

Rationel montage og planlægning af solcelleanlæg i tagflader

Med støtte fra Energinet.dk - PSO F&U

Projektdeltagere

Esbensen Rådgivende Ingeniører A/S

Caspersen & Krogh Arkitekter A/S

Gaia Solar A/S

Teknologisk Institut

Drivadan A/S

Faktor 3



Program

1. Formål
2. Erfaringer fra tidligere projekter
3. Barrierer
4. Løsninger - Integreret Design Proces
5. Udbudssituationen
6. Nøgletal



Formål

- **Udarbejde en vejledning til en systematisk planlægningsproces for billiggørelse af tagintegrerede solcelleanlæg**
- **Fokus på særligt attraktive kombinationer af**
 - Byggeteknik
 - Solcelleteknologi
 - Bygningsinstallationer
 - Arkitektonisk fleksibilitet



Erfaringer fra tidligere projekter

- **Hovedproblemstilling**
 - Omkostningstungt bygningselement
 - Forholdsvis ny og uafprøvet teknologi
 - Der forligger ikke:
 - en egentlig arbejdsmetode og
 - et installations- og monteringsventiligt byggesystem
- **Erfaringer**
 - Tidlig inddragelse af solcelleentreprisen
 - Tidlig projektafklaring
 - Velfungerende og arkitektonisk attraktivt samt æstetisk flot løsning
 - Væsentlig reduktion af omkostninger
 - Turn key anlægspris som ligger 50 % under tilsvarende løsninger



Erfaringer fra tidligere projekter



Barrierer

- **Projektering**
 - Begrænset bred faglig viden
 - Eksisterer ikke standardiseret metode til projektering af tagintegrerede solcelle-anlæg
 - Ofte ikke tænkt ind i projektet fra starten
 - Fordyrende bindinger
 - Dårlig kommunikation og planlægning (energiberegning)
 - Ikke taget højde for
 - Ekstra plads til bl.a. kabelføring, skakte og invertere
 - opbygning af tagkonstruktionen til solcelleanlæg
 - Genprojektering og brugen af nødløsninger



Barrierer

- **Entrepriseform og udbud**
 - Sjældent en selvstændig entreprise
 - Typisk placeret under fagentreprisen for el-arbejde
 - El-installatører har ofte ringe erfaring/rutine med solcelleanlæg
 - Kompliceret udbudsmateriale
 - Udbudsmaterialet varierer betragteligt fra sag til sag og fra ingeniør til ingeniør



Barrierer

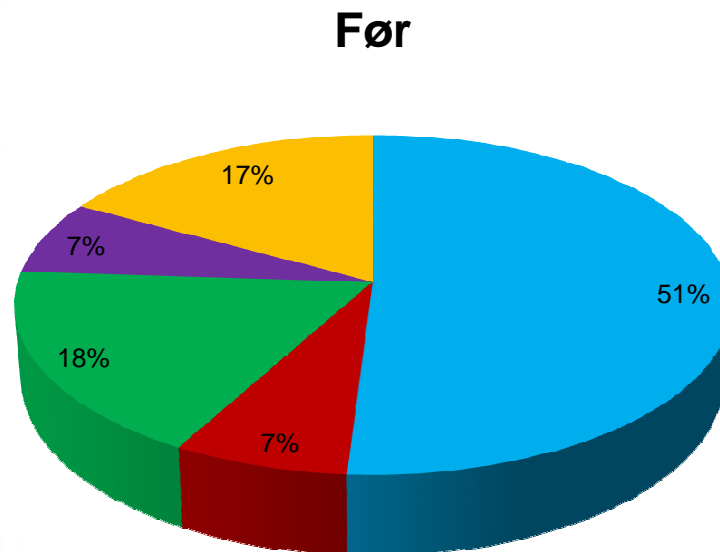
- **Økonomi**

- Kun opført få tagintegrerede solcelle-anlæg
- Investeringstunge anlæg
- Store udgifter til projektering
- Tilbagebetalingstid afhænger bl.a.:
 - Investering
 - Anlæggets nominelle ydelse
 - Finansiering (række forskellige former)
 - Afregningsform
 - Sparede øvrige materialer
- Den simple tilbagebetalingstid er på mere end 40 år
(Energimæssig tilbagebetalingstid 1-3½ år)

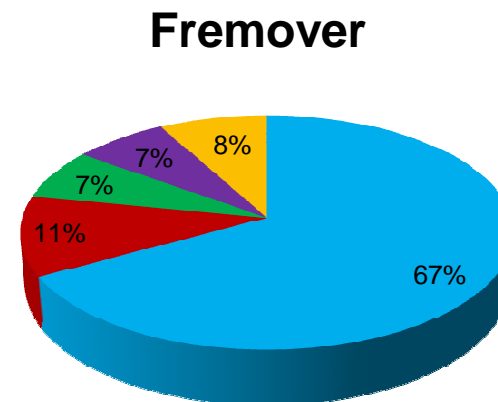


Barrierer

- Økonomi



Ca. 125 kr. / Wp



Ca. 55 kr. / Wp

- Solpaneler
- Tagelementer og monteringsprofiler
- Montering og kabelføring
- Elektronik
- Rådgivning

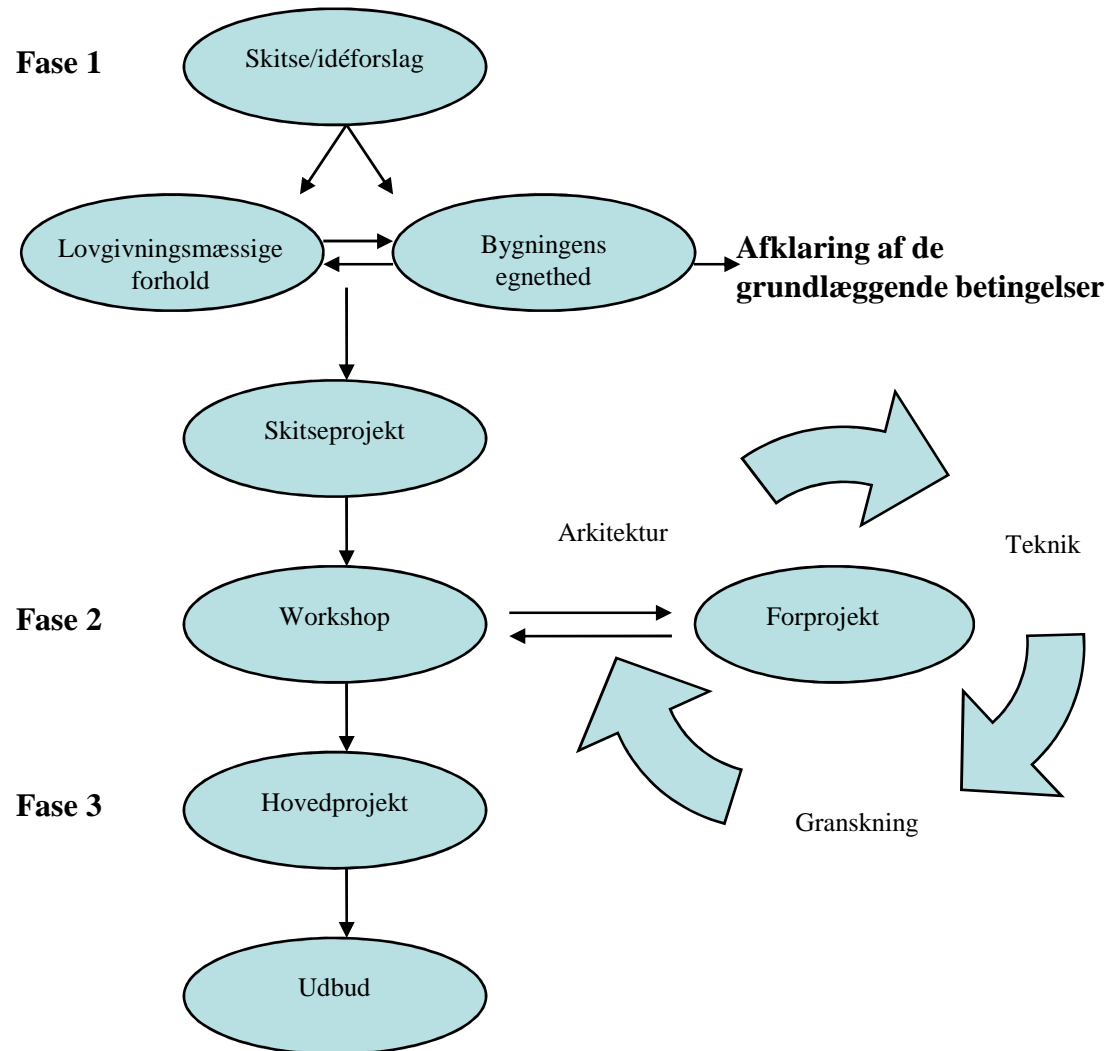


Integreret Design Proces

- **Planlægningsproces / arbejdsmetode for integreret samarbejde mellem arkitekter, ingeniører og totalleverandører af solcelleanlæg**
- **Opdelt i 3 faser**
 1. Indledende undersøgelser
 2. Workshop
 3. Projektering – hovedprojekt og udbud
- **Mellemstore og store byggeprojekter**
- **Muligt at forenkle metoden for mindre projekter (enfamiliehuse)**
- **Fælles for alle projektstørrelser er de indledende undersøgelser**

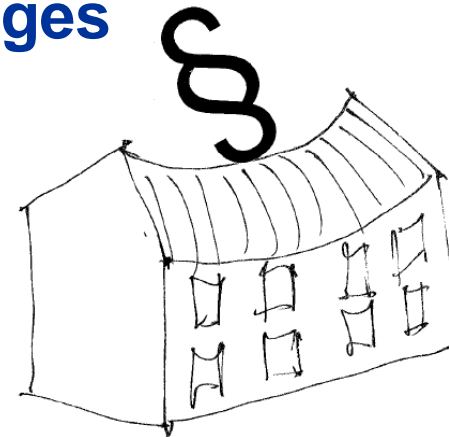


Integreret Design Proces



Integreret Design Proces – Fase 1

- **Arkitektens første tanker vedr. form og placering skitseres**
- **Er det muligt at opføre solcelle-anlæg på den pågældende lokalitet?**
- **De bygge-juridiske forhold undersøges**
 - Byggeloven - bygningsreglementet
 - Bygningsfrednings- og bevaringsloven
 - Lokalplaner og partielle byplaner
 - Kommuneatlas
 - Servitutter / deklARATIONER
- **Byggetilladelse og evt. dispensationer indhentes**



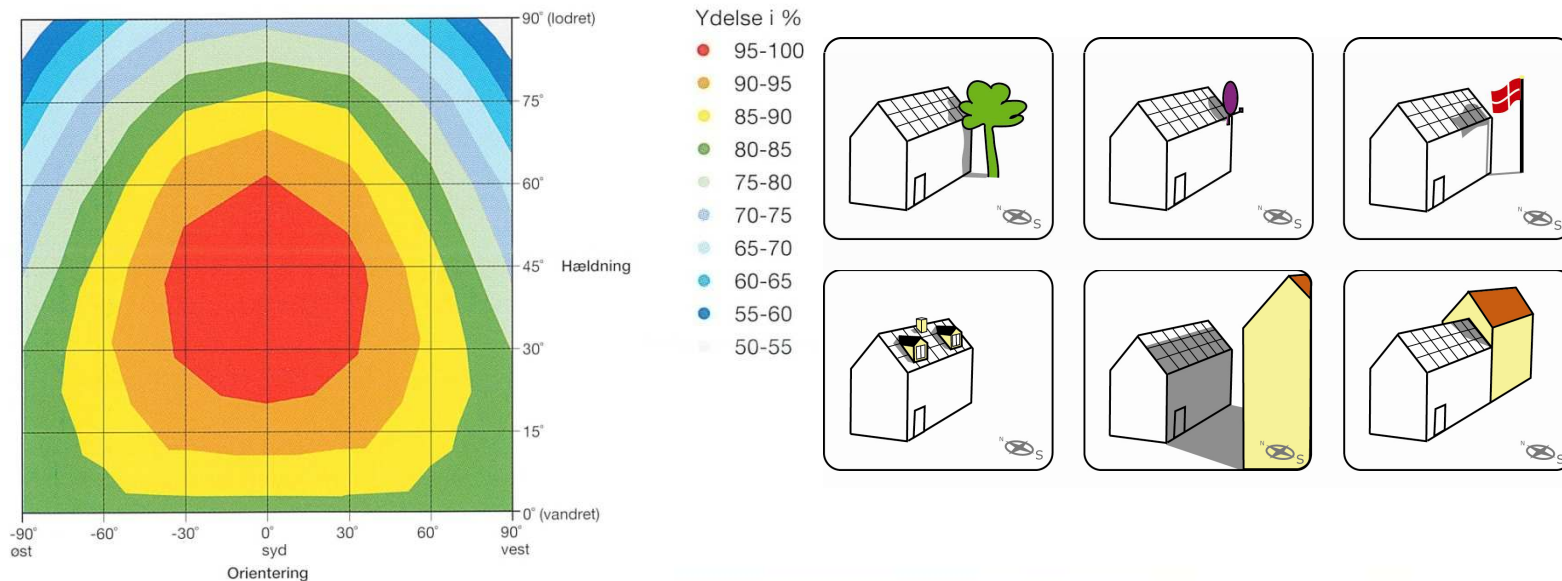
Integreret Design Proces – Fase 1

- **Økonomi-vilkår for solcellestrøm**
 - Etableringsstøtte (lokale forsyningselskaber)
 - Driftsstøtte (boliger / erhverv)
 - Boliger: overskudsproduktion i dagtimerne
 - Overskudsproduktion kan sælges
 - Nettomåleordningen
 - Boliger, flerfamilieboliger og institutioner
 - Afgiftsfritagelse for strøm produceret på solcelle-anlæg
 - Lagre overskudsstrøm på el-nettet
 - El-måleren løber baglæns
 - 6 kW pr. husstand eller pr. 100 m² bebygget institution
 - LBK Lov om elforsyning
 - Pristillæg for at sælge overskydende strøm til nettet.
 - 60 øre/kWh i 10 år og 40 øre/kWh de efterfølgende 10 år
 - Tillige er der fordelagtige afskrivningsregler for virksomheder



Integreret Design Proces – Fase 1

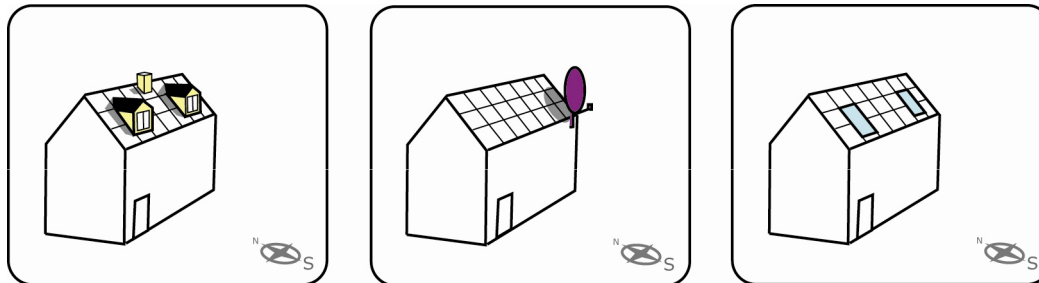
- **Lokalisering (eksterne faktorer)**
 - Orientering og hældning
 - Forekomsten af eksterne skygger (eksisterende og kommende)
 - Afvigelse fra optimal placering og forekomsten af skygger reducere anlæggets ydelse.



Integreret Design Proces – Fase 1

- **Form (interne faktorer)**

- Substitutionsprincippet
 - Reducerer typisk anlægsomkostningerne med 10 %
- Kviste, antenner, paraboler m.m. skal undgås



- Fuldt integrerede ovenlysvinduer medvirker ikke til effektredsættelse
- Overveje dummy-paneler

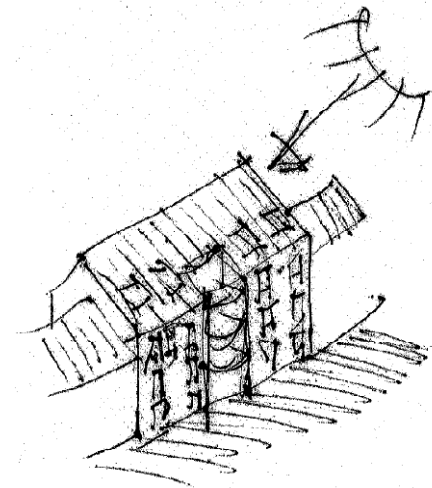
- **Byggetekniske krav**

- Statik, brand, personsikkerhed

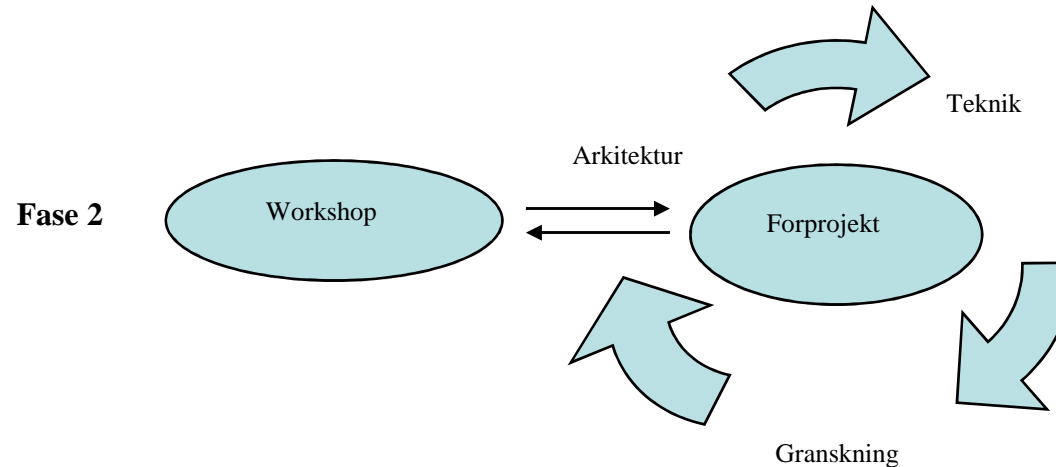


Integreret Design Proces – Fase 1

- **Fase 1 munder ud i et skitseprojekt / dispositionsforslag**
 - Beskriver bygningens placering og orientering
 - Beskriver bygningens formgivende parametre
 - Beskriver de byggetekniske forhold
 - Belyser materialevalg
 - Inddrager lovgivningsmæssige forhold
 - Tegninger til evt. dispensationsansøgning
 - Grundlag for den efterfølgende workshop
- **Bygherre skal på baggrund af skitseprojektet oplyste sine endelige ønsker og krav til solcelle-anlægget**



Integreret Design Proces – Fase 2



- **Identifikation af bygherres ønsker med solcelle-anlæg**
 - Danner grundlag for de efterfølgende bindinger og overvejelser
- **Deltagere: bygherre, arkitekt, rådgivere og leverandører**

Nedbryde barrierer

Forkorte projekterings- og byggeperioden

Reducere omkostninger



Integreret Design Proces – Fase 2

- **Fastlæggelse af de overordnede rammer**
 - Et eksempel på en bygherres ønsker:
 - Store vinduespartier og deraf stort kølebehov
 - Solcelle-anlæg i bygningens energiregnskab
 - I januar 2006 blev der indført nye bestemmelser om bygningers energiforbrug i bygningsreglementet.
 - Energiramme – øvre grænse for tilført energi
 - Opvarmning,
 - ventilation,
 - brugsvand,
 - belysning og
 - køling.
 - Elektricitet betragtes som en højtstående energiform, hvor elforbruget til bygningsdrift multipliceres med en faktor 2,5.
 - Omvendt vægtes egen strømproduktion fra f.eks. solcelle-anlæg ligeledes med en faktor 2,5



Integreret Design Proces – Fase 2

- **Fastlæggelse af de overordnede rammer**
 - Arkitektur (Applikations- vs. substitutionsprincippet, æstetik, helhed, teknik og økonomi)
 - Tagløsninger
 - Halvtag – ingen problemer
 - Sadeltag, anvende beslægtede materialer
 - Farve og struktur
 - Teknisk anlæg, men rig mulighed for at variere udseende
 - Sammenhæng i arkitektur
- Undgå interne skygger (niveauspring ml. tagflader, kviste, ventilationsafkast, tagterrasser, antenner, parabol mm.)



Integreret Design Proces – Fase 2

- **Projektforslag / forprojekt**
 - Alle væsentlige forhold omkring anlæggets placering på- og integration i bygningen afklares
 - Målet er at nedbringe tidsforbrug og reducere prisen
 - Bindinger ved modulering af solcelle-anlæg
 - Arkitektoniske (udformning af bygningens klimaskærm)
 - Bygningsmæssige (opbygningen af tagkonstruktionen)



Integreret Design Proces – Fase 2

- **Projektforslag / forprojekt**
 - Solcelle-tekniske betingelser – modulinddelinger
 - Indeholder både arkitektoniske og bygningsmæssige bindinger
 - Tagfladen
 - Økonomisk og teknisk mest rentabel med solcelle-paneler i hele tagfladen
 - Driftsøkonomisk uhensigtsmæssigt, hvis ydelsen overskrider bebyggelsens årlige forbrug
 - Panelstørrelser
 - Varierer i størrelser, men det mest solgte måler 0,8m × 1,6m (200W)
 - Økonomisk mest rentabel at stræbe efter en ensartet panelstørrelse
 - Hensigtsmæssigt at inddele solcellepanelerne iht. facadeinddeling?
 - Panelinddeling iht. evt. kviste, ovenlysvinduer, altaner mm. (eksisterende bygninger)
 - Skygger og ydelse
 - Ved dimensionering: vigtigt at tage hensyn til nære og fjerne skygger
 - Vil påvirke ydelsen



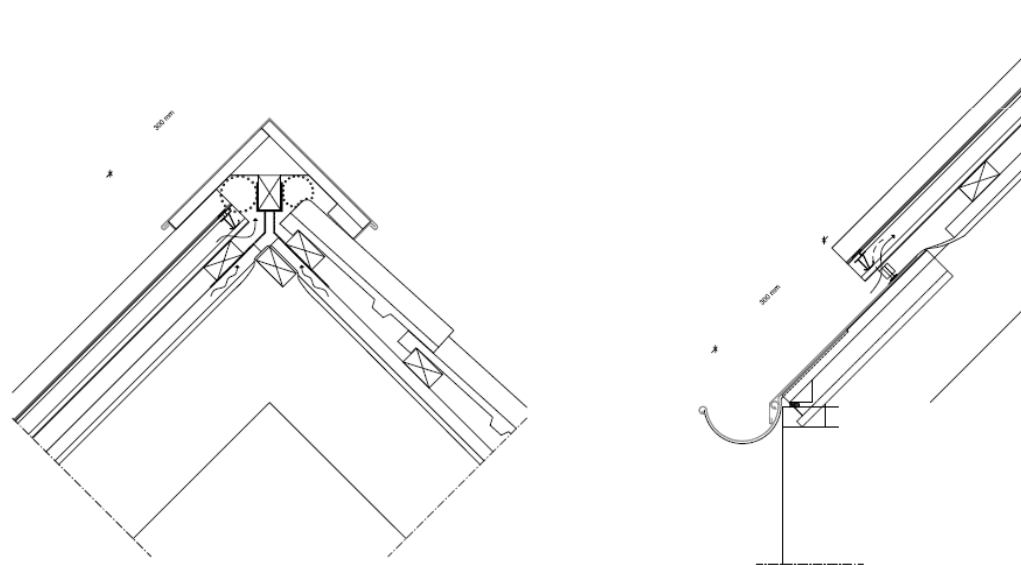
Integreret Design Proces – Fase 2

- **Projektforslag / forprojekt**

- Solcelle-tekniske betingelser – modulinddelinger

- **Monteringssystem / detaljeringsgrad**

- Vigtigt at have en detaljeringsgrad, som gør det nødvendigt, at træffe beslutning om monteringsystem
- Kan betyde meget for detaljeringen af diverse indbygnings- og tilslutningsdetaljer
- Vælge et monteringsystem, der medfører en enkel og dermed billig montage

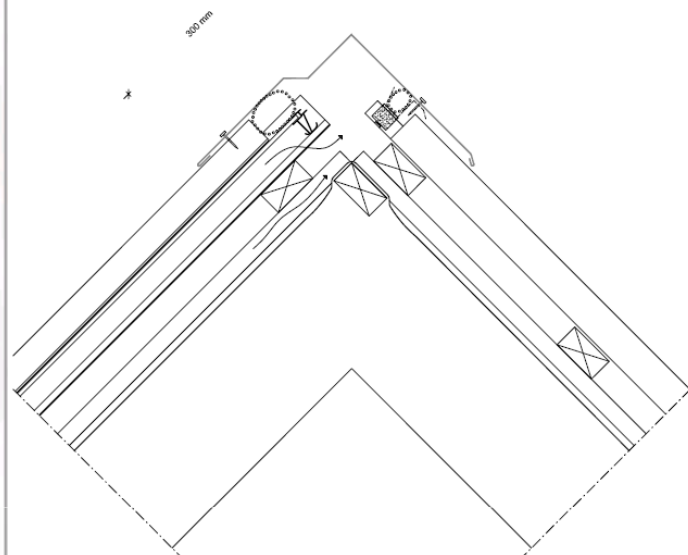


Integreret Design Proces – Fase 2

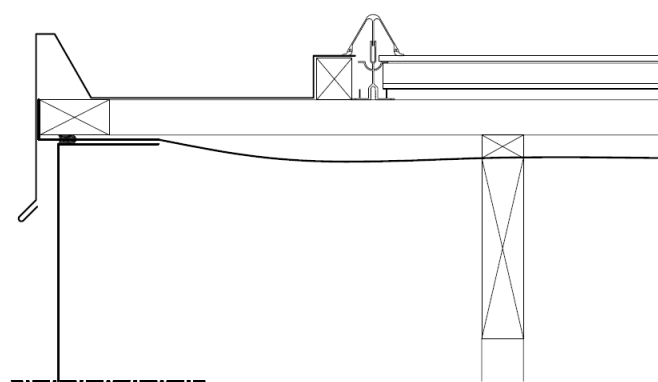
- **Projektforslag / forprojekt**
 - Klarlægning af de byggetekniske forhold
 - Overtemperaturer og fugt skal ventileres bort, da ydelsen falder med 0,4 % pr. grad temperaturstigning over 25 °C
 - Der skal vælges standard materialer til de underliggende konstruktioner
 - Solcelle-paneler er ikke ligeså fleksible som tilsvarende 'mindre' tagdækningsmateriale (teglsten), hvorfor opretning af undertaget er nødvendigt i renoveringsprojekter
 - Krav til undertaget vil ikke adskille sig fra andre tagkonstruktioner, dog skal overtemperaturer kunne bortventileres
 - Byggeteknisk kan solcelle-paneler principielt sammenbygges med alle gængse tagdækningsmaterialer



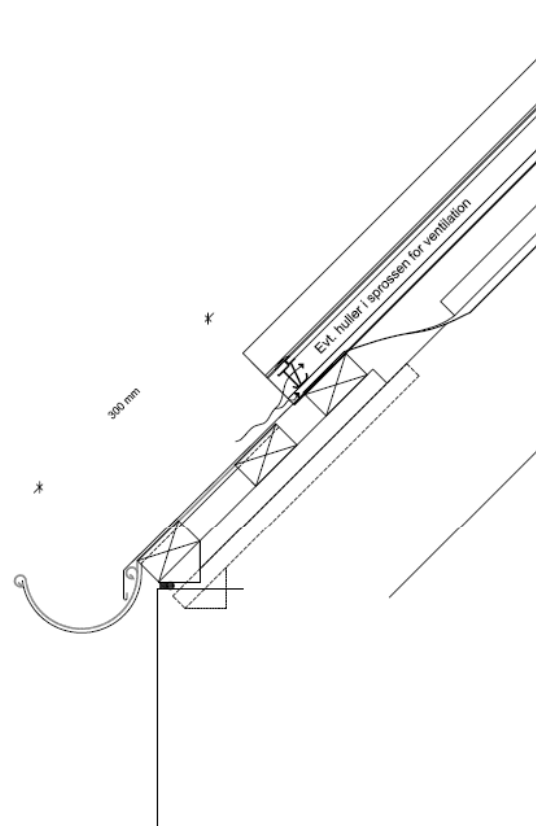
Integreret Design Proces – Fase 2



Rygning med stålpladetag og solcellepanel



Gavl med stålplade, solcelleside

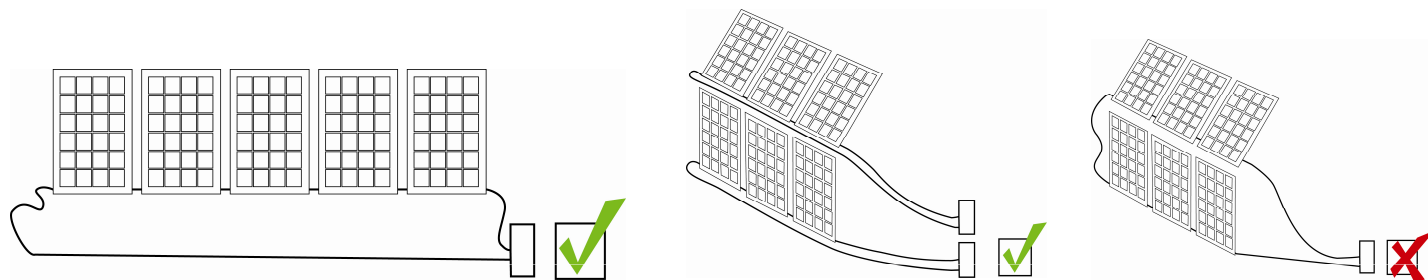


Tagfod med stålplade, solcelleside



Integreret Design Proces – Fase 2

- **Projektforslag / forprojekt**
 - Klarlægning af de elektriske elementer
 - Samle solceller i sektioner og panelgrupper

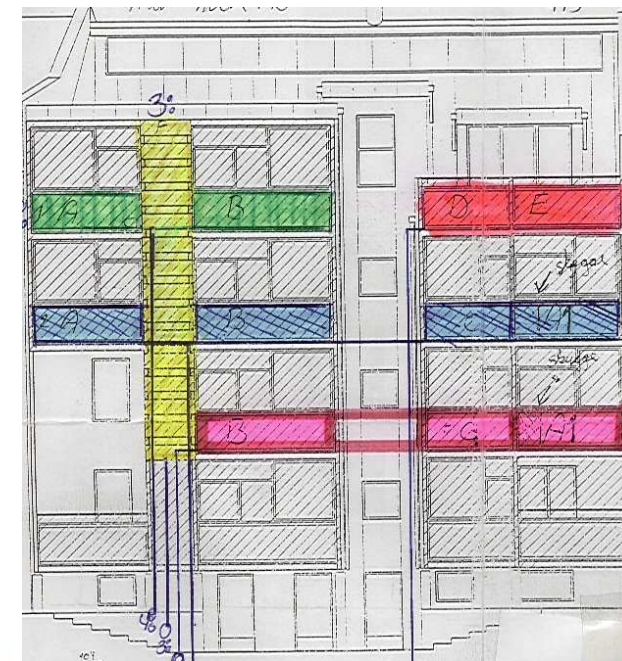
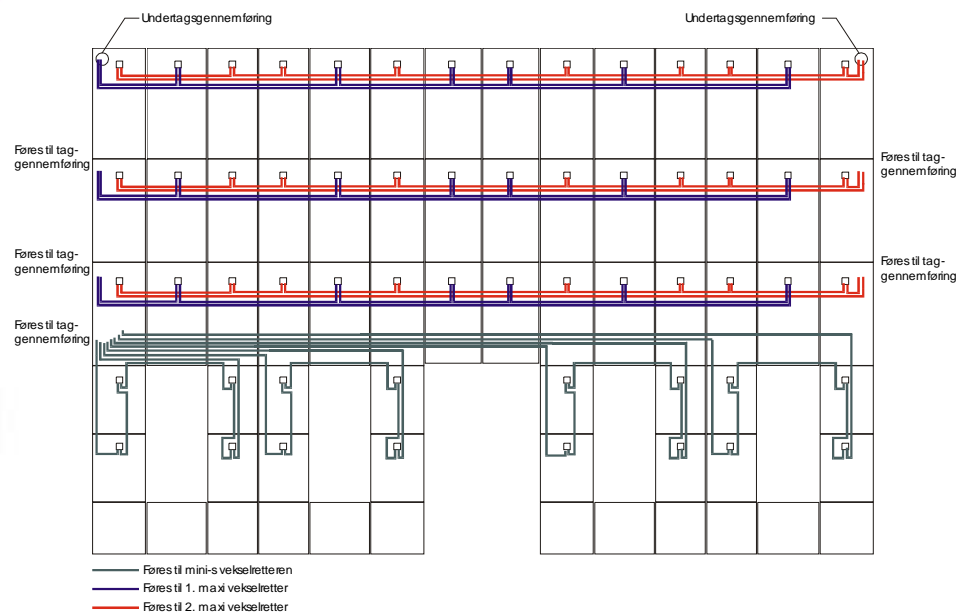


- Panelgrupperne kan tilpasses vekselretteren
 - Mindre sårbart anlæg med mindre ledningsdimensioner og kortere kabling
- Heraf kan ledningsdimensionerne samt størrelse på vekselrettere og parallelkoblingsbokse fastsættes



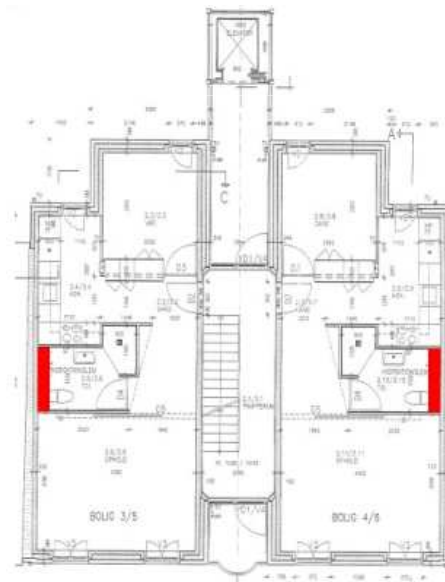
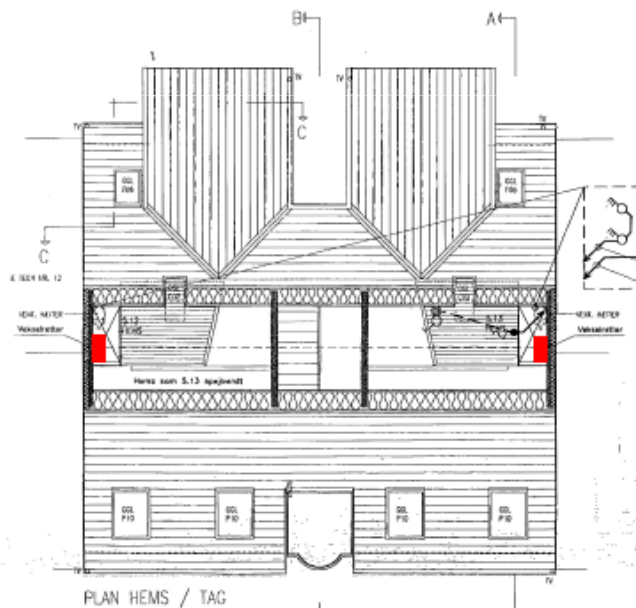
Integreret Design Proces – Fase 2

- **Projektforslag / forprojekt**



Integreret Design Proces – Fase 2

- **Projektforslag / forprojekt**
 - Vigtigt at planlægge kabelføringsveje, størrelse og placering af skakte
 - Vekselrettere og parallelkoblingsbokse skal være tilgængelige for eftersyn og service.
 - Føringsveje skal koordineres med den øvrige elinstallation



Integreret Design Proces – Fase 3

- **Hovedprojekt**

- Alle væsentlige projektmæssige undersøgelser og beslutninger er taget i fase 1 og især fase 2
- Arbejdet i fase 3 er således blot en formalisering af alle centrale beslutninger
 - Udbygning af projekt materialet med byggesags- og arbejdsbeskrivelser
 - Udbygning af tegningsmaterialet
 - Afpudsning af detaljer omkring solcelle-anlæggets indbygning m.m.
 - Endelig valg og dimensionering af ledninger, vekselretter m.m.
- Hovedprojektet danner grundlag for endelig afklaring af byggetilladelsens betingelser samt for udbud, kontrahering og udførelse



Integreret Design Proces – Fase 3

- Roller i udbudssituationen



Integreret Design Proces – Fase 3

- **Roller i udbudssituationen**

- Bygherre – Offentlige

- Underlagt en række nationale og overnationale bestemmelser
 - AB92
 - Tilbudsloven (prisindhentning skal ske i fri konkurrence)
 - Cirkulære om pris og tid på bygge- og anlægsarbejder
 - Udbudsdirektiv
- Der er enkelte muligheder for at fravige disse bestemmelser
 - hvis der kun er 1 eller 2 firmaer (i EU), der kan påtage sig den aktuelle opgave
 - Der er i de senere år åbnet mulighed for, at man forsøgsmæssigt kan gennemføre projektudvikling og prisdannelse i en såkaldt "partnering-proces". Dette kræver speciel tilladelse. Processen indebærer, at bygherren i samarbejde med 1 entreprenør (typisk total eller hovedentreprenør).



Integreret Design Proces – Fase 3



- **Roller i udbudssituationen**
 - Bygherre – Private
 - Egne økonomi-ressourcer
 - Kan handle helt frit med hensyn til
 - Prisindhentning (tilbudsloven gælder ikke for private bygherre)
 - Kontrahering
 - Leverancer
 - AB92 er ikke obligatorisk – men kan anbefales



Integreret Design Proces – Fase 3



- **Roller i udbudssituationen**
 - Rådgivere
 - Solcelle-anlæg skal projekteres i en detaljeringsgrad svarende til udbudsmaterialet
 - Behov for rådgivning og projektudarbejdelse
 - Kan håndteres efter flere modeller



Integreret Design Proces – Fase 3



- **Traditionel el-ingeniør rådgivning**
 - Begrænset antal samarbejdspartnere
 - Muliggør udbud i konkurrence uden formelle eller uformelle bindinger til entreprenører
 - Manglende ekspertise
- **Tilknytning af speciel solcellerådgiver**
 - Sikrer en ekspertise på rådgiversiden
 - Muliggør udbud i konkurrence uden formelle eller uformelle bindinger til entreprenører
 - Øger antallet af samarbejdspartnere
 - Begrænset antal eksperter inden for solcellerådgivning
- **Entreprenøren som medrådgiver**
 - Indhente solcelleteknisk ekspertise som supplement til el-ingeniør i udviklingsfasen
 - Tidspunkt, hvor bygherrer, der er underlagt krav om udbud, endnu ikke må binde sig til en bestemt leverandør / entreprenør
 - Dog typisk at trække på den viden der findes hos producenter / leverandører / entreprenører
 - Nu kan man ikke forvente, at disse stiller deres ekspertise til rådighed uden betingelser.
 - Bliver indbudte ved en efterfølgende licitation i fagentreprise, eller "bliver bragt i spil" i forhold til indbudte hovedentreprenører.



Integreret Design Proces – Fase 3



- **Roller i udbudssituationen**
 - **Entreprenørrollen**
 - **Usikkerhed ved ny teknologi**
 - Tilbudsgiver søger at gardere sig og kapitalisere usikkerheden
 - Samtidig gælder, at prisen på den nye teknologi falder efterhånden som den almindeliggøres
 - **Modvirke 'over'prisdannelse ved at solcelle-anlæg**
 - Indgår i byggeprisen med så få mellemhandlere som muligt
 - Overlades til et firma, der har solcelle-anlæg som deres speciale
 - **I praksis gøres dette ved, at solcelle-arbejdet ved byggeri i**
 - fagentreprise gøres til en selvstændig entreprise
 - hoved- eller totalentreprise gøres til en selvstændig underentreprise under hoved- eller totalentreprenør



Integreret Design Proces – Fase 3

- **Nøgletal:**

- Vejledende nøgletal for moduleffekt og ydelse:

Parameter/modultype	Monokrystallinske	Polykrystallinske	Amorfe
Nominel moduleffekt	120-150 W/m ²	100-130 W/m ²	50-90 W/m ²
Årlig ydelse i DK	100-130 kWh/m ²	85-110 kWh/m ²	40-75 kWh/m ²



Tak for jeres opmærksomhed

