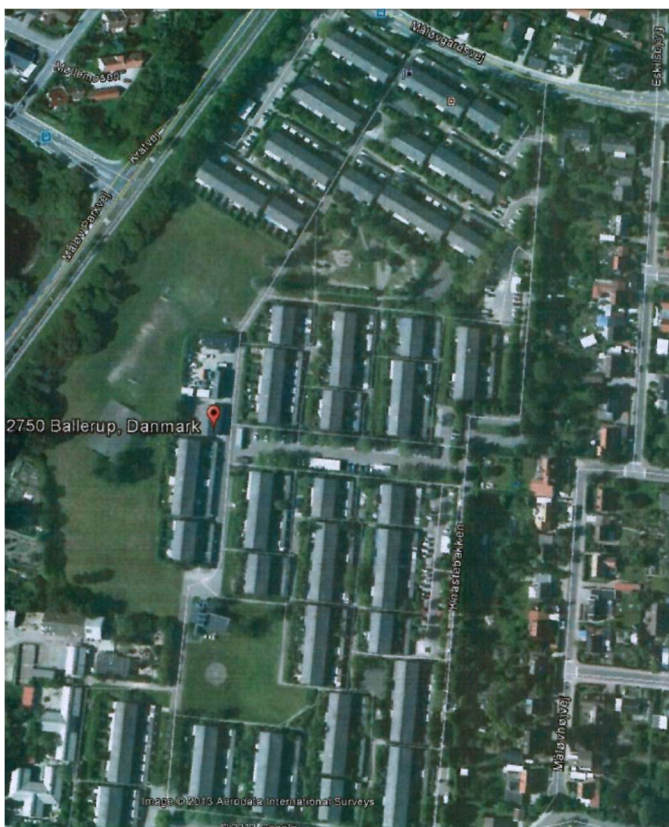




SLUTRAPPORT

Prisbilligt solcelletag som komplet klimaskærm



Peder Vejsig Pedersen, Cenergia
Klaus Boyer Rasmussen, Solarplan



Juni 2017

Indhold

1. Slutrapport.....	3
1.1. Projektoplysninger.....	3
1.2. Introduktion til EUDP projektets målsætning og resultater.....	3
1.3. Sammenfatning af EUDP projektets resultater	4
1.4. Projekt målsætning og realisering.....	5
2. Udvikling af solcelletag som komplet klimaskærm	8
3. Analyser af prisbillige solcelletage og påtænkte udviklingsmuligheder.....	27
4. Demonstration af prisbillig solcelleløsning i 3B bebyggelsen Måløv Park	27
5. Projektresultater og udbredelse af projektresultater	35
6. Praktisk anvendelse af projektresultater	36
7. Projekt konklusioner og perspektiver.....	36

1. Slutrapport

1.1. Projektoplysninger

Project title	Prisbilligt Solcelletag som Komplet Klimaskærm
Project identification (program abbrev. and file)	EUDP-j.nr. 1936-003
Name of the programme which has funded the project	EUDP
Project managing company/institution (name and address)	Cenergia- nu en del af Kuben Management Ellebjergervej 52, 3. 2450 København SV
Project partners	Boligforeningen 3B, Måløv Park afd. 3044, Solarplan. Dansk Energi, VIA-UC, FBBB, Solar City Denmark
CVR (central business register)	71195414
Date for submission	Juni 2017

1.2. Introduktion til EUDP projektets målsætning og resultater

For EUDP-BIPV projektet "Prisbilligt Solcelletag som Komplet Klimaskærm" er det desværre ikke lykkedes at komme i mål med udviklingen af den påtænkte regntætte tagkonstruktion med standard solcellepaneler på trods af, at der er gennemført et meget omfattende udviklingsarbejde koordineret af firmaet Solarplan v. arkitekt Klaus Boyer Rasmussen og med boligselskabet 3B som meget engageret samarbejdspartner. Bl.a. er der gennemført 4 forskellige test af ændrede montagesystem løsninger i VELUX's vindtunnel testfaciliteter ved Horsens i et samarbejde med bl.a. VIA-UC, men løsningen blev alligevel ikke helt regntæt.

Det blev efterfølgende aftalt med 3B at tagrenoveringen i Måløv Park i Måløv blev gennemført med en alternativ løsning på basis af et udbud gennemført af Solarplan. Her blev i starten af 2017 monteret en solcelleløsning fra firmaet Racell ovenpå normalt tagpap undertag på bebyggelsens vaskehus. Det er sket som forberedelse til den samlede renovering med et stort antal boligblokke med skråt tag.

Projektpartnere

Hovedansøger:	Boligforeningen 3B Kontaktperson: Per Bro Faglig leder: Peder Vejsig Pedersen, Cenergia
Partner 2:	Måløv Park, afd. 3044 i boligforeningen 3B Kontaktperson: Jens Wenzel Andersen
Partner 3:	Solarplan Kontaktperson: Klaus Boyer Rasmussen
Partner 4:	Cenergia Kontaktperson: Peder Vejsig Pedersen
Partner 5:	Dansk Solenergi Kontaktperson: Søren Andersen
Partner 6:	VIA-UC Kontaktperson: Bo Sørensen
Partner 7:	FBBB Kontaktperson: Elsebeth Terkelsen
Partner 9:	Solar City Copenhagen Kontaktperson: Karin Kappel

Samtidigt har Teknologisk Institut deltaget som underleverandør til Cenergia

1.3. Sammenfatning af EUDP projektets resultater

Afsluttende indsats og økonomi for EUDP projektet

Slutregnskabet for etableringen af solcelle prøvetaget på vaskehuset i Måløv Park bebyggelsen viser en samlet udgift på 1.037.334 kr. og falder dermed fint i tråd med det opstillede budget for demonstrationsindsatsen, selvom selve etableringen i Måløv Park blev noget forsinket.

Det har dog alt i alt haft en stor værdi at kunne afslutte EUDP projektet med denne demonstrations indsats, som fint understøtter visionen om at "Prisbilligt Solcelletag som komplet klimaskærm".

Det viste sig desværre ikke muligt at få et montagesystem til standard solcelle paneler til at være helt regntæt, men via det samlede EUDP projekt er projektgruppen blevet meget klogere på hvad, der er de reelle muligheder på området, og med den demonstrerede løsning fra Racell ser mulighederne for fremtidige tagreoveringer lovende ud.

1.4. Projekt målsætning og realisering

Baggrund for projektet

”Prisbilligt solcelletag som komplet klimaskærm” - Det regntætte prisbillige solcelletag til tagudskiftning på etageejendomme.

Det foreslåede EUDP projekt blev udført i samarbejde med Boligforeningen 3B, som skal gennemføre en samlet tagudskiftning af eternittage i Måløv Park afdelingen i Måløv, vest for København med i alt 239 boliger, der er etableret som 2-etagers rækkehuse.

Fordi eternittage er en meget prisbillig tagløsning er den normale måde at bruge solceller på i forhold til disse blot at montere solcellerne uden på eternit elementerne, hvilket også kan gøres på en nogenlunde æstetisk måde.

Der er dog ingen tvivl om at ud fra et langsigtet vedligeholdelses synspunkt, vil det altid være problematisk at montere solenergi elementer uden på almindelige tageelementer, ligesom det også vil være æstetisk bedre med et rent solcelletag, hvor solcellerne faktisk udgør tagets overflade og stadigvæk baserer sig på standardelementer.

Der er derfor gennemført et indledende skitseprojekt v. firmaet Solarplan (www.solarplan.dk), som søgte at give et bud på hvordan, der kan udvikles et samlet regntæt solcelletag, som kan erstatte de normale eternit elementer i taget og herved erstatte disse for alle sydvendte og øst/vest vendte tage eller et udvalgt antal af disse som vil passe til det eksisterende elforbrug i Måløv Park bebyggelsen (se også bilag 1).

Der blev herefter gennemført et EUDP støttet projekt med udvikling af den foreslåede solcelleløsning i samarbejde med det danske solcelleproducentfirma, Dansk Solenergi, som har fabrik i Holeby på Lolland (se: www.dansksolenergi.dk).

Efter et indledende udviklingsarbejde var det tanken at afprøve den nye og regntætte solcelleløsning på en mockup, inden der blev udført en prøveboligblok i Måløv Park bebyggelsen, hvor der også vil kunne ske afprøvning af nødvendige afslutningselementer og mulighed for ventilationsafkast etc. som indgår i en normal boligbebyggelse.

Gode resultater for det foreslåede EUDP projekt kunne udover for de 239 boliger i Måløv Park indgå i en række andre tagudskiftningsprojekter v. Boligforeningen 3B, ligesom der skulle ske en udbredelse af den udviklede teknologi rettet mod andre boligforeninger med eternittage.

Baggrund

Boligforeningen 3B's bebyggelse på Knastebakken i Måløv står foran en tagrenovering, da de aldrende bølgeeternit plader er nedslidte og formentlig asbestholdige.

Bebyggelsen har et samlet tagareal på 15.456 m², heraf er de 12.834 m² orienteret mod syd, øst og vest.

Ud fra en solenergi betragtning er de sydvendte tagflader umiddelbart bedst egnede, men også de vestlige og østlige flader er velegnede, de vender direkte mod hhv. vest og øst, og kombineret med en relativ lav hældning vil virkningsgraden på disse flader være stor.

Bebyggelsen i Måløv er en af rigtig mange bebyggelser, ikke bare i 3B's regi men tillige blandt stort set alle andre boligselskaber, med denne type tage. Mange af disse bebyggelser står over for tagrenoveringer i de kommende år, og alle disse bebyggelser indeholder et varieret, men generelt meget stort, potentiale for etablering af solceller i forbindelse med tagrenoveringen.

BIPV- løsningen

Den langsigtede, den designmæssigt fleksible og den økonomisk holdbare løsning er at sikre solcellefladen som den egentlige tagflade. Den der lukker huset af mod regn, sne og vind og den der sikrer husets tagflade som den langtidsholdbare og næsten vedligeholdelsesfrie, el- producerende bygningsdel.

Det var derfor projektets formål, at udvikle en komponent sammensætning, der gør tagfladen bestående af solceller regntæt, men ved brug af standard solcellepaneler. Det er afgørende at komponenterne, herunder solcellepanelerne, opnår en karakter af masse produktion, hvilket vil være medvirkende til at holde udgiften til selve solcellefladen på et rimeligt niveau. Overgangskomponenterne som skal sikre tætheden i solcelletagfladen, udvikles som generelt anvendelige overfor almindeligt forekommende solcellepaneltyper.

Regn tætheden skulle sikres i overgangen mellem solcellepanelerne. Solcellepanelerne er tagelementer som skifersten eller teglsten, der er standardelementer og gennem tiden benyttet som det færdige tagmateriale. Men de mangler den del som det var tanken gennem dette projekt, at opnå med solcellepaneler, nemlig at sikre regn tætheden uden brug af undertag eller andre tætningsforanstaltninger som evt. tilføres.

Hensigten var med projektet at etablere et fuldgældigt solcelletag, der alene og på egne præmisser sikrer husets taglukning.

Vi så denne løsning som en mulighed for en lang række tage, som i sin tid er blevet belagt med lette tagmaterialer som ud over bølgeeternit også omfatter diverse pladematerialer.

Solarplan har tidligere i forbindelse med projektet Søpassagen på Østerbro, arbejdet med BIPV løsning af solceller i tagflade, men her baseret på specialpaneler og undertag.

For at sikre en tilstrækkelig attraktiv økonomi i fremtidige projekter skulle specialpaneler erstattes af standard paneler og undertaget gøres overflødig ved en tæt solcelletagflade.

Den anden side af taget

I de fleste sammenhænge har disse huse 2-sidet faldende tagflader, og dermed ofte 1 tagflade, som ikke er egnet til solcelleetablering. I Måløv Park kan en stor del af husene betragtes som 2-sidet anvendelige til solceller (øst-vest) og en mindre del kun den ene side (syd-nord). Der skulle i forbindelse med projektet blive taget højde for, at den tagflade, som ikke belægges med solceller, belægges med en arkitektonisk korresponderende belægningsform.

Installationer og ventilation af solceller

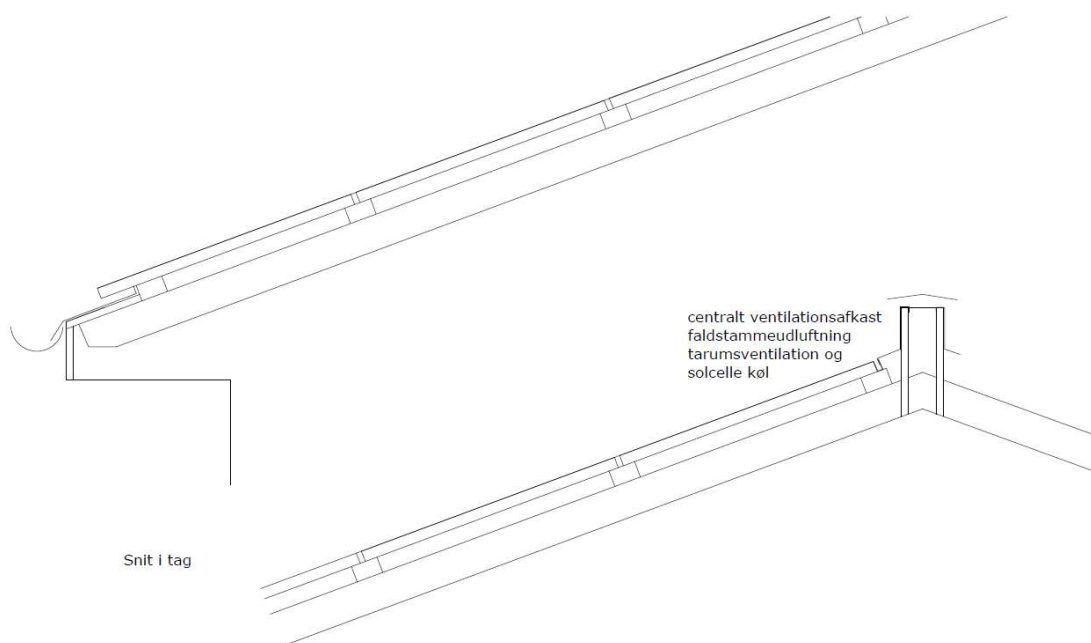
Tagrummet i bebyggelsen er let ventileret og indeholder afkast for en række installationer i boligerne. Det er afgørende for etablering af solceller:

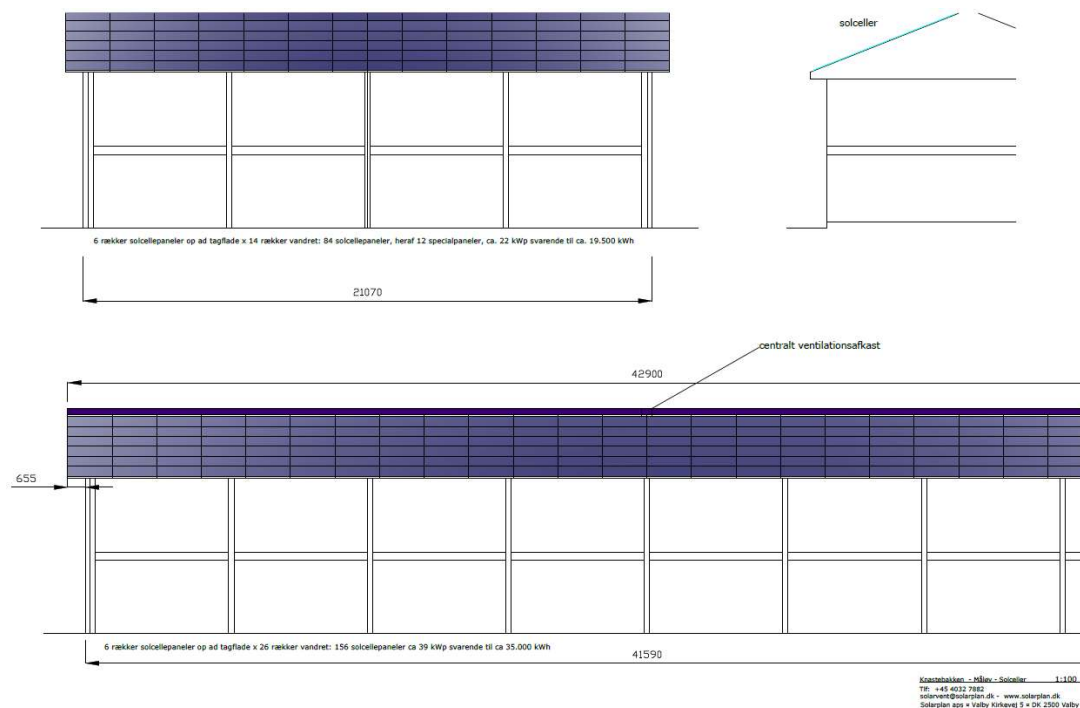
- at solcellefladen er sammenhængende og uden skyggegivende installationsgennembrud;
- at solcellerne ventileres langs bagsiden for at optimere ydeevnen;

Projektet skulle indeholde en samlet løsning af installationstilpasningen til solcelletaget, kombinationen af tagrummets ventilering og solcellernes ventilering.



Foto af Måløv Park bebyggelsen med 239 boliger, der skal have nye tage.





Første oplæg fra Solarplan til etablering af prisbillige solcelletage i Måløv Park bebyggelsen

2. Udvikling af solcelletag som komplet klimaskærm

Projektet blev fra projektstart i oktober 2013 indledt med et udviklingsarbejde gennemført af SolCell / Dansk Solenergi, men efter flere møder med dem, blev det i løbet af 2014 i samråd med Solarplan og VIA-UC besluttet at gå videre med udvikling af montagesystemer sammen med SAPA og DAFA. Her gennemførte Solarplan i løbet af 2015 flere udviklingstiltag med forskellige udformninger af sprosse systemer, som bl.a. omfattede en fuldskala opbygning hos Robotek i Birkerød samt de første vindtunnelforsøg hos VELUX i Østbirk ved Horsens.



Opbygning hos Robotek i Birkerød

Alle er enige om, at ideen med at kunne sikre en helt vandtæt klimaskærm i taget ved hjælp af standard solcellepaneler er god, og det lykkes også at forbedre konceptet løbende via en stor indsats fra Solarplans side.

I februar 2016 sender arkitekt maa Klaus Boyer Rasmussen fra Solarplan følgende nye oplæg vedr. denne udvikling ud til projektgruppen:

Rapportering fra Solarplan

I det følgende præsenteres først kommunikation fra arkitekt maa Klaus Boyer Rasmussen om det indledende profiludviklingsarbejde og herefter en afsluttende sammenfatning efter projektets afslutning.

Indledende kommunikation fra februar 2016:

Profilerne har atter været igennem en omfattende bearbejdning, i et samarbejde mellem Solarplan og VIA Horsens, som har udmøntet sig i helt nye typer, der tillige er blevet vurderet i form af 3D printning af modeltyper. Disse nye profiler vil være basis i den kommende afprøvning hos Velux. (Der er gennemført i alt 4 afprøvninger hos Velux i perioden fra aug. 2015 til april 2016).

Der er blevet arbejdet en del med såvel tætning som forenkling i forhold til profilerne og montagen. Efterhånden er inspirationen fra markedets gængse solcellemontage profilsystemer afløst af nogle forhåbentligt mere præcist orienterede bearbejdninger i forhold til den stillede opgave.

Først og fremmest er tætningen krøbet "indenfor" i mellemrummet mellem solcellepanelerne, således at tilspænding oppe fra sker ved aluprofil mod aluprofil. Det bliver ikke tæt men levner på den anden side kun ganske lidt plads for vandindtrængen. Indtrængningen stoppes så ved tætningsprofilet umiddelbart efter.

Der er dobbelt tætning ved de vandrette montagesæt og 3-dobbelt tætning ved de lodrette montagesæt.

Der er kun 2 profiler:

Topprofil lodret og vandret samt i bundprofil vandret er det samme profil.

Bundprofil lodret er så et andet, større og det der fastholder konstruktionen.

Der indgår ingen spændklodser eller boltpakninger i konstruktionen.

Det lodrette bundprofil har opkanter mod enderne på de vandrette bundprofiler, som mødes af tætningsprofilet på det vandrette bundprofil. og iøvrigt er ekstra beskyttet af det lodrette bundprofils dobbelttætninger mod solcellepanelernes underside.

Montagen foregår ved en opbygning af bundprofiler og successiv ilægning af solcellepanelerne, som skubbes mod hindanden til klemning af tætningsprofilerne, hvorefter de vandrette overprofiler tilspændes. I lægning af solcellepaneler styres af de opkanter, som det lodrette bundprofil er forsynet med, og som danner en vis ramme. Når et vist antal solcellepaneler er ilagt monteres det lodrette topprofil i længder evt. på 3 m el. lign.

Ud over ekstruderingen vil der skulle foretages en bearbejdning af profilerne i forskellige omfang. I topprofilerne skal der bores huller til gennemføring af bolte. Det tilstræbes om muligt at sikre en ensartet centerafstand mellem huller uanset om de skal benyttes vandret eller lodret aht boreopstillingen, så den også bliver forenklet.

På lignende måde skal der bores gevind i bundprofilerne, som er forskellige, men det er den samme c/c afstand. Det er endnu ikke helt klart, om det kan lykkes med kun et afstandsforhold. I det vandrette bundprofil må gevindskæringen ikke være gennemgående.

Afsluttende sammenfatning:

EUDP projekt 1936-0003:

Prisbilligt solcelletag som komplet klimaskærm

Projektperioden

Projektet har løbet over perioden 01.10.2013 – 31.12.2015 med en i november 2015 ansøgt og godkendt tidsforlængelse frem til 31.05.2016.

Den endelig afslutning af projektet er slut d. 5 juli 2017 efter endelig færdiggørelse af prøvetag i Måløv Park . Efterfølgende er gennemført formidlingsarbejde vedr. dette inkl. information i E-bog fra Pan European Network og BIPV eksempelsamling med Solar City Denmark.

Projektets resultat

Projektets formål: at kunne etablere en klimatæt og fleksibel solcelletagdækning med standard-solcellepaneler; har desværre ikke kunnet indfries.

Som et umiddelbart resultat, der har et praktisk udløb, har 3B boligforening ønsket at vi arbejder videre med undersøgelse af muligheder for etablering af integreret solcelletag på en bygning i bebyggelsen Måløv Park, og at dette projekt gennemføres i efteråret 2016. Det er ikke projekt 1936-0003 som etableres, men et projekt baseret på en bredere vurdering af solcelle-integreringsløsninger kombineret med forskellige tagdækningsmuligheder, som efter realisering til efteråret, forventes at blive model for en efterfølgende renovering af samtlige tage i bebyggelsen.

Et videre forløb efter projekt 1936-0003

Der er gennem projektets udvikling indhøstet en del erfaring dels vedr. montageteknikker og dels vedr. udvikling og produktion af montageudstyr.

Disse erfaringer søges benyttet i en videreudvikling af løsninger på det klimatætningsforhold, som var udgangspunktet for netop projekt 1936-0003, kombineret med en fri adgang til at benytte markedets forskellige standardpaneler.

I denne proces inddrages også andre aktører end hidtil inddraget, en proces der er i gang.

Projektets gennemløb

Udgangspunkt

Projektet tog udgangspunkt i det forhold, at de fleste tagløsninger på boligforeningsbygninger ligger i den billige ende, og at etablering af solceller er et noget dyrere indslag, uagtet at det modereres af det forhold, at der vil være en indtjening via egenproduktion af el. Det ville derfor være økonomisk positivt, hvis prisen for etablering af solceller kunne reduceres, og det ville være arkitektonisk positivt, hvis brugen af standardpaneler, der som udgangspunkt ville være den økonomisk optimale løsning, kunne udgøre tagdækningen i stedet for at være noget oven på en anden tagdækning.

Der fandtes et tysk produkt med paneler i standardstørrelse, som kunne og kan udgøre den færdige tagdækning, men den er knyttet til et bestemt solcelleprodukt (samme firma) og panelerne er bearbejdede til formålet, har visse begrænsninger også konstruktive og er dyre.

Indledende fase

Med baggrund i markedets forskellige løsninger på montagesystemer samt mulighederne i solcelleprodukter indledtes udvikling af forskellige profiltyper med henblik på at løse de forskelligheder, som samlingen af solcellepaneler til en tæt flade indebærer. Løsningerne blev drøftet i det samlede panel af teknikere knyttet til projektgruppen. Herunder udvidedes panelet med firmaet DAFA, som repræsenterer en professionel indgang til tætningsprofiler.

I fortsættelse heraf udvikledes mere præcise forslag til profiler og firmaet SAPA blev valgt som producent af alu-profiler for projektgruppen.

Produktion og afprøvning 1. etape

Første aftale om produktion af egnede profiler blev etablering i november 2014 med henblik på at detaljere og klargøre produktionstegninger til en første prøvning. Profilerne var klar til afprøvning i marts 2015.

Som sted for afprøvning var i mellemtiden opbygget en tagmodel på terræn med plads til 12 stk. standardsolcellepaneler. Modellen skulle med sin størrelse give mulighed for at vurdere montageforhold såvel som tætningsforhold, da det var muligt at besigtige modellen fra alle sider samt nedefra og ovenfra.

Første hold profiler afslørede vanskeligheder ved såvel montage som tæthed. Supplerende profiler detaljeredes til imødegåelse af det konstaterede og produktion blev iværksat.

Ny afprøvning i juni 2015 viste enklere montage og tæthed ved påsprøjtning af vand.

Produktion og afprøvning 2. etape

2. etape er kendetegnet ved, at afprøvning blev flyttet fra den store model på terræn til afprøvning i vindtunnel. Modellen blev samtidig reduceret til 6 paneler, som er det omfang der kan afprøves i vindtunnel.

Hos Velux opbyggedes ny tagkonstruktion til brug for afprøvningen.

Afprøvning 1 fandt sted 3. august 2015. Montagesystemet var det samme som afprøvet ved terrænmodellen, men dog med enkelte forbedringer rent montagemæssigt.

Afprøvningen afslørede lidt dryp og at visse montageforhold burde forbedres.

Afprøvning 2 fandt sted 3. september 2015. Der var tilført forbedringer til imødegåelse af den konstaterede manglende tæthed. Forbedringerne kunne tilrettes ved bearbejdning af allerede i hænde havende profiler, hvilket sparede især tid men også penge. Derfor var det muligt at etablere denne nye afprøvning blot en måned efter den første.

Visse montageforhold var forbedret, men der var fortsat utæthed i samme omfang som ved første prøvning trods forbedringer også på denne front.

Afprøvning 3 fandt sted 17. november 2015. Til denne afprøvning blev suppleret med delvis nye tilrettede profiler og i sær forbedrede tætningsprofiler.

Resultatet var stort set det samme som de tidligere afprøvninger.

Afprøvning 4 fandt sted den 26. april 2016. Til denne afprøvning udvikledes helt nye profiler, idet de samlede montage- og tæthedsforhold blev vendt og drejet, betragtet i nye vinkler, visualisering via modeller i træ og med produktion af nøjagtige modelprofiler ved 3-D print til besigtigelse i den lille skala.



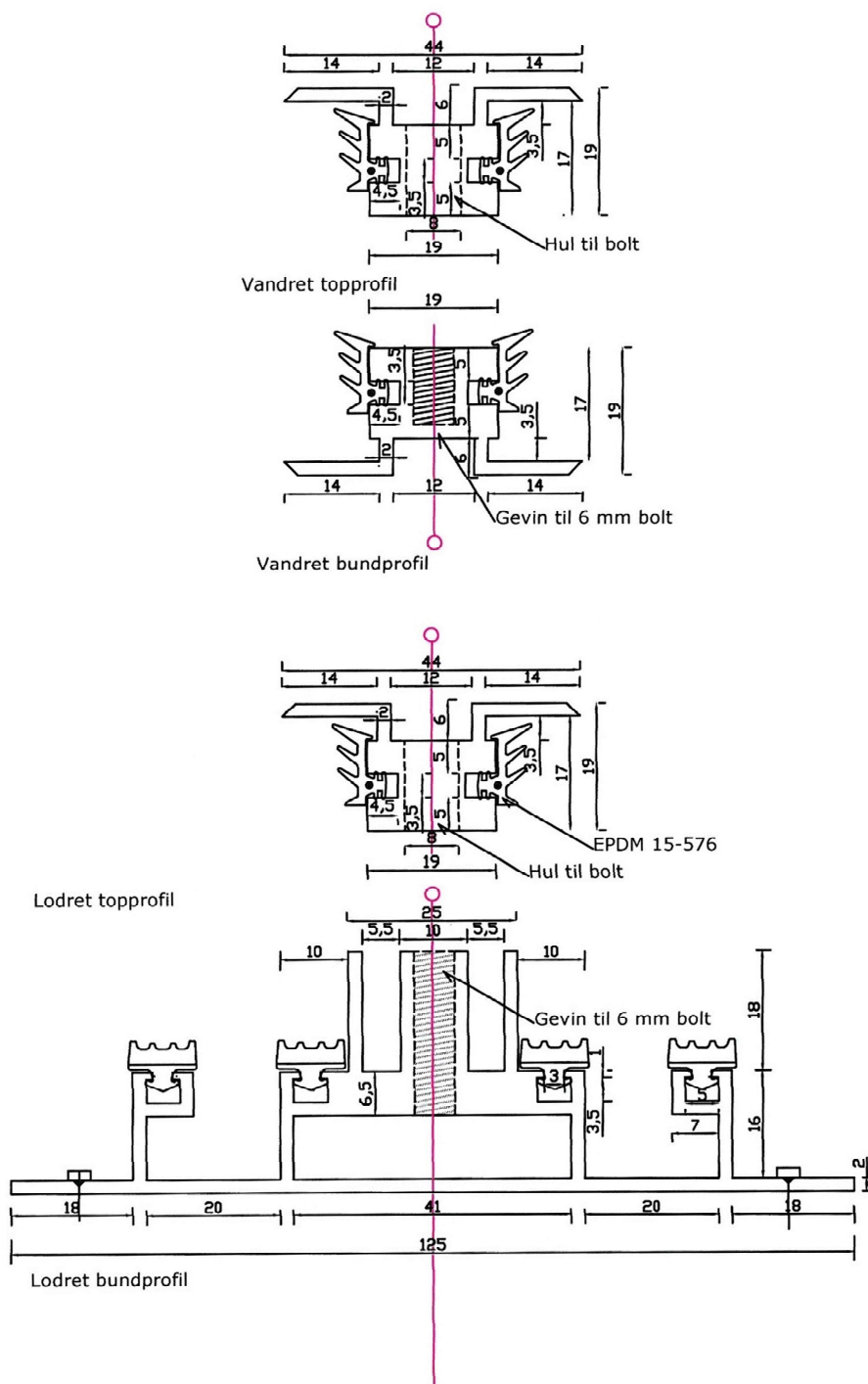
Montagen viste betydelige forbedringer, og var derfor tidsmæssigt langt foran de tidligere prøvningsmontager, men hvad tæthed angår udviste prøvningen desværre utæthed i samme omfang som tidligere.

Afsluttende bemærkning

Som nævnt opsamles de indhøstede erfaringer i et videre arbejde efter EUDP-projekt 1936-0003 og det er håbet, at det vil resultere i en løsning af det stedse tilbagevendende tæthedsproblem.

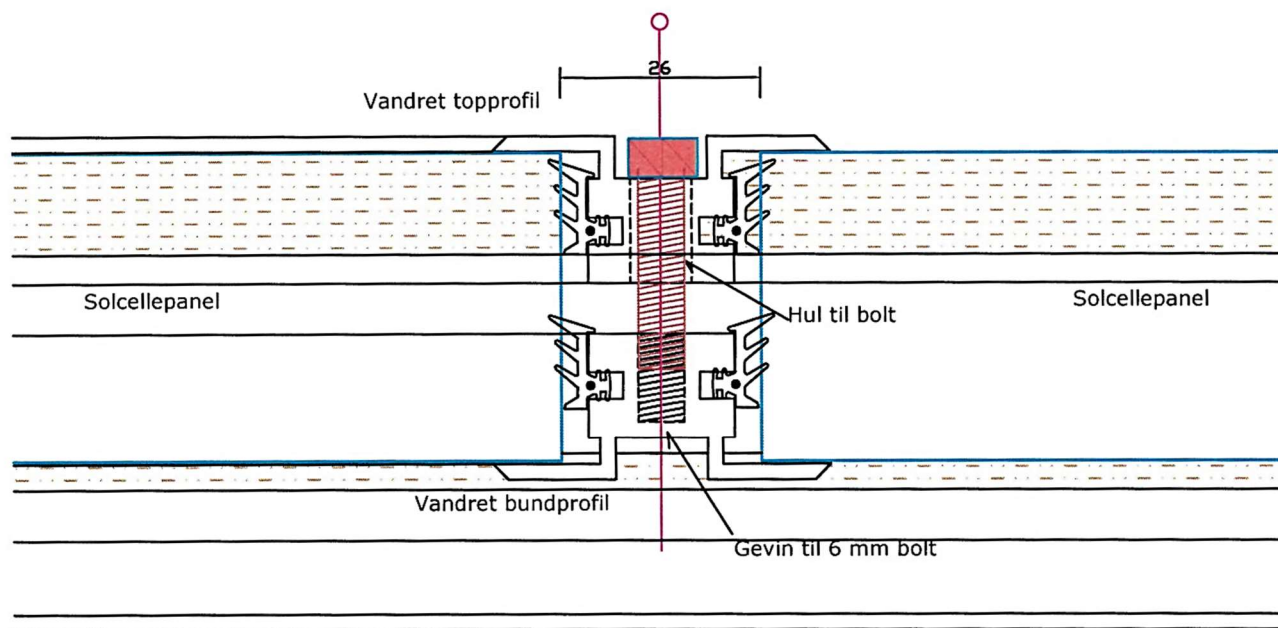
Med venlig hilsen
Solarplan Aps

Klaus Boyer
Arkitekt maa

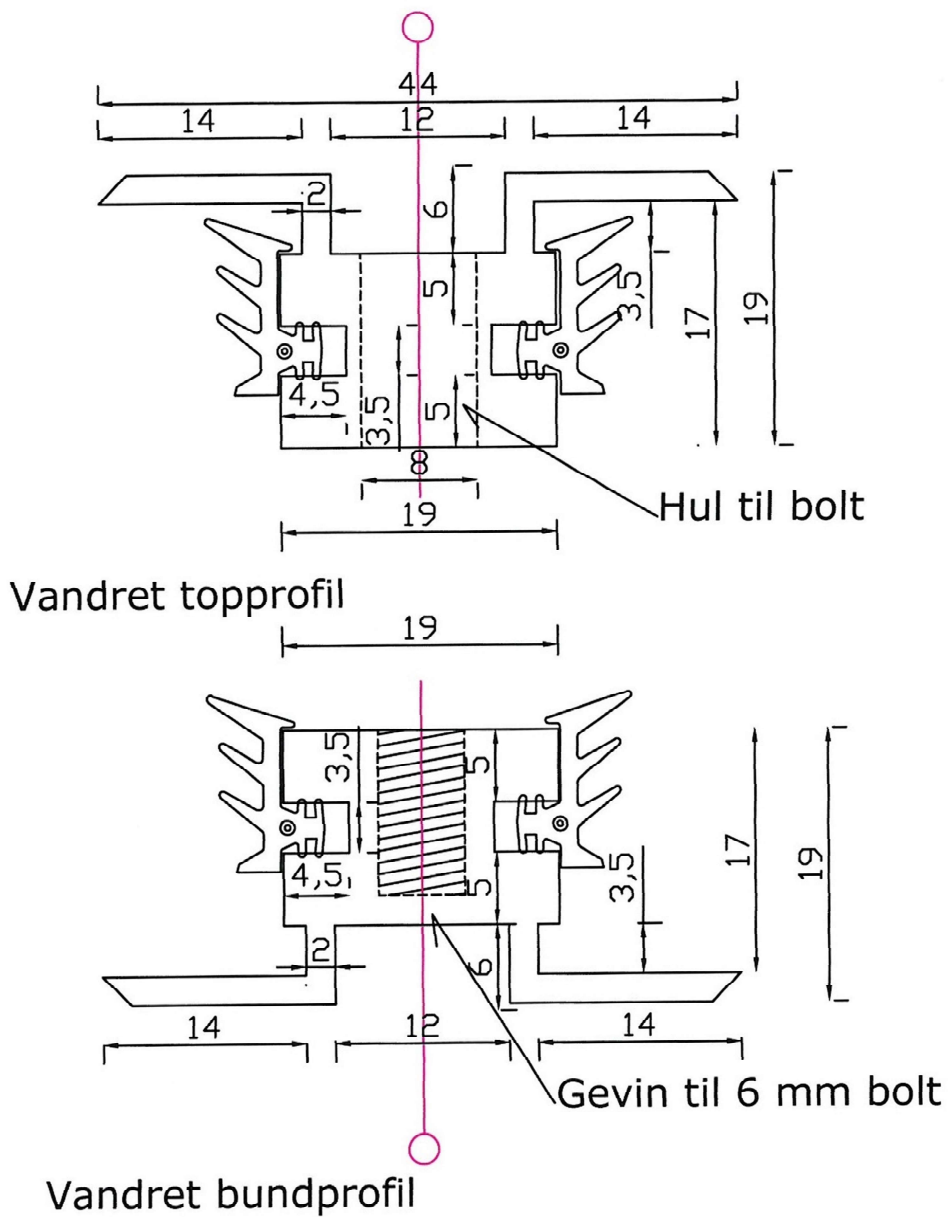


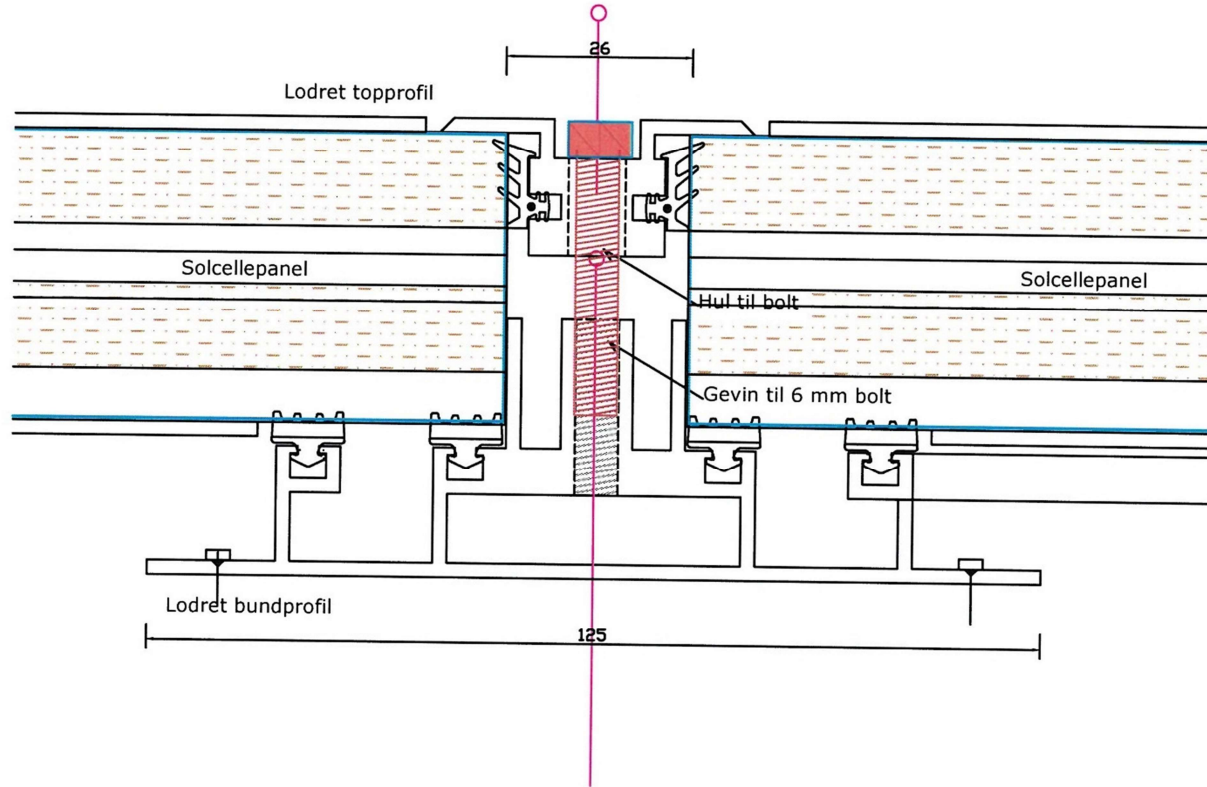
Måløpark - EUDP 1936-0003 Solceller

Profil A og B top-bund 1:1
 Tlf: +45 4032 7882 Format A4
 solarvent@solarplan.dk - www.solarplan.dk
 Solarplan aps x Valby Kirkevej 5 x DK 2500 Valby



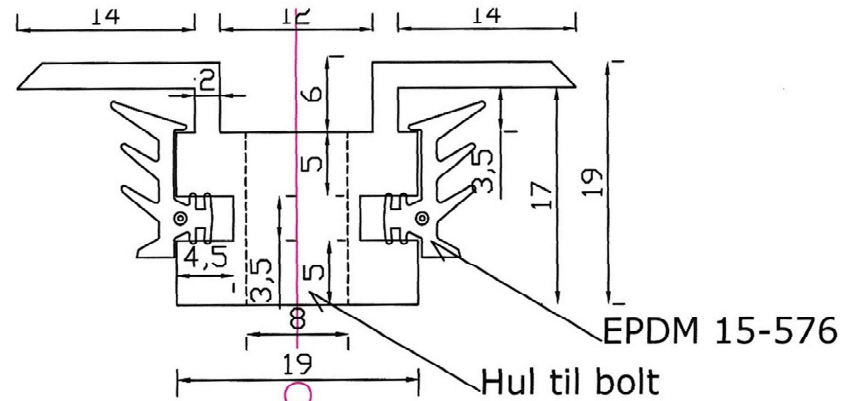
Måløvpark - EUDP 1936-0003 Solceller
 Profil B top-bund - Indbygning 1:1
 Tlf: +45 4032 7882 Format A4
 solarvent@solarplan.dk - www.solarplan.dk
 Solarplan aps x Valby Kirkevej 5 x DK 2500 Valby



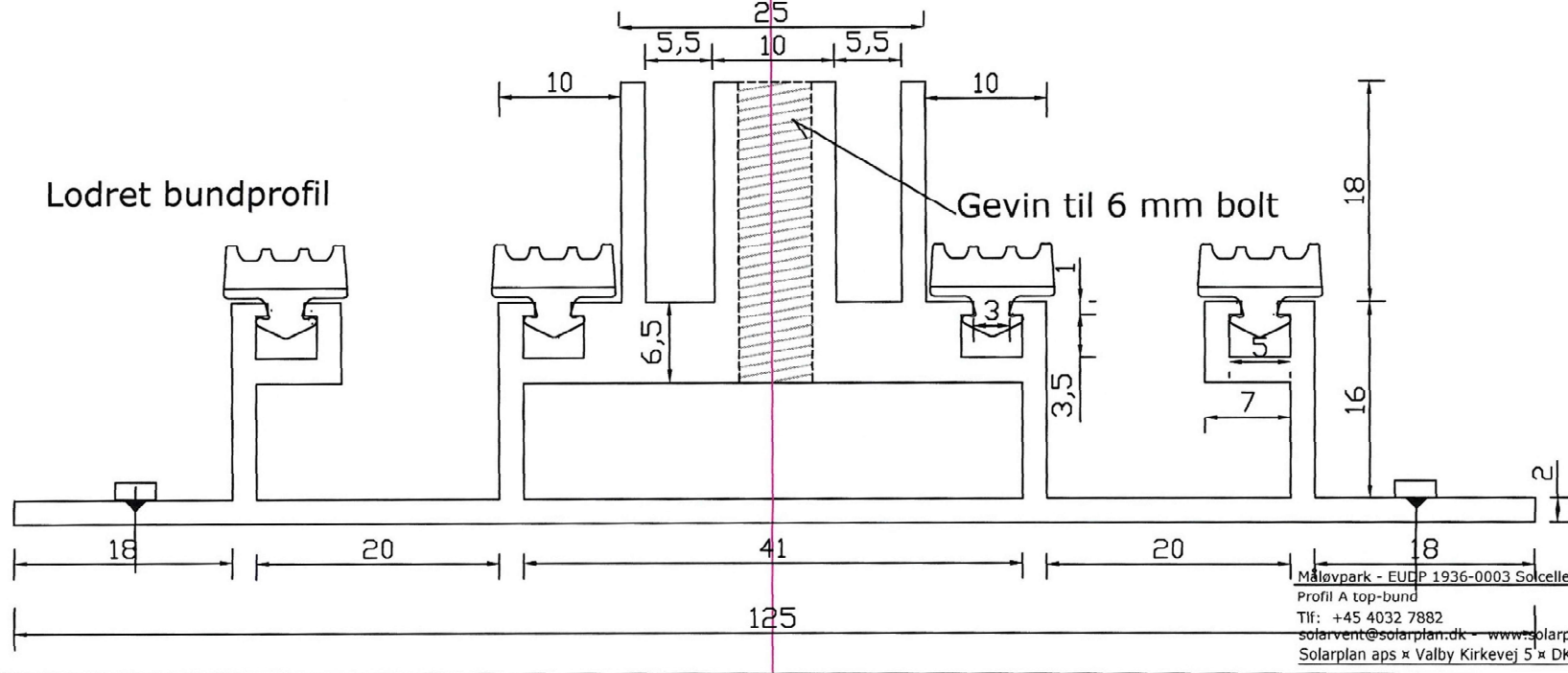


Måløvpark - EUDP 1936-0003 Solceller
 Profil A top-bund - Indbygning 1:1
 Tlf: +45 4032 7882 Format A4
 solarvent@solarplan.dk - www.solarplan.dk
 Solarplan aps x Valby Kirkevej 5 x DK 2500 Valby

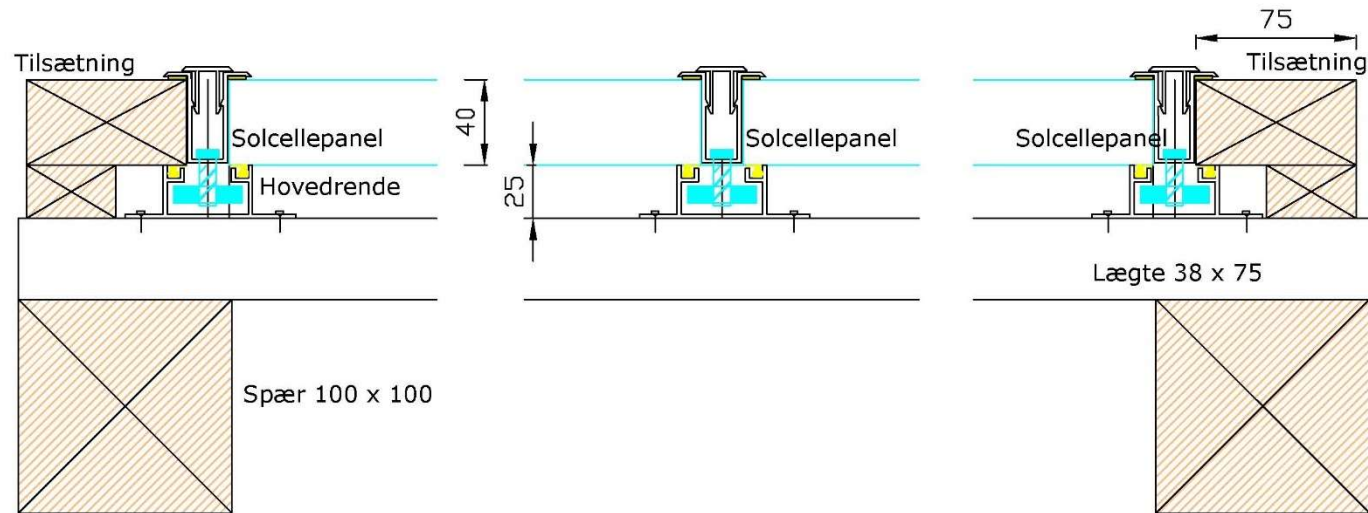
Lodret topprofil



Lodret bundprofil





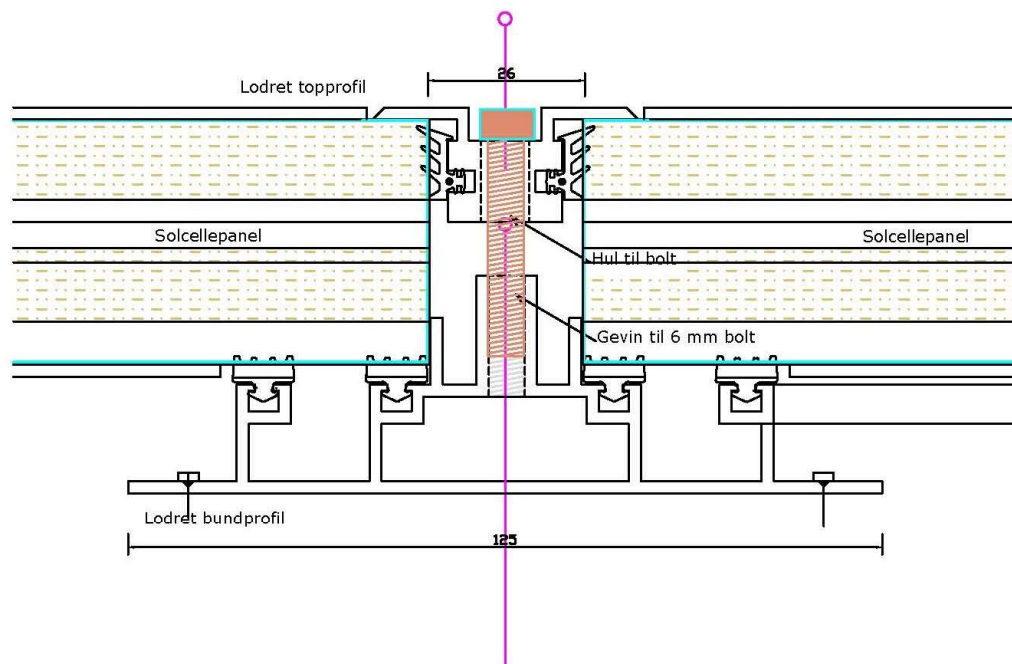


Vandrette snitdetaljer

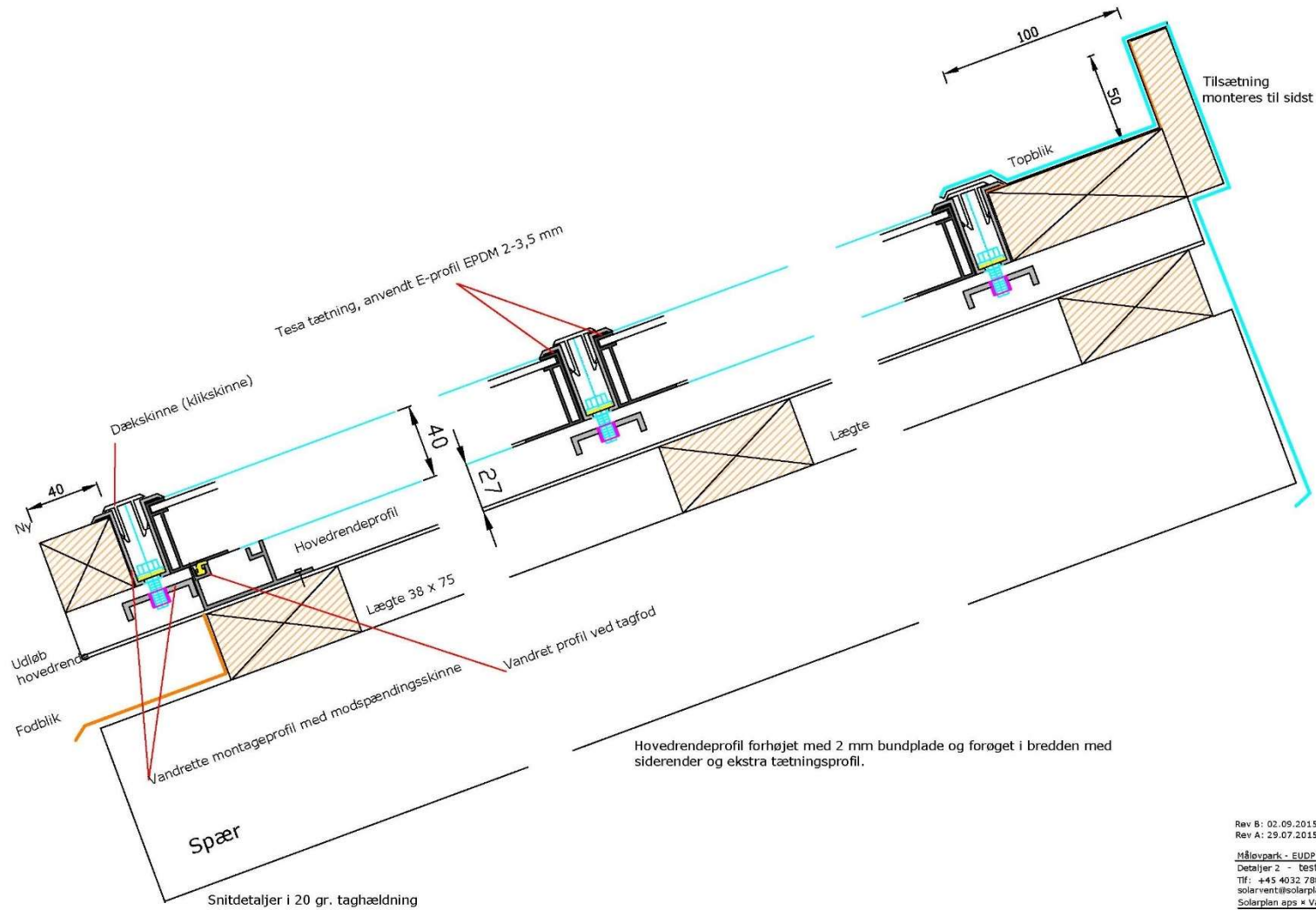
De gyldne markerede dele, spær, lægter og tilsætninger opbygges efter aftale med Velux og som Velux's bidrag.

Vi kommer med resten.

Plus underlag til hævnning over hejsebeslag



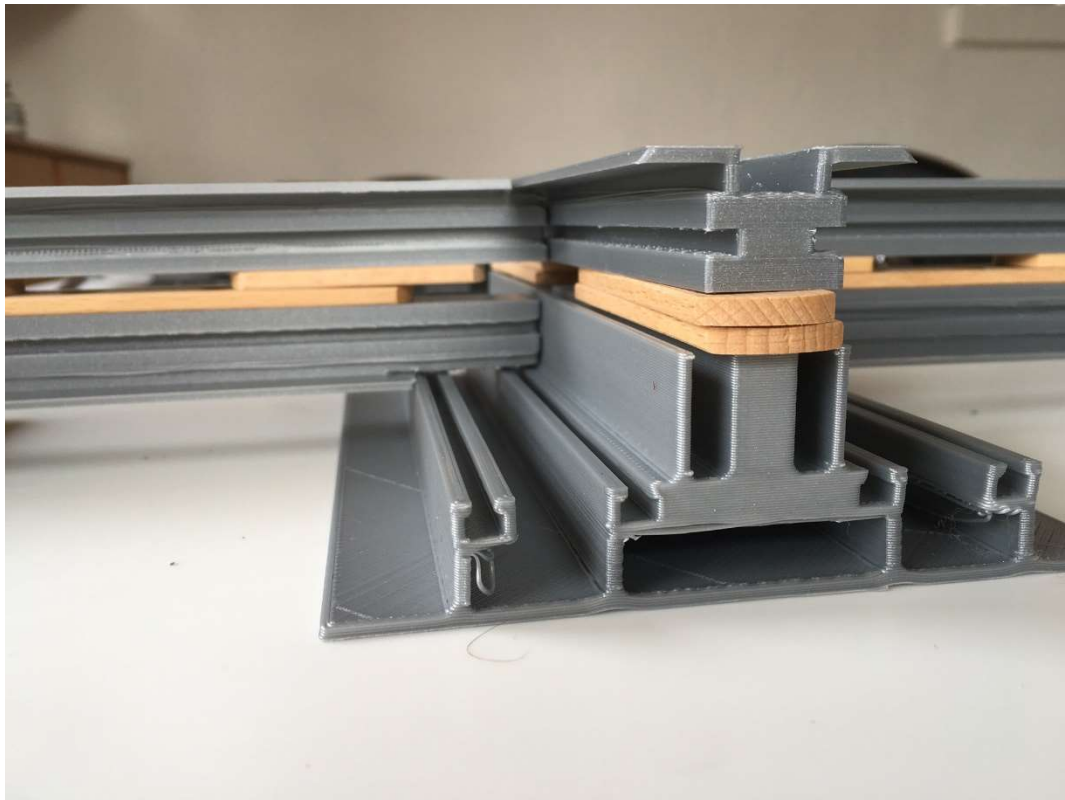
Møllevpark - EUDP 1936-0003 Solceller
 Profil
 Dato: 06.04.2016
 Tlf: +45 4032 7882 Formaf
 solarvent@solarplan.dk - www.solarplan.dk
 Solarplan aps • Valby Kirkevej 5 • DK 2500 V

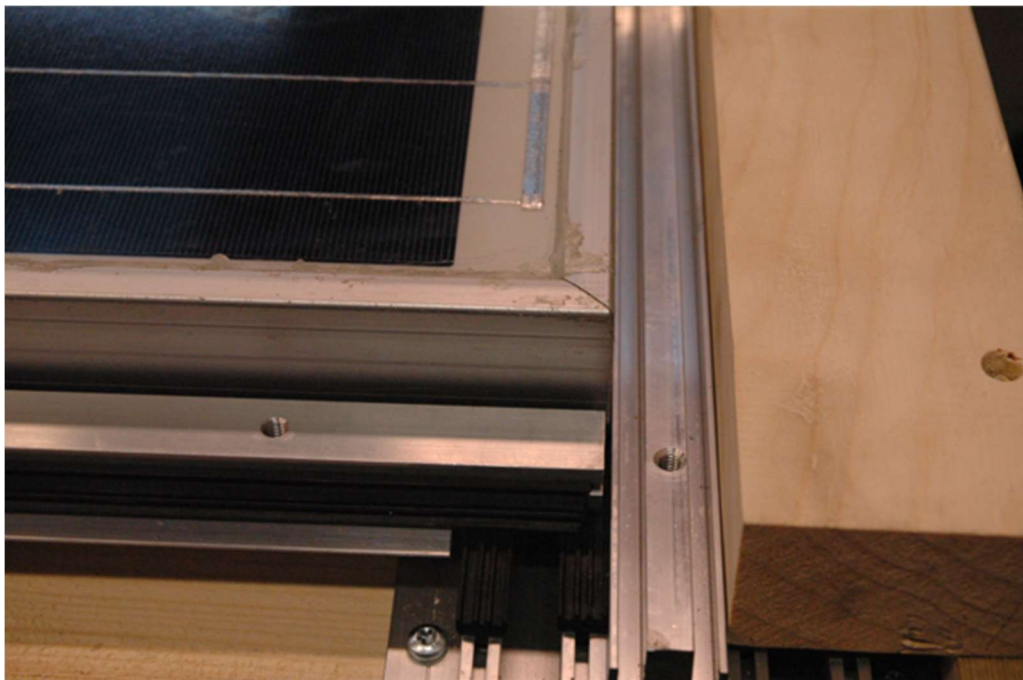
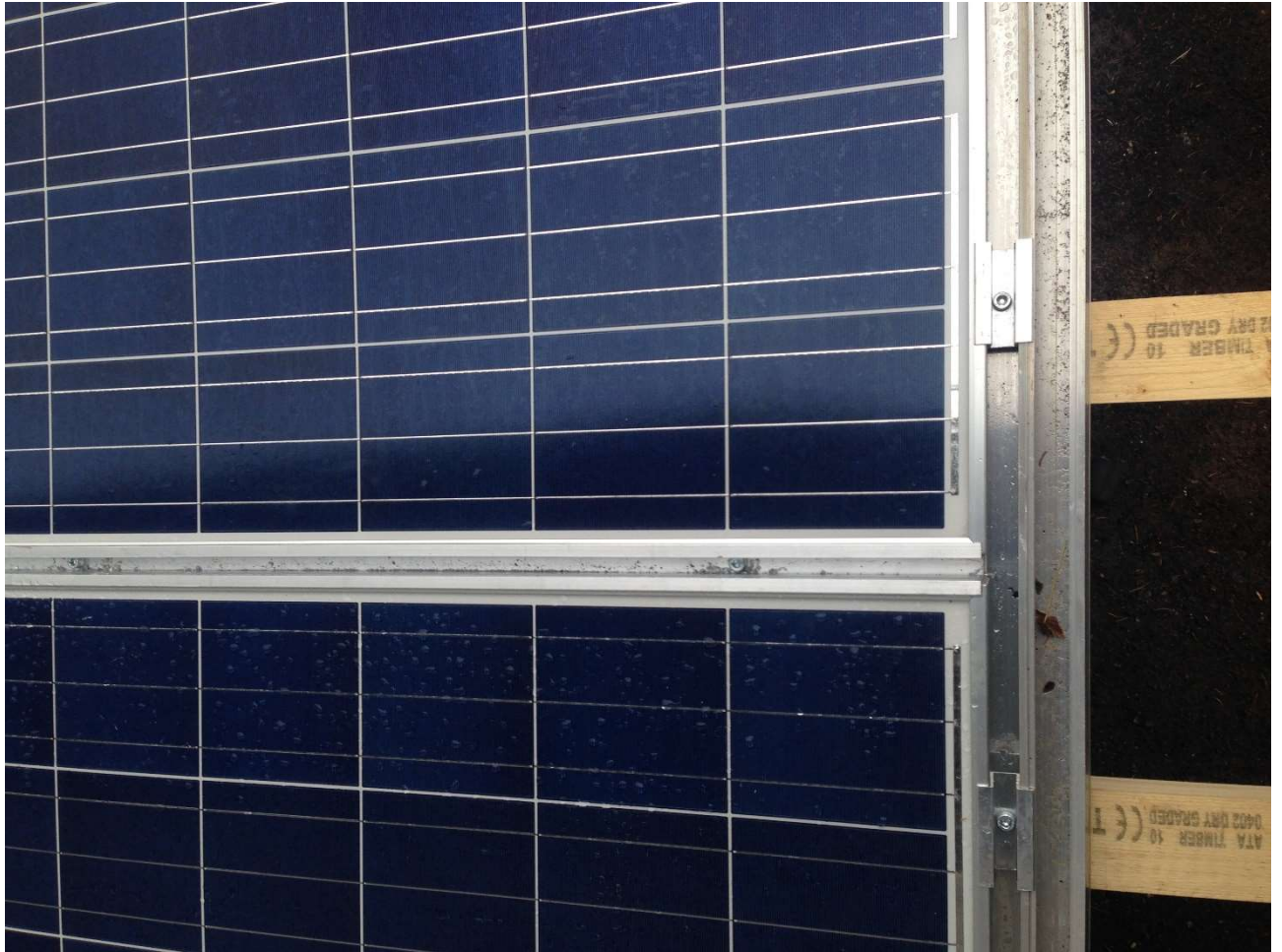


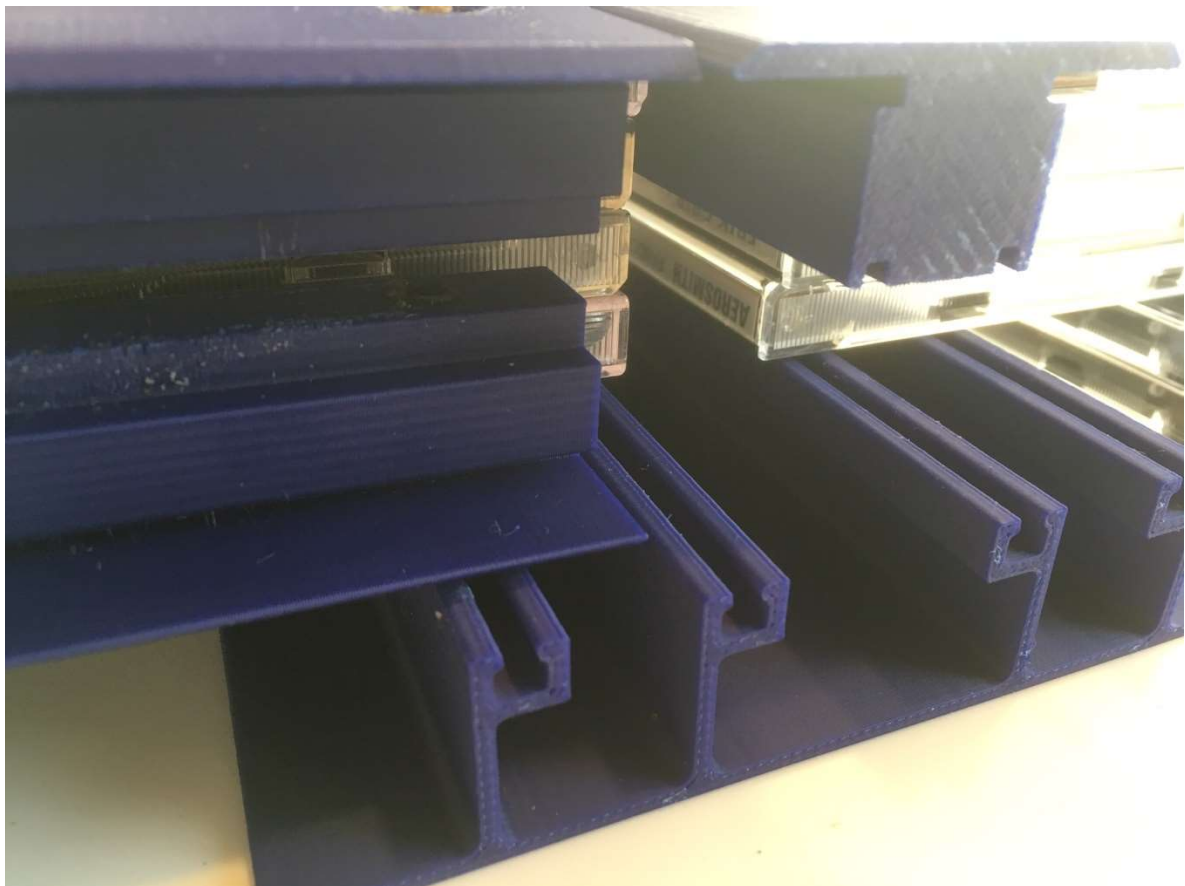
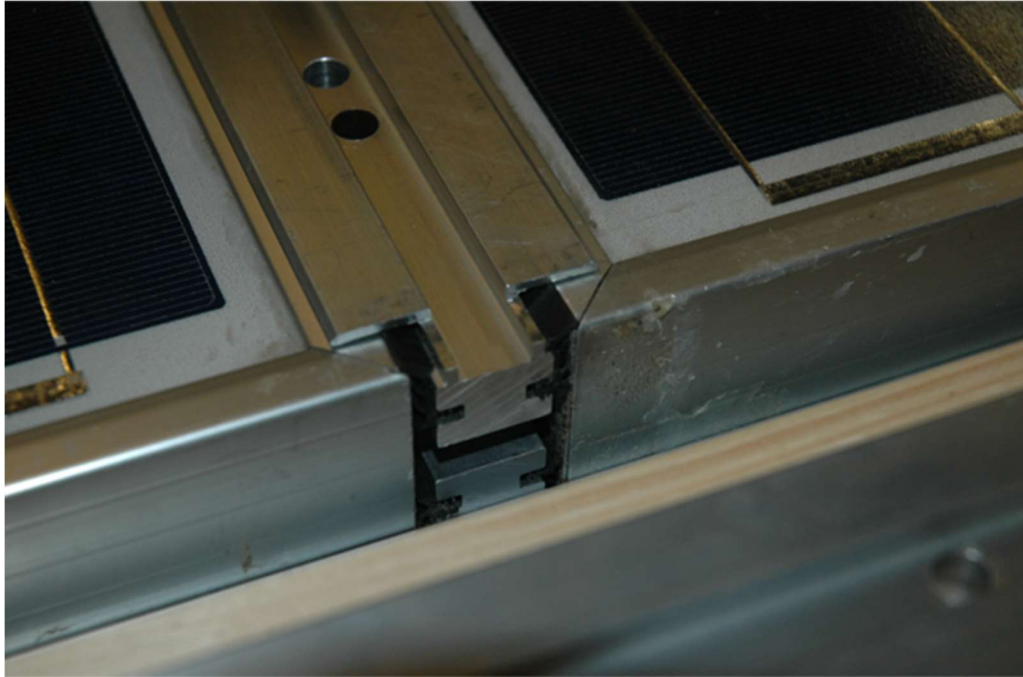
Rev B: 02.09.2015: diverse mål og tilføjelser
 Rev A: 29.07.2015: diverse mål og tilføjelser

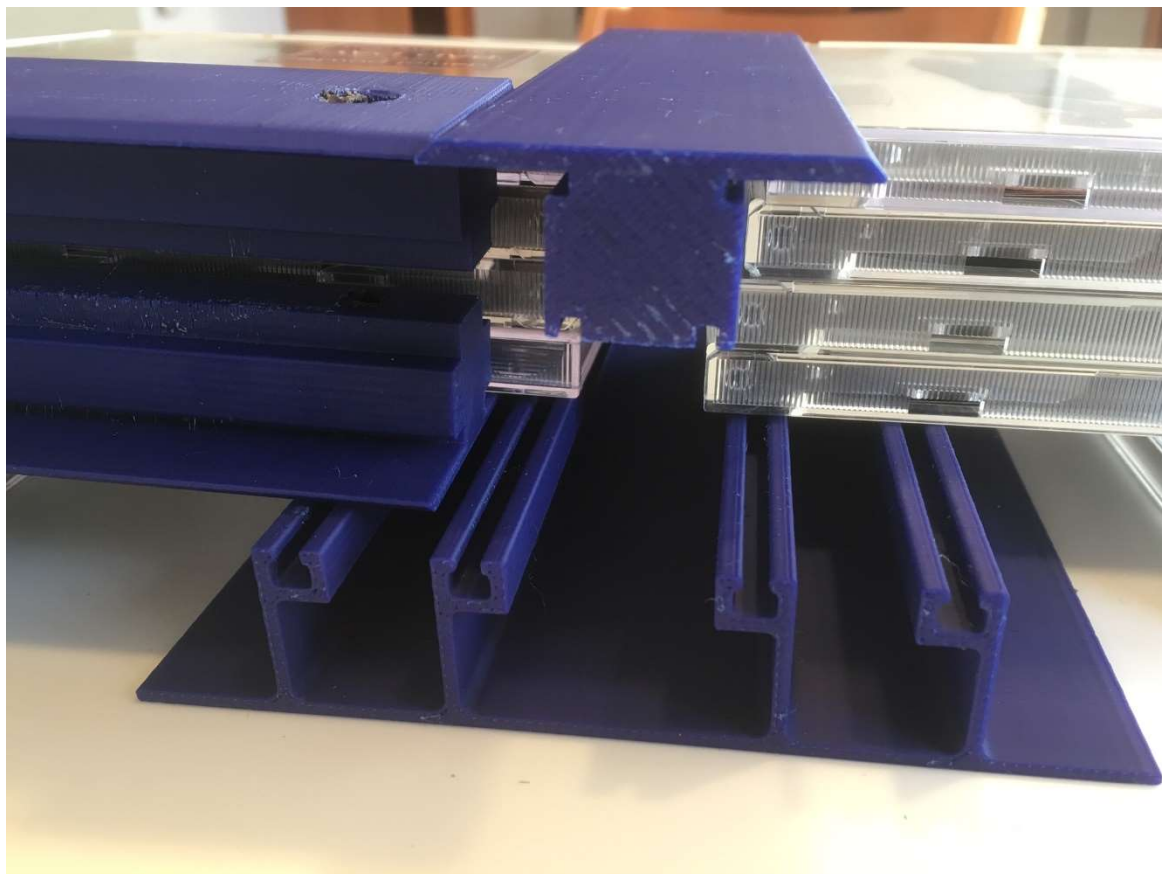
Målevpark - EUDP 1936-0003 Solceller
 Detaljer 2 - test hos Velux 1:2
 Tlf: +45 4032 7892 Format A3
 solarvent@solarplan.dk - www.solarplan.dk
 Solarplan aps • Valby Kirkevej 5 • DK 2500 Valby











3. Analyser af prisbillige solcelletage og påtænkte udviklingsmuligheder

I det følgende er vist analyse vedr. ovennævnte fra Solarplan

Version 20160129

	Solcelledelen	Tagdelen	Kommentar	
	[pris pr. m ² ekskl. moms]	[pris pr. m ² ekskl. moms]		
Nybyg	Standard tagløsninger/Tegltag	-		
	Solceller på fladt tagpap	1.300		
	Solceller på tag med tagpap og hældning			
	Solceller på skifertag			
	Solceller på tegltag			
	BIPV løsninger			Udbyderne af BIPV løsninger oplyser generelt ikke priserne her på på deres hjemmesider.
Renovering	Udskiftning af bølgeeternit tag med asbest til ? (Klaus eksempel, men det fremgår ikke...)	2.142	2.450	Boligforening i København, der står umiddelbart foran realisering. (B01)
	Solceller på fladt tagpap	1.300	-	Østvest vendte paneler med en hældning på 10-15 grader.
	Solceller på (eternit eller tegl) tag med hældning	1.027	-	Taget fra Gaias produktkatalog
	Standard tagløsninger/Tagpap	-	525	Samlet tagareal 10.390 m ² fordelt på 8 stk. 3-etages blokke af forskellig længde. Rupl. brædder spær til spær afstand 900 mm., Tagpap 2 lag med listdækning (B02).
	Standard tagløsninger/Bølgeeternit	-	450	Samlet tagareal 10.390 m ² fordelt på 8 stk. 3-etages blokke af forskellig længde. Taghældning 20 gr., Nye lægter, Bølgeeternit B7. (B02).
	Standard tagløsninger/Natur skifertag	-	975	Samlet tagareal 10.390 m ² fordelt på 8 stk. 3-etages blokke af forskellig længde. Undertag, Undertagslister (25 mm afstandslister), Nye lægter, Skifersten 30 x 60. (B02)
	Standard tagløsninger/Falstagsten	-	573	Samlet tagareal 10.390 m ² fordelt på 8 stk. 3-etages blokke af forskellig længde. Undertag, Undertagslister (25 mm afstandslister), Nye lægter, Tagsten, falstagsten. (B02).
BIPV	Gaia og Steni løsning	1.500 - 1.600	225 - 325	"GS Integra Line SP"
Ikke oplyst	Tagdækning med vingetegl		800	Incl. fast undertag med pap og lægter (B03).
	Tagdækning med pap på lister		675	incl. krydsfiner på spær (B03)
	Tagdækning med eternit		425	incl. lægter (B03)
	Tagdækning med skifer		1075	Incl. fast undertag med pap og lægter (B03).
	Tagpaptag		970	(B03)
	Tegltag		1.365	(B03)
	Ringgården er ikke helt klart?			

4. Demonstration af prisbillig solcelleløsning i 3B bebyggelsen Måløv Park

Det viste sig vanskeligere end påregnet at udvikle den helt vandtætte montageløsning for standardpaneler. På basis af dette blev det vedtaget af afdelingsbestyrelsen i Måløv Park og 3B's forretningsførerkontor, at gennemføre et udbud af den mest prisbillige solcelleløsning monteret oven på et normalt tagpap undertag på et vaskehus i Måløv Park. Solarplan gennemførte her et udbud, hvor der blev indhentet priser fra flere leverandører, herunder standard panel leverandør samt Komproment, Gaia Solar og Racell, hvor Gaia Solar havde 2 løsninger (Climate Cover og Steni Løsning)

Resultatet var som vist på figur 4.1 (for dels vaskehuset og dels hele bebyggelsen).

Som det fremgår var Racells løsning med 4,5 m² store solcellemoduler den klart billigste. Så det er denne, der blev udført som vist i det efterfølgende. På figur 4.2 er vist tegning fra Solarplan af denne løsning, der kun har en vandret samling i taget pga. de store modulstørrelser.

En samling som jf. vedlagte artikel fra HVAC bladet måske kan undgås i fremtiden, når op til 7 m lange solcelle moduler kan fremstilles.

Måløv Park - Knastebakken

Oversigt over hovedøkonomien i de 5 forskellige solcelleforlag

Budgetoversigt

09.08.2016

Vaskeri bygning - tagflader der benyttes til solceller 111 m2

Budget nr	Aktivitet	Solcelle produkt	Solcelle-effekt kWp	Disp tag-areal	Produktion kWh 1. år	Indtægt kr	Investering	
							inkl. moms	pr kWp
1.1	renovering						438.212	
1.2	solceller 1	Climate Cover	13,28	111	11.288	23.704	413.906	31.168
1.3	solceller 2	Koncept Roof	14,20	111	12.070	25.347	473.906	33.374
1.4	solceller 3	Racell	19,80	111	16.830	35.343	423.012	21.364
1.5	solceller 4	Standardpaneler	17,10	111	14.535	30.523	353.468	20.671
Juni	solceller	Steni - solceller	10,00	74	8.500	17.850	309.087	30.909

I skemaet er alene solcelledelen opgjort.

Bebyggelse - tagflader der benyttes til solceller 4692 m2

Budget nr	Aktivitet	Solcelle produkt	Solcelle-effekt kWp	Disp tag-areal	Produktion kWh 1. år	Indtægt kr	Investering	
							inkl. moms	pr kWp
2.1	renovering						15.546.875	
2.2	solceller 1	Climate Cover	561	4692	477.000	1.001.700	17.218.717	30.693
2.3	solceller 2	Koncept Roof	600	4692	510.000	1.071.000	19.658.837	32.765
2.4	solceller 3	Racell	891	4692	757.000	1.589.700	13.707.928	15.385
2.5	solceller 4	Standardpaneler	714	4692	606.900	1.274.490	11.896.888	16.662
juni	solceller	Steni - solceller	443	3284	376.550	790.755	12.910.225	29.143

I skemaet er alene solcelledelen opgjort.

Solarplan Aps

Figur 4. 1

Økonomi for 5 forskellige solcelletage til Måløv Park

Tallene repræsenterer hhv. tagrenovering og solcelleinstallation.

Tagrenovering koster 764,-/m², og på de tagflader hvor der herudover etableres solceller tillægges i Racell tilfælde 2.337,- kr.

Den ene tagflade: 764,-/m²

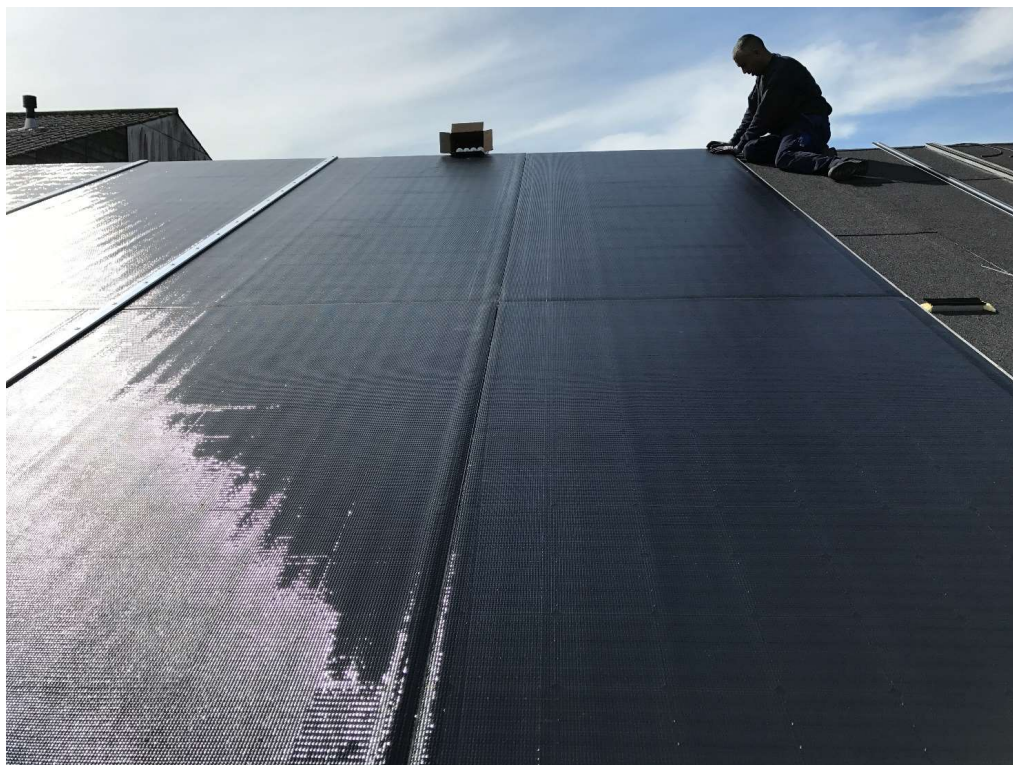
Den anden tagflade 3101,-/m² /tagrenovering 25% solceller – 75% af samlet pris)



Figur 4. 2 Foto af modelstykke af Racells nye selv bærende tagsystem med solceller



Figur 4. 3 Racell solcellemodul i fuld størrelse. Kan fås i meget store moduler, svarende til de 4,5 m² store moduler, der er anvendt til Måløv Park anlæg.



Figur 4. 4 Foto fra montagearbejde på vaskehus i 3B bebyggelsen Måløv Park. Som det ses her, er der kun en vandret samling, når de 4,5 m² store solcelle elementer anvendes. Efterfølgende måleperiode vil påvise, om denne samling er helt tæt i praksis.



Figur 4. 5 Montgearbejde på vaskehus



Figur 4. 6 Det forberedte tagpaptag før solcelleelement montagen



Figur 4. 7 De anvendte Racell solcelle elementer er i princippet selv bærende. Så løsningen med et fuldt tagpap undertag er lidt "livrem og seler". Samling i forhold til montage profiler laves med selvskærende skruer i de yderste 5 cm af solcelle panelerne, hvor der ikke er solceller.



Figur 4. Det færdige solcelletag på vaskehuset i Måløv Park

ProduktNyt

Tagbeklædning med både solceller, solfanger og energiabsorber



Inden opsætningen af tagbeklædningen.



Efter huset er udstyret med ITM-produktet.

Den danske virksomhed Racell lancerer nu produktet "ITM", der står for et "all-in-one Integrated multifunctional Triple power Module". ITM udgør selve tagbeklædningen - et selv-bærende bygningselement med indbyggede solceller, solfanger og energiabsorber - i et og samme element. Arkitektonisk set er solcellerne skjult bag en ensartet overflade, der farvesættes efter kundens ønske.

ITM-taget er velegnet til flere bygningstyper såsom enfamiliehuse, boligblokke, sports-

lager- og produktionshaller. På det globale marked er der særlig stor efterspørgsel på miljøvenlig energi til køling af bygninger. De varme bygninger i udlandet udgør således det største potentielle marked for ITM-løsningen.

- Vi forventer ganske store eksportmuligheder med det nye produkt, i første omgang til USA, Frankrig, Italien, Tyskland, Norge og Sverige, fortæller Yakov Safir, direktør i Racell.

Via samarbejdet og inspiration-

en fra de førende danske tegnestuer, har Racell målrettet sin produktion mod æstetisk smukke facader og tage, hvor solcellerne ganske enkelt bliver usynlige. I stedet overlades det til arkitekterne at vælge de ønskede farver, nuancer og tekstur for ITM-elementerne. Størrelsen er også sluppet fri til arkitekterne, da Racell i dag producerer verdens største moduler, op til 3 x 4 meter. Næste år produceres også op til 3 x 7 meter således, at et enkelt ITM-element kan spænde over hele taget.

Produktionen til taganlæg i Egedal Kommune og i Måløv Park er netop gået i gang. Flere større boligblokke får de nye ITM energianlæg næste år, bl.a. i København, Aarhus, Stavanger, Oslo og Växjö. Næste år forventes også allerede de første ordrer til USA og i løbet af 2018 forventes skabt flere hundrede nye jobs hos Racell. Succesen kan udover de danske arkitekter tilskrives samarbejdet med bl.a. Aarhus Universitet, Danmarks Tekniske Universitet, Cowi, Rambøll og ikke mindst F&U-midler fra EUUD og fra Energinet.dk.



Flere større boligblokke får de nye ITM energianlæg næste år. Måløv Park er netop gået i gang.

både ftalater og flammehæmmere i luften. Det eneste krav i Danmark til byggematerialer er krav til afgivelsen af formaldehyd, fortæller Lis Winther Funch.

Udbud og efterspørgsel

En ny rapport, som er udarbejdet af Bygherreforeningen, Realdania, Konstruktørforeningen og Cowi, viser, at bygherrerne har indeklimaet højt på prioriteringslisten i forhold til energirenovering. Til spørgsmålet om, hvor vigtigt indeklimaet anses for at være inden for den fremtidige ejendomsportefølje, lyder svaret fra 93 procent, af de adspurgte, at det er "meget vigtigt" eller "altafgørende". De resterende syv procent angiver, at indeklimaet er "vigtigt". De eneste to parametre, som vægtes højere end indeklima i undersøgelsen, er økonomi og funktionalitet. At indeklimaet ryger ind på en

tredjeplads glæder Lis Winther Funch sig over.

- Det er vigtigt, at kunden og forbrugeren begynder at prioritere indeklimaet højt. Der har været en tendens til, at det er blevet taget som en selvfølge, at hvis man har en nyrenoveret bolig eller en ny bolig, så har man også automatisk et sundt indeklima. Men det er bestemt ikke altid tilfældet, slet ikke hvis man samtidig har købt nye møbler eller tæpper, slutter Lis Winther Funch, som håber, at Byggevareforordningen vil begynde at stille krav om dokumentation af afgivelsen af andre kemiske stoffer end formaldehyd i takt med, at kunderne efterspørger et sundt indeklima.

En undersøgelse, som Det Økologiske Råd foretog i 2015, viste, at der var sundhedsskadelige kemiske stoffer i støvet på 17 ud af 17 undersøgte børneværelser.



Muligheder og barrierer for realisering af solcelle tagrenovering i Måløv Park

5. Projektresultater og udbredelse af projektresultater

Ideen med at udvikle et helt regntæt montage system for standard solcellepaneler lykkedes som nævnt ikke, men den demonstrerede tagdækning fra firmaet Racell har et stykke hen ad vejen de samme kvaliteter med lav pris og god regntæthed.

For en tæt-lav såkaldt park bebyggelse som Måløv Park, er det ikke kun økonomien for solcelleløsningen der er udfordringen. En anden betydelig barriere er at få tilpasset de eksisterende el installationer og elmålere så de er velegnede til at indgå i et solcelle system.

Her håbede man på et tidspunkt at få lov til at udnytte en såkaldt virtuel solcelle afregning.

Alternativt kan man også få etableret et helt nyt bimåler el afregnings system, og så lade bolig-selskabet stå for opkrævning af elregninger til lejlighederne.

6. Praktisk anvendelse af projektresultater

Bolig selskabet 3B administrerer ud over Måløv Park bebyggelsen med ca. 300 boliger, også en lang række andre almene bolig afdelinger med skrå tage, hvor der også er behov for tagrenovering, så interessen for anvendelsen af teknologien må siges at være stor når det er muligt at påvise en positiv projekt økonomi for beboerne.

7. Projekt konklusioner og perspektiver

Projektgruppen har ikke helt opgivet at få det delvist udviklede montage system videreudviklet til at være helt regntæt.

Indtil da er Racells teknologi et godt alternativ for denne type byggeri, og når elementer herfra kan leveres i fulde taglængder kan man godt tillade sig at sige at man har et prisbilligt solcelle system som komplet klimaskærm, idet det så ikke er nødvendigt med tværgående samlinger, hvilket betyder at man i princippet kan undvære det normale undertag, som det også var visionen i EUDP projektet.

EUDP projektet har påvist at det ikke er helt enkelt at udvikle helt regntætte solcelletage, hvor alene solcelle elementerne udgør tagets tæthed.

Perspektiverne for løsninger der lever op til dette ønske, vurderes stadigvæk at være meget store. Med de stedse faldende solcelle priser er visionen bag EUDP projektet stadigvæk meget relevant, og det kan derfor også anbefales, at gøre ekstra forsøg på at opfylde projektets oprindelige vision med at udvikle et montagesystem der sikrer at det er muligt at lave et solcelletag som komplet klimaskærm.

Samtidigt er det relevant at få påvist hvad en bimåler ordning kan betyde økonomisk. Fordelen er her at man vil spare de individuelle årlige måler afgifter, og at beboernes husholdnings el kommer til at indgå i afregnings grundlaget for solstrøm. Erfaringen fra større blok bebyggelser viser en ganske god økonomi for denne løsning, men for mere udsprede park lignende bebyggelser kan etablering af et nyt bimåler system godt blive en udfordring.

Annex

Relevante links