Zocen	Mono	1640	992	45	19,5	12,0
Solar Zocen	Mono	1640	992	45	18	11,1
KIOTO PV	Poly	1507	992	33	16,5	11,0
DS-MS 260	Mono	1580	1060	45	22	13,1
Shinetime	Poly	1650	992	40	19,5	11,9

Suntech	Mono	1640	992	35	18,2	11,2
LG	Mono	1632	986	42	18,4	11,4
Rasolar	Mono	1330	990	40	15,4	11,7
Bosch	Mono	1660	990	50	21	12,8
Avancis	Tyndfilm	1595	684	45	19,6	18,0
ET Solar	Mono	1640	992	40	19,3	11,9
Eging PV	Mono	1650	990	50	19,5	11,9
ONYX	Mono	1640	992	45	20	12,3
Ulica	Mono	1580	808	46	17	13,3
Solia	Mono	1580	808	35	15,5	12,1
Golden Sun	Mono	1650	992	50	20	12,2
Luxra	Mono	1650	991	40	18	11,0
Avancis	Tyndfilm	1587	664	40	16	15,2

Snelast

Sne kan lejre sig på et solcellepanel i mange forskellige mønstre afhængigt af det lokale meteorologiske klima, det omgivende terræn, nærhed af nabobygninger, tagets form mm.

Belastninger fra sne findes derfor som snelasten på terrænet ($0,9 \text{ kN/m}^2$) multipliceret med nogle faktorer som skal tage højde for disse forhold.. Normalt vil det være tilstrækkeligt at gange med formfaktoren for taghældningen der for taghældninger op til 30° normalt er 0,8 og derefter aftager lineært til 0 ved 60° .

Hvis snelasten deles op i en komponent vinkelret på paneler ($s \times \cos^2 \alpha$) og en komponent i panelernes plan ($s \times \cos \alpha \times \sin \alpha$) findes snelasten som funktion af taghældningen i Tabel 3.

Tabel 3 gælder jfr. [] for fritliggende bygninger uden lægivere på taget. For tage med flere tagrygge, tage der støder op mod en højere bygning og tage med lægivere som fx murkroner eller ventilationsudstyr skal de faktorer, som skal ganges på snelasten på terrænet, bestemmes af EN 1991-1-3 med tilhørende nationalt anneks.

Tabel 3 - Snelast som funktion af taghældning

Taghældning	α	0°	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°	50°	55°	60°
Vinkelret snelast	$s \perp \text{ kN/m}^2$	0,71	0,70	0,67	0,64	0,59	0,54	0,40	0,28	0,18	0,10	0,04	0,00	0
Parallel snelast	$s \neq \text{ kN/m}^2$	0,06	0,12	0,18	0,23	0,28	0,31	0,28	0,24	0,18	0,12	0,06	0,00	0

Vindlast

Vindlasten bestemmes af hastighedstrykket (som er et mål for styrken af et vindstød på den aktuelle lokalitet i en given højde) multipliceret med en formfaktor.

Hastighedstryk

Størrelsen af hastighedstrykket afhænger primært af terrænklassen og bygningens højde (til tagryg). Terrænklasserne er illustreret herunder sammen med værdier for hastighedstrykket som funktion af terrænkasse og bygningshøjde.



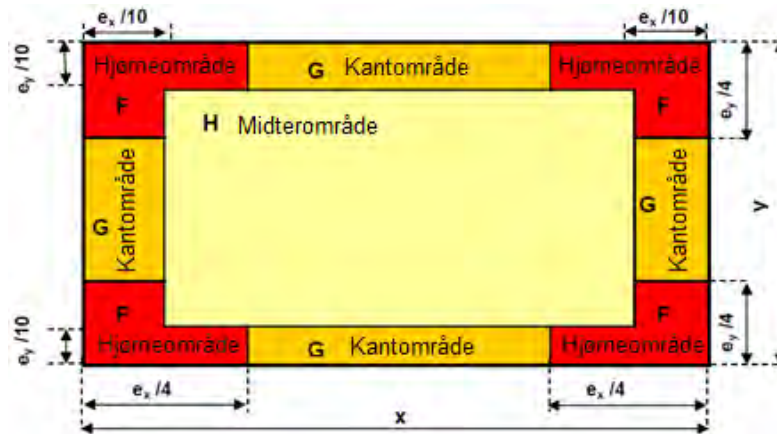
Tabel 4 - Hastighedstrykket $q_{\max}$ som funktion af bygningshøjden for bygninger

$q_{\max}$ kN/ m ²	Bygningshøjder			
terrænkategori	4 m	8 m	12 m	16 m
I (hedeslette)	0,808	0,949	1,036	1,100
II (landbrugsland)	0,648	0,796	0,889	0,957
III (forstad)	0,461	0,564	0,659	0,729
IV (by)	0,423	0,423	0,466	0,536

Formfaktor

Vindbelastningen på et solcellepanel monteret parallelt med tagbeklædningen bestemmes af bygningens aerodynamiske egenskaber, dvs. hvorledes luftstrømningerne omkring bygningen foregår. Derfor skal hastighedstrykket multipliceres med en formfaktor. Formfaktorerne er normalt forskellige over tagfladen med de højeste værdier omkring bygningshjørner. Derfor inddeles tagfladen i forskellige zoner – randzoner, hjørnezoner og midterzoner. Eurocodes med nationale annekser angiver formfaktorer for forskellige bygningsudformninger og i Tabel 5 er medtaget en forenklet sammenstilling af formfaktorerne på saddeltage og pulttage. En mere detaljeret fremstilling kan findes i [].

Positive formfaktorer angiver vindtryk på taget (eller solcellepanel) og negative værdier angiver vindsug på taget (eller solcellepanel).



$e_x = \min(x, 2h)$, $e_y = \min(y, 2h)$, h er bygningens højde til kip

Tabel 5 - Formfaktorer ($C_{pe,10}$) på sadeltage og pulttage (forenklet)

α°	saddeltag				pulttag			
	Sug Zone F	Sug Zone G	Sug Zone H	Tryk	Sug Zone F	Sug Zone G	Sug Zone H	Tryk
5	-1,7	-1,2	-0,6	0,2	-2,3	-1,8	-0,8	0
15	-1,3	-1,3	-1,0	0,2	-2,5	-1,9	-0,9	0,2
30	-1,1	-1,4	-0,8	0,7	-2,1	-1,5	-1,0	0,7
45	-1,1	-1,4	-0,9	0,7	-1,5	-1,4	-1,0	0,7
60	-1,1	-1,5	-0,8	0,7	-1,2	-1,2	-1,0	0,7
75	-1,1	-1,5	-0,8	0,8	-1,2	-1,2	-1,0	0,8

De største vindstød som forekommer i forbindelse med luftstrømningerne er normalt knyttet til hvirveldannelser med en relativt beskeden udstrækning mindre end ca. 1 m². Dvs. den belastning der skal regnes med på et lille areal (~1m²) er væsentligt større end belastningen på et større areal.

Dette tages der hensyn til ved at lade formfaktoren C_{pe} variere med størrelsen A af det vindbelastede (sammenhængende) areal således:

$$C_{pe} = C_{pe,1} \text{ for } A \leq 1 \text{ m}^2$$

$$C_{pe} = C_{pe,10} \text{ for } A \leq 10 \text{ m}^2$$

for arealer A mellem 1 m² og 10 m² findes C_{pe} af udtrykket

$$C_{pe} = C_{pe,1} + (C_{pe,10} - C_{pe,1}) \times \log_{10}(A)$$

For $A = 3,2 \text{ m}^2$ findes fx formfaktorerne i Tabel 6.

Tabel 6 - Formfaktorer ($C_{pe,3.2}$) på sadeltage og pulttage (forenklet)

α°	saddeltag				pulttag			
	Sug Zone F	Sug Zone G	Sug Zone H	Tryk	Sug Zone F	Sug Zone G	Sug Zone H	Tryk
5	-2,1	-1,7	-1,1	0,2	-2,4	-1,9	-1,0	0
15	-1,7	-1,7	-1,0	0,2	-2,7	-2,2	-1,1	0,2
30	-1,3	-1,7	-1,0	0,7	-2,5	-1,8	-1,2	0,7
45	-1,3	-1,7	-1,1	0,7	-2,0	-1,7	-1,2	0,7
60	-1,3	-1,6	-0,9	0,7	-1,6	-1,6	-1,2	0,7
75	-1,3	-1,6	-0,9	0,8	-1,6	-1,6	-1,2	0,8

Ved at sammenligne Tabel 5 og Tabel 6 ses at for et pulttag med 15 grader taghældning vil vindsuget pr kvm på et lille anlæg på godt 3 m² placeret i et hjørne af tagfladen kunne blive knap 3 gange større end vindsuget pr kvm på et større anlæg over 10 m² placeret i midtsonen af taget.

De højere belastninger bestemt ved ovenstående formel er således gældende for de enkelte panelers fastgørelse til montageskinnerne og for små anlæg mindre end 10 m².

Solcellepanelerne er i de fleste anlæg koblet sammen vha. montageskinner og i Tyskland anvendes derfor normalt $C_{pe,10}$ -formfaktorerne ved dimensioneringen af montageskinner og fastgørelser til anlæg over 10 m². (Dette forekommer rimeligt for anlæg over 10 m² hvor der er monteret 2 lag krydsende montageskinner. For standardmontagen med paneler i række båret af 2 montageskinner, må det anbefales at forstærke med tværgående montageprofiler i fuld længde som kobler montageskinnerne sammen i begge sider, hvis de lavere $C_{pe,10}$ -værdier anvendes ved lastfastsættelsen. Alternativt, for anlæg over 10 m², indsættes en ekstra fastgørelse ved montageskinnernes ender).

Hvis det undlades at placere solcelleanlægget i de relativt smalle randzoner ved tagkanter kan der på den sikre side for sadeltage og pulttage regnes med formfaktorerne i tabellen herunder.

Taghældning $\alpha = 5^\circ\text{-}15^\circ$: vindtryk $C_{pe} = 0,2$ vindsug $C_{pe} = -0,9$

Taghældning $\alpha = 20^\circ$: vindtryk $C_{pe} = 0,4$ vindsug $C_{pe} = -0,9$

Taghældning $\alpha = 25^\circ$: vindtryk $C_{pe} = 0,5$ vindsug $C_{pe} = -1,0$

Taghældning $\alpha = 30^\circ\text{-}60^\circ$: vindtryk $C_{pe} = 0,7$ vindsug $C_{pe} = -1,0$

9.3.2.3 Dimensionerende lasttilfælde

Montageskinner og fastgørelser skal dimensioneres for de foran beskrevne laster i forskellige kombinationer, hvor der er medtaget sikkerhedsfaktorer

(partialkoefficienter) og faktorer, som tager højde for at de forskellige laster ikke virker med den fulde værdi, når de virker samtidigt (sne og vind).

Der kan ud fra Eurocodes med nationale annekser opstilles følgende formelle lasttilfælde (Der er tilføjet en kolonne som viser om lasten virker øjeblikkeligt, kortvarigt eller permanent. Denne oplysning skal anvendes ved fastlæggelse af fastgørelsernes styrke):

Lastkombination	Lastgruppe
1: $g + 1,5 \times s$	K
2: $0,9 g + 1,5 \times v_{sug}$	Ø
3: $g + 1,5 \times v_{tryk}$	Ø
4: $g + 1,5 \times s + 1,5 \times 0,3 \times v_{tryk}$	Ø

Vindsug

Dimensionerende belastning (kN/m²) på solcellefastgørelser i træunderlag på sadde- og pulstage (*gælder ikke i tagets randzoner*). Tabellen gælder kun for anlæg >10 m² med sammenkoblede bæreskiner. Alle belastninger skal ganges med en faktor op til 1,25 (flerfagsbæreskiner) og det aktuelle solcelleareal som understøttes. Lastgruppe Ø.

Taghældning	α°	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
h = 4 m	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,96	0,96	0,96	0,96	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14
	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,74	0,74	0,74	0,75	0,85	0,86	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90
h = 8 m	III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,49	0,49	0,49	0,50	0,57	0,57	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,62
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,44	0,44	0,44	0,44	0,51	0,52	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57
h = 12 m	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1,15	1,15	1,15	1,15	1,30	1,31	1,31	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36
	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,94	0,94	0,94	0,95	1,07	1,08	1,08	1,09	1,10	1,11	1,12	1,13
h = 16 m	III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,63	0,63	0,63	0,63	0,72	0,73	0,74	0,74	0,75	0,76	0,77	0,78
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,44	0,44	0,44	0,44	0,51	0,52	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57
h = 20 m	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1,26	1,27	1,27	1,27	1,43	1,44	1,44	1,45	1,46	1,47	1,48	1,49
	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1,07	1,07	1,07	1,07	1,21	1,22	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	1,27
h = 24 m	III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,76	0,76	0,76	0,76	0,87	0,87	0,88	0,89	0,89	0,90	0,91	0,92
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,49	0,50	0,50	0,50	0,58	0,58	0,59	0,60	0,60	0,61	0,62	0,63
h = 28 m	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1,35	1,35	1,35	1,36	1,53	1,53	1,54	1,55	1,55	1,56	1,57	1,58
	II	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		1,16	1,16	1,16	1,17	1,31	1,32	1,32	1,33	1,34	1,35	1,36	1,37
h = 32 m	III	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,85	0,85	0,85	0,86	0,97	0,98	0,98	0,99	1,00	1,01	1,02	1,03
	IV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,59	0,59	0,59	0,60	0,68	0,69	0,69	0,70	0,71	0,72	0,73	0,74

Tryk

Dimensionerende belastning (kN/ m²) på solcellefastgørelser i træunderlag på sadde- og pulttage (*gælder ikke i tagets randzoner*). Tabellen gælder kun for anlæg >10 m² med sammenkoblede bæreskinner. Alle belastninger skal ganges med en faktor op til 1,25 (flerfagsbæreskinner) og det aktuelle solcelleareal som understøttes. Lastgruppe K og Ø.

Taghældning	α°	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
h = 4 m	I	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	1,19	0,98	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92
	II	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	K 0,94	0,93	0,80	0,79	0,78	0,77	0,76
	III	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	K 0,94	K 0,73	0,68	0,59	0,58	0,57	0,56
	IV	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	K 0,94	K 0,73	0,67	0,55	0,54	0,53	0,52
h = 8 m	I	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	1,24	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08	1,07
	II	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	1,19	0,98	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
	III	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	K 0,94	0,90	0,72	0,70	0,69	0,68	0,67
	IV	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	K 0,94	K 0,73	0,67	0,55	0,54	0,53	0,52
h = 12 m	I	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	1,27	1,21	1,20	1,19	1,18	1,17	1,16
	II	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	1,22	1,06	1,05	1,04	1,03	1,02	1,01
	III	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	K 0,94	0,81	0,81	0,80	0,79	0,78	0,77
	IV	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	K 0,94	K 0,73	0,68	0,60	0,59	0,58	0,56
h = 16m	I	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	1,27	1,28	1,28	1,27	1,26	1,25	1,24	1,23
	II	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	1,24	1,24	1,13	1,12	1,11	1,10	1,09	1,08
	III	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	1,17	0,96	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84
	IV	K 1,22	K 1,20	K 1,15	K 1,09	K 1,02	K 0,94	K 0,73	0,71	0,67	0,66	0,65	0,64

Tryk-parallel

Dimensionerende belastning (kN/ m²) på solcellefastgørelser i træunderlag på sadde- og pulttage (*gælder ikke i tagets randzoner*). Tabellen gælder kun for anlæg >10 m² med sammenkoblede bæreskinner. Alle belastninger skal ganges med en faktor op til 1,25 (flerfagsbæreskinner) og det aktuelle solcelleareal som understøttes. Lastgruppe K.

Taghældning	α°	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
h = 4 m h = 8 m h = 12 m h = 16m	I	K 0,11	K 0,21	K 0,31	K 0,40	K 0,48	K 0,54	K 0,51	K 0,45	K 0,38	K 0,29	K 0,21	K 0,13
	II	K 0,11	K 0,21	K 0,31	K 0,40	K 0,48	K 0,54	K 0,51	K 0,45	K 0,38	K 0,29	K 0,21	K 0,13
	III	K 0,11	K 0,21	K 0,31	K 0,40	K 0,48	K 0,54	K 0,51	K 0,45	K 0,38	K 0,29	K 0,21	K 0,13
	IV	K 0,11	K 0,21	K 0,31	K 0,40	K 0,48	K 0,54	K 0,51	K 0,45	K 0,38	K 0,29	K 0,21	K 0,13

9.3.3 Montageskinner og fastgørelser

Montageskinner og fastgørelser er normalt en samlet leverance fra et firma med særlig viden og erfaring i udvikling og optimering af løsninger til montage af solceller. Her kan nævnes de tyske firmaer Schletter og Würth som anvendes af mange danske montører som underleverandør.

Udformningen og dokumentation af bæreevnen af specialbeslag er alene leverandørens ansvar. Det er også leverandørens ansvar at beregne, hvor mange skruer beslagene skal fæstnes med. På baggrund af oplysninger fra bygherrens materiale om dimensioner af spær og åse er det også leverandørens ansvar at kontrollere, om den dokumenterede fastgørelse er mulig. Fx skal det undersøges, om kravene til kantaftande for skruer i træ er overholdt. Hvis dette ikke er muligt må der findes et andet beslag.

Det er fx vanskeligt at etablere en fastgørelse til 38 × 56 mm lægter i en eksisterende tagkonstruktion. Dels kan der af hensyn til flækningsrisikoen kun anvendes tynde søm eller skruer med relativt lille styrke, dels er lægternes styrke og fastgørelse til spær ofte utilstrækkelig eller vanskelig at dokumentere. De 2 nævnte specialistfirmaer Schletter og Würth anvender således ikke beslag til fastgørelse i lægter, men tilråder fastgørelse til spær eller tagåse med dokumenteret bæreevne.

Selv om man vælger en fastgørelse til spær, kan det være vanskeligt at fastgøre et beslag til spærhovedet på et fabriksfremstillet gitterspær som normalt kun har en bredde på 45 mm. En sikker fastgørelse her vil kræve et vinkelbeslag på siden af spærhovedet, eller alternativt at der indlægges en fordelerbjælke fx 45 × 120 mm mellem 2 spærhoveder, hvortil beslaget så kan fastgøres.

9.3.3.1 Montageskinner

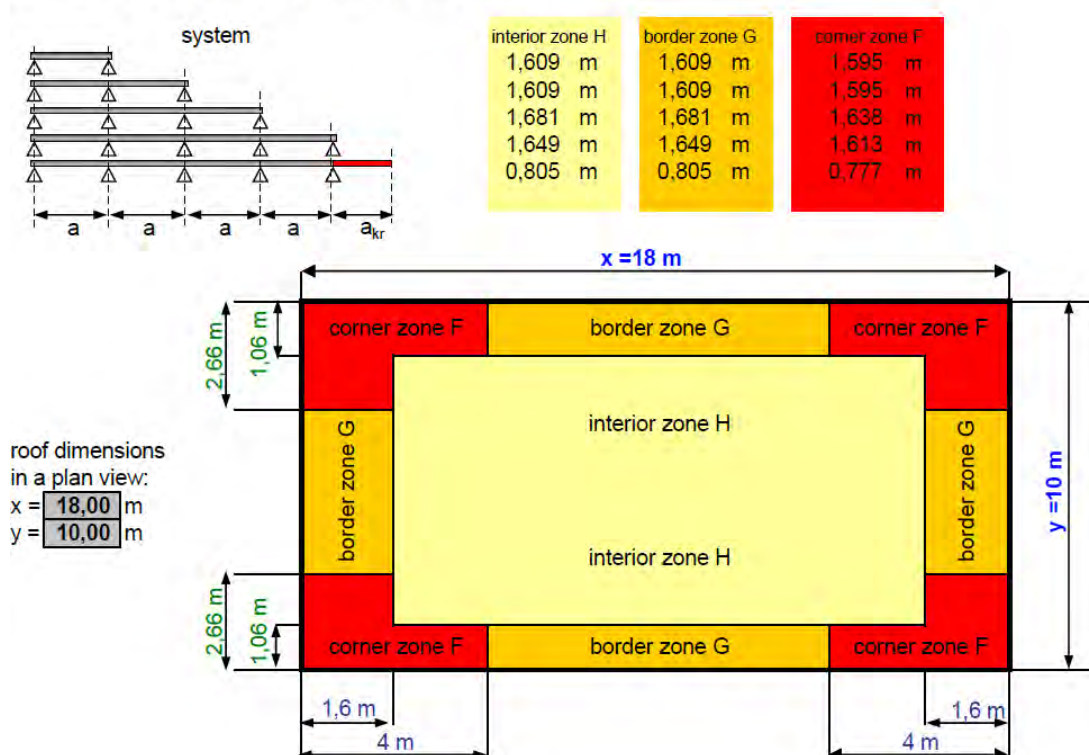


Solcellemodulerne bæres af kraftige montageskinner af aluminium fx med et tværsnit som vist i fig herover. Montageskinne leveres i længder af op til 6m. Da aluminium har en relativ høj varmeudvidelseskoefficient vil temperaturvariationer (dag/nat, sommer/vinter) for lange montageskinner bevirke at skinne-enderne i værste fald flyttes flere mm. For at undgå for store temperaturbevægelser anbefales at indlægge passende dilatationsmulighed fx for hver 6. meter. Fastgørelsen af modulerne udformes som en stærk sammenkobling som bevirker at montageskinne fastholdes

mod vridning. (Derfor vil også skruerne i fastgørelsesbeslag blive påvirket af temperaturbevægelserne i skinnen, og disse belastninger vil være på tværs af spærhovedet).

Profiltype og størrelse af montageskinne vælges ud fra tabeller eller computerprogrammer. Når der er foretaget et valg eftervises, at den tilladelige spændvidde for det valgte profil er større end de aktuelle, se Figur 4 fra [] herunder. Montageskinnen betragtes som en kontinuerlig bjælke over et eller flere fag (se fx formler i []. (Ved flerfagsbjælker bliver midterfagenes fastgørelser påvirket af større belastninger end fastgørelser ved etfagsbjælker, op til 25 % større påvirkning se formler i [])

admissible spans in the different roof zone areas



Figur 4 - Spændvidder

9.3.3.2 Fastgørelser

Fastgørelserne findes i mange udformninger designet til den aktuelle tagbelægning og det aktuelle tagunderlag. Type og antal beslag pr m^2 vælges ud fra tabeller eller computerprogrammer. Herunder er beskrevet virkemåden af de 2 mest almindelige hovedtyper – ansatsskruer og tagkroge. Under afsnittet om tagkroge er beskrevet en særlig løsning med indlæggelse af en fordelerbjælke som foreslås anvendt ved fabriksfremstillede gitterspær med 45 mm brede spærhoveder.

9.3.3.3 Ansatsskruer

Ansatskruer, se Figur 5, er specielle gevindstænger med 2 gevindtyper. I den ene ende et maskinskruegevind til fastgørelse af montageskinnen, i den anden ende et

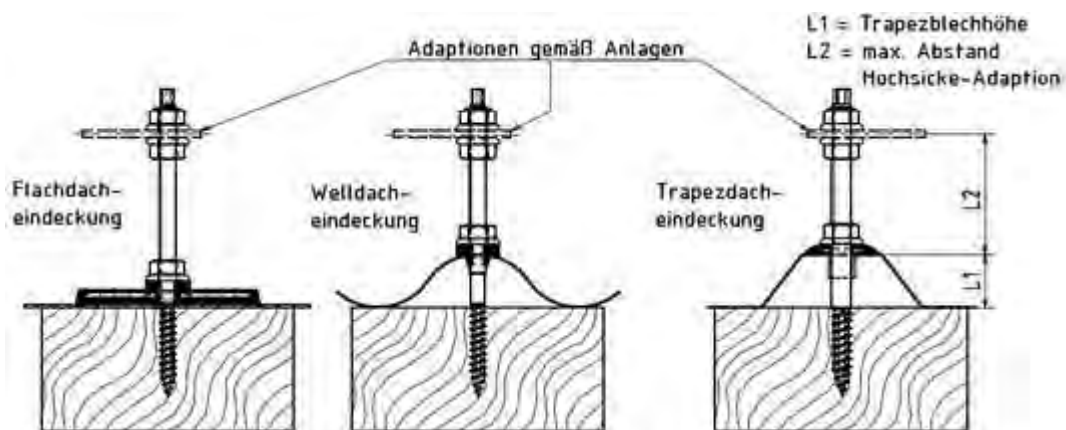
gevind til fastskruring i træ eller metal. De anvendes især til eternittage og tage med trapezprofilerede stålplader.



Figur 5 - Ansatsskrue

Skruerne kan leveres i mange længder og udformninger – normalt er tykkelsen enten $d = 8 \text{ mm}$, $d = 10 \text{ mm}$ eller $d = 12 \text{ mm}$.

Ansatsskruer er stærke mini stålsøjler velegnet til optagelse af aksiale tryk- og trækbelastninger. Den nedadrettede kraft parallelt med taget fra egenvægt og sne forudsættes ofte overført til tagbeklædningen og herfra til underkonstruktionen for at øge bæreevnen. Montageskinnen fastgøres vridningsstift til en adapterplade således at belastningerne vinkelret på paneler kan overføres til ansatsskruerne som rene aksiale påvirkninger. For lange ansatsskruer kan trykpåvirkninger være bestemmende for styrken pga. søjlevirkningen.



Figur 6 - Anvendelse af ansatsskruer

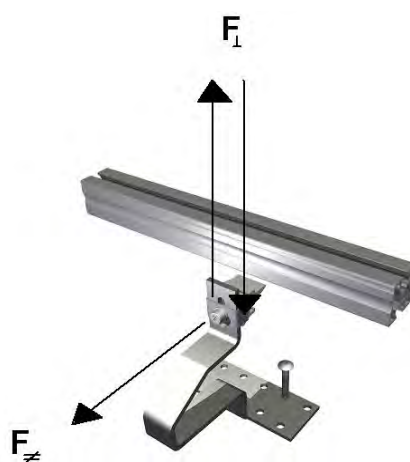
Selv om anvendelsen af ansatsskruer er meget udbredt, findes der ikke et veldokumenteret dimensioneringsgrundlag for denne type fastgørelser af solcelleanlæg, så bæreevnen er baseret på forsøgsresultater og (konservative) antagelser i "Allgemeine bauaufsichtliche Zulassungen" fra Deutsches Institut für Bautechnik. Den mindste

effektive forankringslængde (iht. de tyske bestemmelser) er 34 mm for ansatsskruer med diameter $d = 8$ mm.

I Tabel 7 er til orientering anført nogle typiske træbæreevner af 8 mm ansatsskruer som anvendes i Tyskland (tryk og tværbæreevner afhænger af den aktuelle tagbelægning). Ved udtrækspåvirkning og med forboring er den mindste bredde af trækonstruktionen som skal holde ansatsskruen 48 mm for $d = 8$ mm, 60 mm for $d = 10$ mm og 72 mm for $d = 12$ mm.

9.3.3.4 Tagkroge

Til tegltage anvendes normalt specielle tagkroge, se Figur 7. Herunder er vist, hvorledes kræfterne fra bæreskinne vha. en tagkrog og træskruer overføres til spærhovedet.



Figur 7 - Tagkrog med bæreskinne

Den nøjagtige udformning og placering af fastgørelsesbeslagene bestemmes af tagdækningen, og det er ikke altid, at denne placering er lige over et spær. Derfor er beslaget udformet med en bred fodplade med mange huller som gør det muligt at det foreskrevne antal skruer (normalt 2 eller 3, mindst 1 stk. i hver række) kan placeres i spærhovedet. En sådan montering vil imidlertid bevirke excentriske belastninger som beslaget skal overføre fra montageskinne til spærhoved. På Figur 7 er vist en udformning hvor beslaget indspændes i montageskinne således at excentriciteterne ikke giver ekstra belastning af skruerne. Udformningen af denne løsning bevirker også at selve "krogen" foroven fastholdes mod vridning ved sammenkoblingen med montageskinne og forned indspændes vha. de 2 skruer. Herved får "krogen" væsentlig større styrke og væsentlig mindre deformation, og trykkes derfor ikke så let ned mod den underliggende teglsten. (I nogle bjergområder i Tyskland skal der regnes med så store snelaster at det simpelthen ikke er muligt at undgå at krogen trykkes ned mod tagbelægningen, her anbefales at udskifte den underliggende teglsten med en metalplade (som er designet til den aktuelle tegltype)).

Tagkroge er udviklet af tyske firmaer og det er deres beregninger og anvisninger som ligger til grund for anvendelsen. Ved dimensioneringen anvendes de danske naturlaster; lasttilfælde, bæreevner og kravene til mindste kantafstande for skruer i træ er iht tyske regler (Eurocodes og de tyske nationale annekser, Zulassungen MPE NB). Kan beslagene holde i Tyskland kan de nok også holde i Danmark, men i nogle tilfælde er det vanskeligt at overholde de tyske beslagleverandørernes anvisninger (som er en "betingelse" for at den dokumenterede bæreevne er til stede). For en tagkrog foreskrives således en mindste bredde af spærhovedet på 60 mm, hvor vi i Danmark ofte har 45mm brede spærhoveder.

Figur 8 viser en tagkrog på en fordelerplanke. Denne løsning foreslås anvendt ved tegltage med undertag på fabriksfremstillede gitterspær med 45 mm bredt spærhoved. Desværre er der endnu ikke udviklet beslag som passer helt til denne løsning, bl.a. skal der være et "knæk" på beslaget så hældningen kommer til at passe med teglstenens hældning. Dette problem kan dog løses ved at montere fordelingsbjælken eller beslaget med kiler.



Figur 8 - Tagkrog på fordelerplanke

Fordelerplanken skrues fast til spærhovederne med skruer dimensioneret til den aktuelle last (momentpåvirkning) fx ASSY spånpladeskruer 6 x 140 mm skruer (det antages at der ikke forekommer laste på tværs af spærhoved hvorved kantafstandskrav kan overholdes). Bedst ville det nok være at vælge ASSY 8 x 140 mm, som er vanskeligere at dreje "over", men her er krav om en mindste bredde af spærhovedet på 48 mm. Figur 9 viser et indledende udtræksforsøg på en prototype af beslaget (3 stk. undersænkede spun skruer 6 x 45 mm i fordelerbjælke; ved 1,8 kN var der blivende deformation af beslag) og Figur 10 viser den endelige udformning af beslaget.

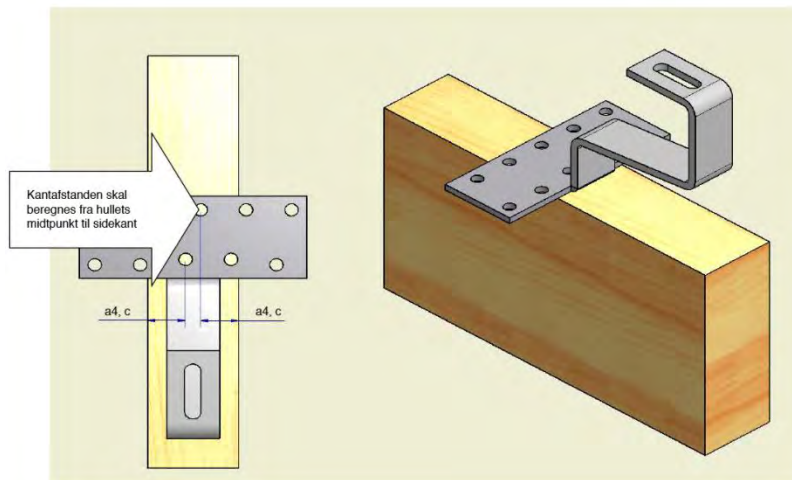


Figur 9 - Udtræksforsøg



Figur 10 - Beslag tagstentage (Kilde: Schletter)

9.3.4 Kantafstande



Figur 11 - Kantafstande

Ved anvendelse af skruer i træ er det vigtigt, at kravene til mindste kantafstande, se Figur 11, overholdes for at undgå flækning og bæreevnesvigt. Mht. detaljerede krav til kantafstande henvises til vejledningen "Eurocode 5, Beregning af forbindelser" fra Træinformation [].

I dette afsnit er valgt kun at se på skruer med forboring og kun skruer som er monteret vinkelret på fiberretningen i træet.

Ved forboring skal følgende krav opfyldes:

Hullet for skaftet bør have samme diameter som skaftet og samme dybde som skaftet

Hullet for gevinddelen bør have en diameter på ca. 70 % af skaftdiameteren

Hvis der forbores med selvskærende skruer, må huldiameteren ikke være større end kerner diameteren.

Den effektive forankringslængde i træet forudsættes $>6d$.

For skruer med $d \leq 6$ mm er kantafstandskravet $7d$ til belastet kant og $3d$ til ubelastet kant (og ved udtrækspåvirkning).

For skruer med $d > 6$ mm. (regnes som bolte) er kantafstandskravet $4d$ til belastet kant og $3d$ til ubelastet kant (og ved udtrækspåvirkning).

Ovennævnte kantafstandskrav er en forenklet gengivelse af de danske fortolkninger fra [], hvortil der henvises for flere detaljer (fx afstandskrav til bjælkeende, indbyrdes afstand, forskellige vinkler mellem kraft og fiberretning mm). Eurocode anfører $4d$ som mindste kantafstand for udtrækspåvirkede skruer ved trætykkelser $>12d$.

Tabeller med typiske bæreevner for skruer i træ.

For ansatsskruer er anført værdier iht tyske opgivelser. For øvrige skruer er bæreevnerne bestemt vha. computerprogrammet sømdim fra TræInfo [].

Betegnelser

d	= diameter udv. trægevind
l_s	= den effektive forankringslængde
l_t	= min. trætykkelse
$a_{4,c}$	= min. kantafstand, belastet kant
$a_{4,t}$	= min. kantafstand, ubelastet kant
$R_{ax,k}$	= trækbæreevne (karakteristisk)
$R_{v,k}$	= tværbæreevne (karakteristisk)
vind	= regningsmæssig trækbæreevne for ”vindsug” (lastkombination 2, Ø)
sne	= regningsmæssig tværbæreevne for ”snelast” (lastkombination 1, K)

Ansatskruer A2



Tabel 7 - Bæreevne for ansatsskruer

Type	d	l_s	l_t	$a_{4,c}$	$a_{4,t}$	$R_{zx,k}$	$R_{v,k}$	Vind	Sne
	mm	mm	mm	mm	mm	kN	kN	kN	kN
M10	8	70	48	56	24	3,53	-	2,7	-
M10	8	66	48	56	24	3,33	-	2,5	-
M10	8	62	48	56	24	3,12	-	2,3	-
M10	8	58	48	56	24	2,92	-	2,2	-
M10	8	54	48	56	24	2,72	-	2,0	-
M10	8	50	48	56	24	2,52	-	1,9	-
M10	8	46	48	56	24	2,32	-	1,7	-
M10	8	42	48	56	24	2,12	-	1,6	-
M10	8	38	48	56	24	1,92	-	1,4	-
M10	8	34	48	56	24	1,71	-	1,3	-

Franske træskruer A2



Type	d	l _s	l _t	a _{4,c}	a _{4,t}	R _{zx,k}	R _{v,k}	Vind	Sne
	mm	mm	mm	mm	mm	kN	kN		

Spånpladeskruer ASSY A2



Type	d	l _s	l _t	a _{4,c}	a _{4,t}	R _{zx,k}	R _{v,k}	Vind	Sne
	mm	mm	mm	mm	mm	kN	kN		

Spunskruer

Type	d	l _s	l _t	a _{4,c}	a _{4,t}	R _{zx,k}	R _{v,k}	Vind	Sne
	mm	mm	mm	mm	mm	kN	kN		

10 Referencer

Stærkstrømsreglementet

DS/EN 1995-1-1 + AC:2007 "Trækonstruktioner - Del 1-1: Generelt - Almindelige regler samt regler for bygningskonstruktioner"

SIK meddelelse – Elinstallationer, nr. 2/12

www.levetider.dk