

JOURNALNR: 64011-0313

ENERGIOPTIMERING AF SOLPANELER VED BRUG AF INTELLIGENT STYRING

SLUTRAPPORTERING FOR PROJEKTPERIODEN 1. JANUAR 2012 TIL DEN 31. JULI 2014

Version: Udkast 4.0

13. april 2015

Projektsvarlig virksomhed: Gaia Solar A/S

Projektleder: Anders Sørensen, Udviklingschef, Gaia Solar

RESUME

Det er i projektet lykkedes at udvikle og demonstrere intelligent styring af solceller via fungerende prototyper på tagplaceret pv-anlæg i Hvidovre.

Det blev besluttet at fokusere på to versioner af løsningen, en prototype 1 med fokus på brand- og tyverisikring, og prototype 2 med fokus på energioptimering, udover brand- og tyverisikring. Dette valg skyldes dels at der ved projektets opstart var ret stort fokus på problemstillinger relateret til brand og sikkerhed, og dels at der ved at "undvære" energioptimering kunne laves et relativt billigt produkt, som var konkurrencedygtigt, da det bedre kunne betale sig at tilføje et ekstra solcelle-panel end at betale for energioptimeringen.

Udviklingsforløb og resultat er derudover karakteriseret ved større grad af software og it-udvikling og mindre anvendelse af Gaia Solars pv-produktionskompetence end først antaget. Sideløbende har markedet for solceller i Danmark været ramt af nedgang og der er flere store virksomheder som har etableret sig på markedet for intelligente moduler og power optimizere.

Det har medført at en række barrierer: begrænset efterspørgsel, stærke konkurrenter og manglende in-house kompetencer, som gør det svært at produktmodne og efterfølgende kommercialisere den udviklede løsning til et konkurrencedygtigt alternativ til eksisterende løsninger på markedet.

Den videre anvendelse og kommercialisering af projektets resultater forventes derfor at blive: 1) avanceret monitorering af solceller – software plugin eller samarbejde med eksisterende leverandør på området, 2) salg/samarbejde om at implementere brand- og tyverisikrings features i eksisterende produkt sammen med konkurrent eller at overgive produktansvar til elektronikproducent, samt 3) udvikle mini-poweroptimizer med udgangspunkt i viden om energioptimering.

ABSTRACT

The project has managed to develop and demonstrate intelligent control of solar cells through working prototypes of roof-mounted pv-plant in Hvidovre.

It was decided to focus on two versions of the solution, a prototype 1, focusing on fire and theft, and prototype 2 with a focus on energy optimization, in addition to fire and theft. This choice is partly due to the start of the project was quite large focus on issues related to fire and safety, and secondly that the "without" energy optimization could be made a relatively inexpensive product that was competitive, since it was more profitable to add a second solar panel than to pay for energy optimization.

Development Process and outcome are additionally characterized by greater degree of software and IT development and less use of Gaia Solar pv-manufacturing expertise than initially expected. At the same time the market for solar cells in Denmark has halted and at the same timer there are several large companies who have established themselves in the market for intelligent modules and power optimizers.

This has led to a number of barriers: limited demand, strong competitors and a lack of in-house skills, which makes it difficult to mature and subsequently commercialize the developed solution to a competitive alternative to existing solutions in the market.

The re-use and commercialization of the results of the project are expected to be: 1) advanced monitoring of solar cells - software plugin or working with existing suppliers in the field, 2) sales / cooperation to implement fire and antitheft features in existing product along with competitor or provide the product to a electronics manufacturer, and 3) develop a mini-poweroptimizer based on knowledge about energy optimization.

Indholdsfortegnelse

Resume	2
Abstract.....	3
1 Indledning.....	6
2 Resultater og erfaringer.....	7
Den udviklede løsning: Solar Intelligence.....	7
Den intelligente samleboks	8
Den trådløse antenne.....	8
Betjeningspanel (Smartbox)	9
Software.....	9
Brandsikring.....	12
Tyverisikring.....	12
Energioptimering.....	13
Installations diagnostik.....	13
Monitorering.....	13
Vedligeholdelse	13
Beskrivelse af funktioner i praksis.....	16
Testresultater og godkendelser.....	18
Standarder	18
test og Laboratorieforsøg.....	18
Forskningsresultater.....	21
Brandmands sikkerhedskrav og løsningsforslag	22
Distribueret styring af modulintegrede inverttere.....	24
Om konsortiet og samarbejdet	25
Om projektførelsen og tidsplan	26
De udførte projektaktiviteter og leverancer	26
WP1 (Lead: Gaia Solar) – Projektledelse og formidling.....	26
WP2 (Lead: Aalborg Universitet (AAU)) – Kriterie og udvikling af koncept	27
WP3 (Lead: Aalborg Universitet (AAU)) – Udvælgelse og udvikling af teknologi.....	28
WP4 (Lead: Gaia Solar) – Konstruktion/opbygning og demonstration af version 1 og 2.....	29

Konklusion	29
3 Formidling	31
kommunikation i fagmedier	31
Videnskabelige publikationer	32
Præsentationer.....	32
4 Perspektivering og afvigelser	33
Markedsudviklingen - generelt.....	33
Markedsudvikling – intelligente moduler og power optimizere	33
Solar Intelligence som eget produceret kerneprodukt vs. tilkøbt tillægsprodukt.....	34
Barrierer.....	34
Barriere 1: begrænset efterspørgsel.....	34
Barriere 2: Stærke konkurrenter	34
Barriere 3: Manglende kompetencer.....	35
5 Resultatudnyttelse og anvendelsesmuligheder	36
Projektets produkter.....	36
Forslag til produktmodning	37
6 Konklusion	39
Bilagsoversigt (Kan rekvireres efter behov).....	43

1 INDLEDNING

Projektets mål er at udvikle et solcelle-system, hvor en intelligent kontrolenhed indbygget i hvert PV panel. Dette vil medføre automatisk evaluering af det enkelte panels ydeevne, så paneler eller dele af paneler, der ikke yder optimalt, kan omgås i tilfælde af f.eks. delvis skygge. Dette vil forbedre systemets ydeevne med op til 20 % imens prisen kun øges med 5 %. Samtidig vil projektet udvikle og teste løsninger på to betydelige hindringer mod bygnings-integrerede PV systemer: brandfare samt de stadigt stigende problemer med tyveri af paneler fra både byggepladser og færdige konstruktioner.

Baggrunden for projektet er dels baseret på et ønske om at kunne tilbyde et nyt og bedre solcellesystem til markedet, med øget energiproduktion og sikkerhed, for at adskille os fra specielt konkurrenter fra Asien med standard-løsninger. Derudover ønsker vi i Gaia Solar at være på forkant med fremtidige krav til sikkerhed ift. brand og tyveri, som er på vej – båret af den massive udbredelse af solcellepaneler på verdensplan. Krav, som kan medvirke til en markant fordyrelse af pv-anlæg og dermed være en barriere for salg, med mindre der udvikles en løsning, som kan gøre det mere smart og intelligent.

Det centrale element i det intelligente pv-system, er et printkort, som indbygges i hver samlebox på bagsiden af pv-panelerne. Printkortet gør det muligt at monitorere energiproduktion på hvert enkelt panel og kontrollere det via web-interface eller kontroldisplay. Der er med andre ord tale om en væsentlig opgradering af de konventionelle samleboxe. Udover printkort og samlebox, kræver systemet antenner, ledninger, kontroldisplay og web-interface for at fungere.

Hovedformålet med projektet var at konceptudvikle og demonstrere en intelligent styring til solcellepaneler: lige fra identifikation af brugbare teknologier til udarbejdelse af kravspecifikation, og efterfølgende prototypeudvikling og evaluering af potentielle løsninger og designs til endeligt valg af løsning. Dernæst fremstilling af komponenter og test af disse til afslutningsvis demonstration og test af hele løsningen mhp. at verificere løsningens funktionalitet og dokumentere et bedre solcellesystem (ift. økonomi og sikkerhed) end konventionelle pv-anlæg.

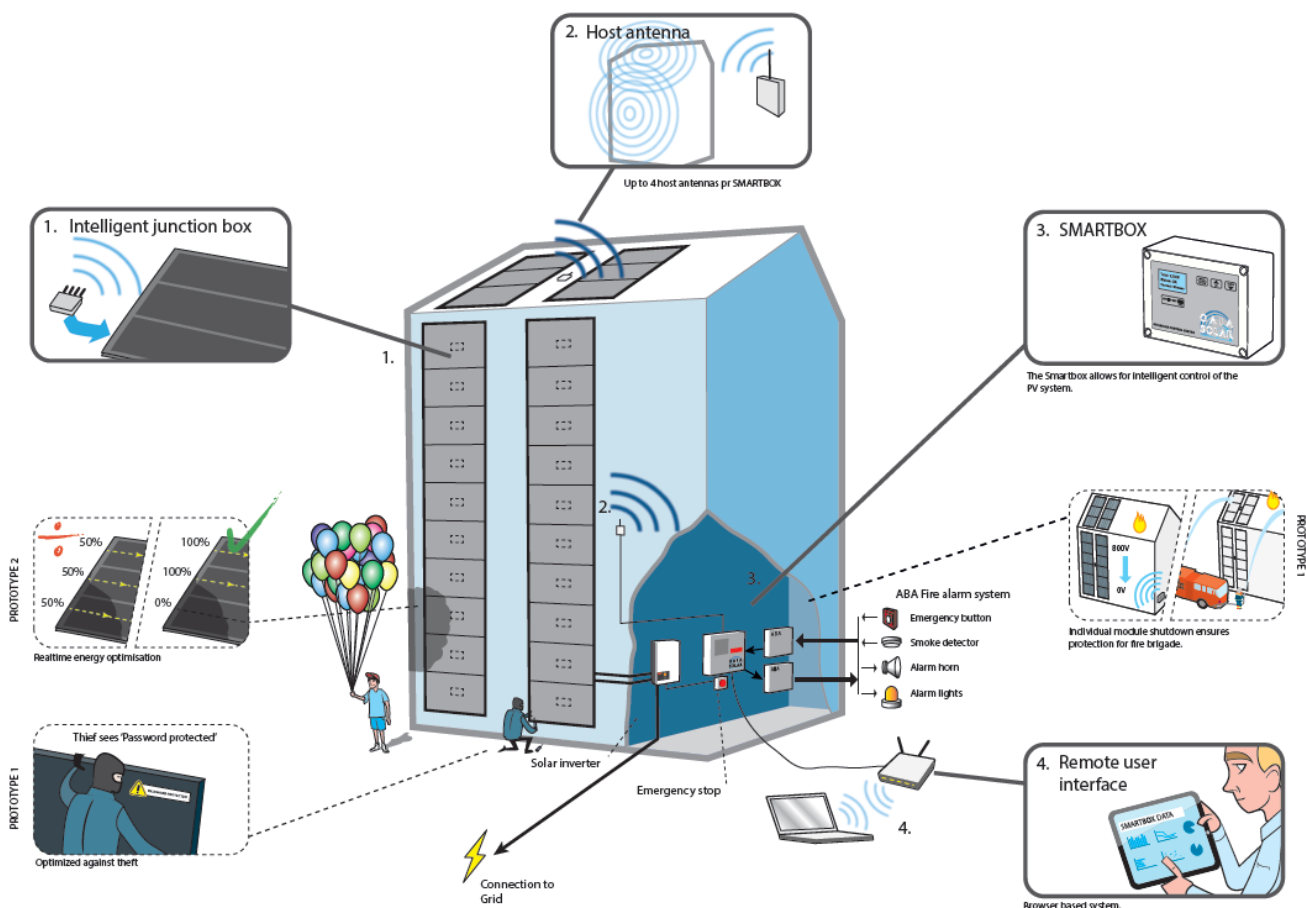
En væsentlig del af prototypeudviklingen, har været gennemførelse af en række studier for hvordan den ønskede elektronik har kunne designes optimalt, først på et teoretisk niveau og senere ved eftervisning via praktiske forsøg, af AAU.

2 RESULTATER OG ERFARINGER

Denne rapport udgør slutrapporteringen for projektet Intelligent Styring af Solceller, der blev afsluttet d. 31. juni 2014. Rapporteringen dækker hele projektforsløbet. I rapporten er der anvendt uddrag og elementer fra projektrapporter undervejs, hvorfor der er visse elementer der optræder på engelsk, da det har udgjort en væsentlig del af projektets sprog. I de tilfælde hvor projektdeltagerne har bidraget med meget omfattende input til slutrapporten, er uddrag medtaget i selv rapporten og hele bidraget vedlagt.

I denne sektion præsenteres de udviklede prototyper og de væsentligste resultater der er opnået i projektet. Dertil kommer en kort gennemgang af forskningsresultater og videnskabelige artikler udarbejdet som del af projektet. Indledningsvis præsenteres projektets primære produkter, hhv. den udviklede løsning: solar intelligence, testresultater og forskningsresultater. Efterfølgende beskrives samarbejdet, tidsplaner, perspektiver og konklusion inden gennemgang af proces og resultater af de udførte projekttaktiviteter fordelt på arbejdsopgaver.

DEN UDVIKLEDE LØSNING: SOLAR INTELLIGENCE



Figur 1: Solar Intelligence

Den udviklede løsning Solar Intelligence består af 4 primære komponenter (boks 1-4 i ovenstående figur), og tilbyder 3 forskellige services til slutkunden (stiplede bokse). Dette afsnit præsenterer den

samlede løsning, de individuelle komponenter projektet har udviklet og de services som løsningen tilbyder.

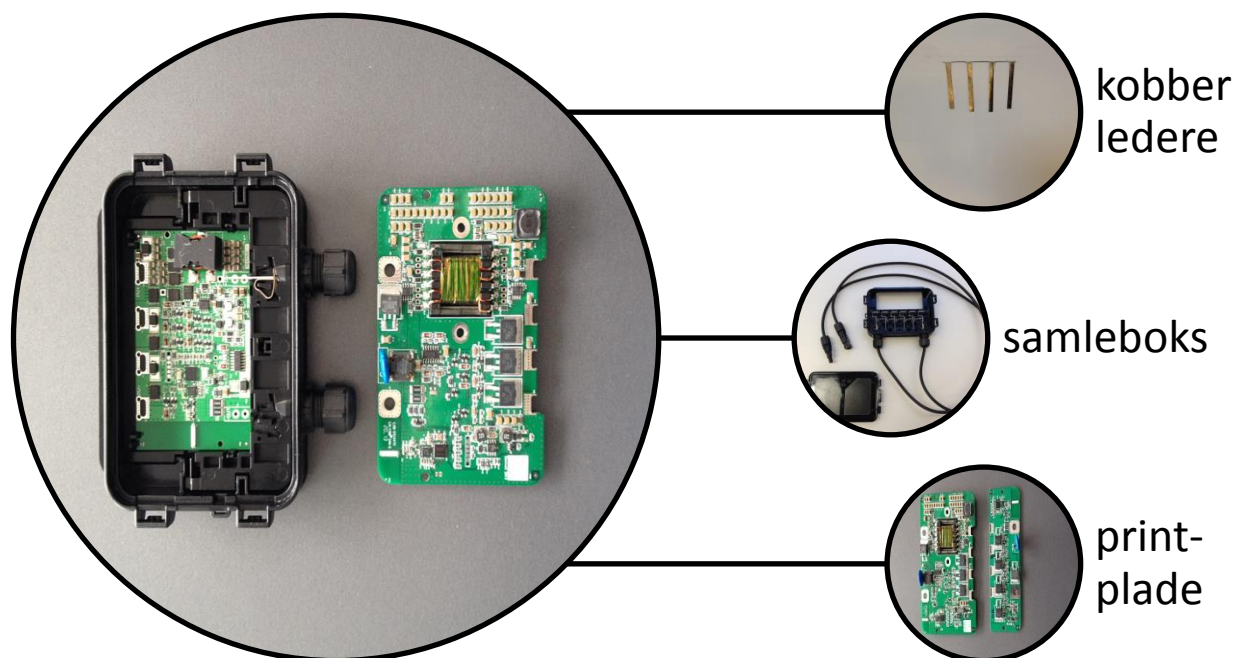
DEN INTELLIGENTE SAMLEBOKS

Den primære komponent har været udviklingen af en mere intelligent samleboks (boks 1 i Figur 1). Samleboksen sidder typisk på bagsiden af solcellemodul og har til formål at opsamle jævnstrømmen fra forsiden af modulet via kobberledere der klemmes fast i samleboxen, som sender strømmen videre til vekselretter. Intelligenten er opnået ved at tilføje den udviklede printplade til samleboxen.

Printpladen karakteriseres af 4 komponenter/features, hvoraf den primære er en mikroprocessor, som via MPPT (Maximum Power Point Tracking) software styrer hvert enkelt solcellepanel, og betyder at hvert enkelt panel yder optimalt på trods af uens skyggevirkning, snavs eller elektrisk mistilpasning.

De øvrige komponenter inkluderer en DC-DC konverter, som er en jævnstrømsomformer der øger strøm og tilføjer energi. Derudover Mos-Fet Transistorer, der er kontakter som kan lukke solcellepanelet ned ved at afbryde det elektriske kredsløb og endeligt en Radio der muliggør trådløs kommunikation (wifi).

Der er udviklet to typer printplader, hhv. en prototype 1 og prototype 2. Prototype 2 indeholder alle ovennævnte komponenter, mens prototype 1 indeholder Radio og Mos-Fet Transistorer. Baggrunden for dette valg er et ønske om at stå med en billigere version af produktet der tilbyder brand- og tyverisikring og mindre grad af energioptimering (prototype 1) og en version med brand- og tyverisikring og energioptimering (prototype 2). De forskellige features/services – brandsikring, tyverisikring og energioptimering præsenteres senere i afsnittet.



Figur 2: Den Intelligente Samleboks

DEN TRÅDLØSE ANTENNE

Den trådløse antenne (boks 2 i Figur 1) er en standardkomponent udviklet af projektpartneren Speedtech. Der er tale om en 2,4 GHz trådløs antenne med signaltype RS485. Antennen har til formål at opsamle og modtage signaler og information fra hvert enkelt solcellepanel og sende dem videre til betjeningspanelet. Antennen har en rækkevidde på 100 m i fri luft og drives af en 24 volt forsyning. Boksen er en IP65 kapsling, som betyder den kan sidde udendørs. Praktisk set vil der typisk være behov for en antenne på hver side af bygningen hvor der placeres solcellepaneler.

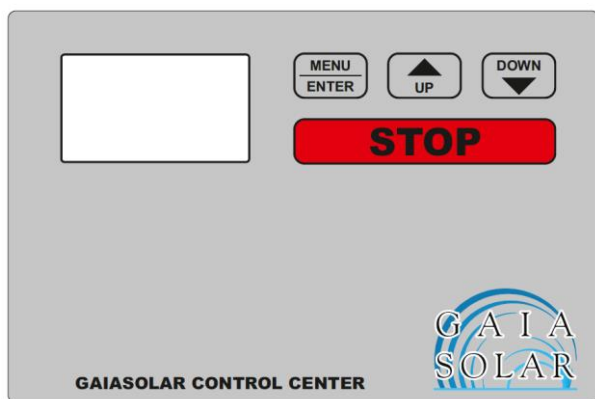
BETJENINGSPANEL (SMARTBOX)

Betjeningspanelet (boks 3 i Figur 1) er en dataopsamlings og kommunikationsenhed, som modtager signaler fra de trådløse antenner. Betjeningspanelet placeres typisk i kundens reception eller teknikrum hvor der er let adgang, og i nærheden af ABA-tavle. Betjeningspanelet tilsluttes invertere og evt. ABA-anlæg (automatiske brandalarmanlæg) og AIA-anlæg (automatiske indbrudsalarmanlæg), og har samtidig mulighed for at tilslutte en brandmandsknap, som er et af de standardiserede brandsikringsprodukter der er på markedet for solcellesystemer i dag (se figur 4).

Betjeningspanelet har derudover internetopkobling, som gør at det kan sende de opsamlede informationer fra solcellepanelerne videre til en sky-baseret database på en server. Derudover er der en Ethernet udgang, der gør det muligt for en servicetekniker at opdatere software i betjeningspanelet. Hele solcelleanlægget kan afbrydes ved tryk på STOP knap på enten betjeningspanel eller brandstop.



Figur 3: Den trådløse antenne



Figur 5: Betjeningspanel



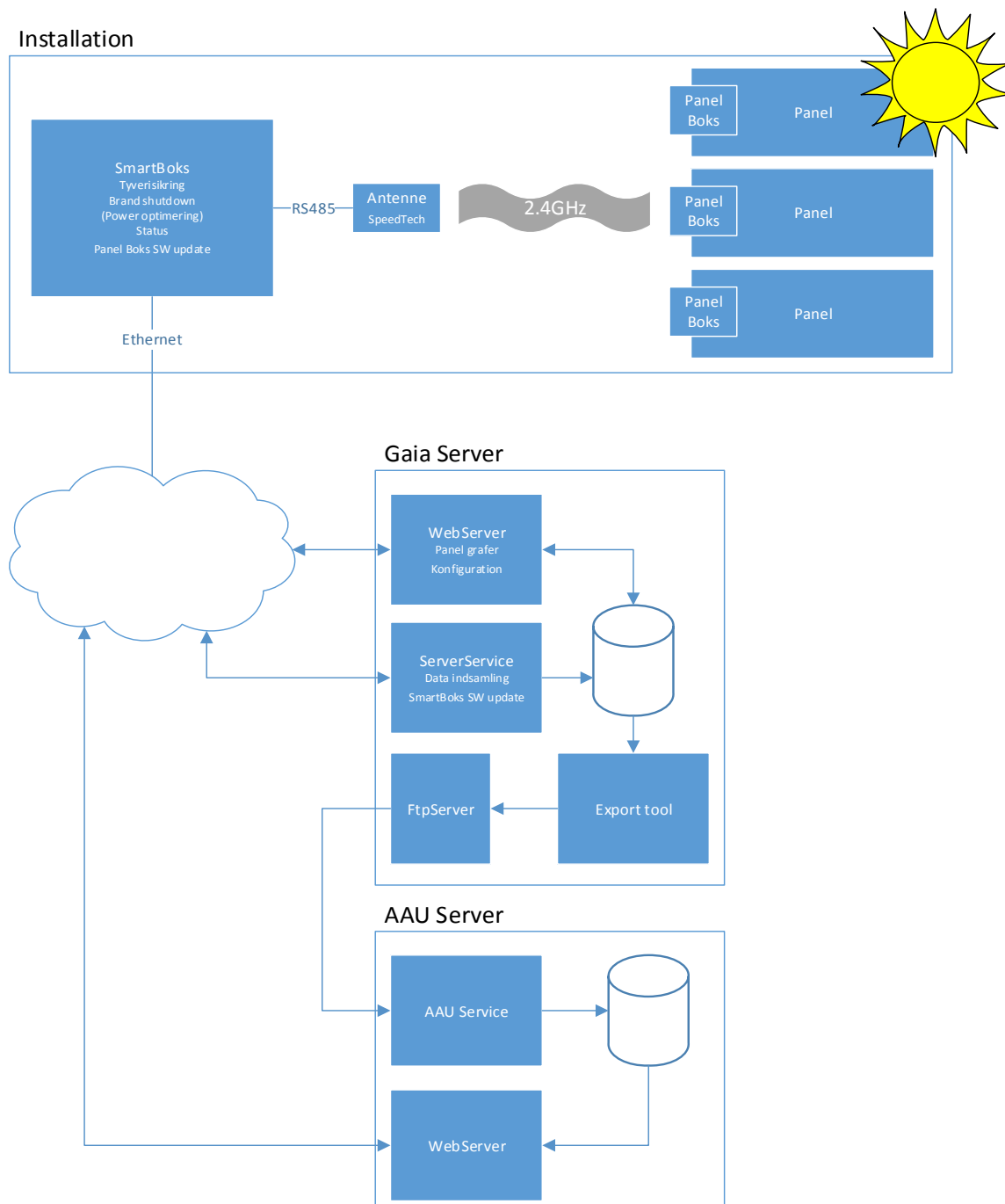
Figur 4: Brandstop fra Santon

SOFTWARE

Softwaren er det computerprogram der tillader monitorering og styring af solcellesystemet og de enkelte solcellepaneler (boks 4 i Figur 1). Softwaren er en browser-baseret løsning med databehandling og grafisk visualisering programmeret i Microsoft Visual Studio 2010. Parameteret for at vælge browser-baseret software er et ønske om høj tilgængelighed og stor fleksibilitet, da der kan opnås adgang fra mange typer enheder og lokationer.

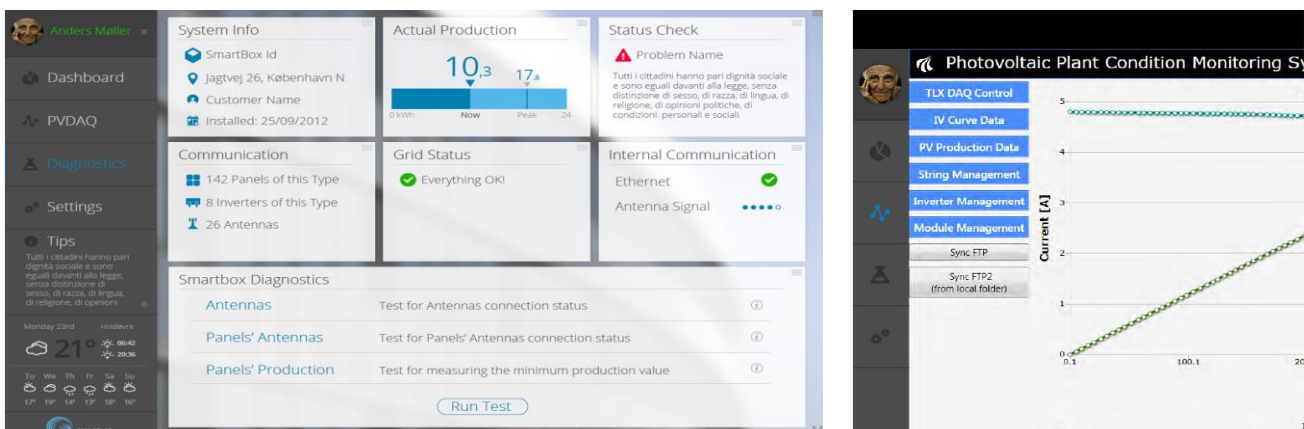
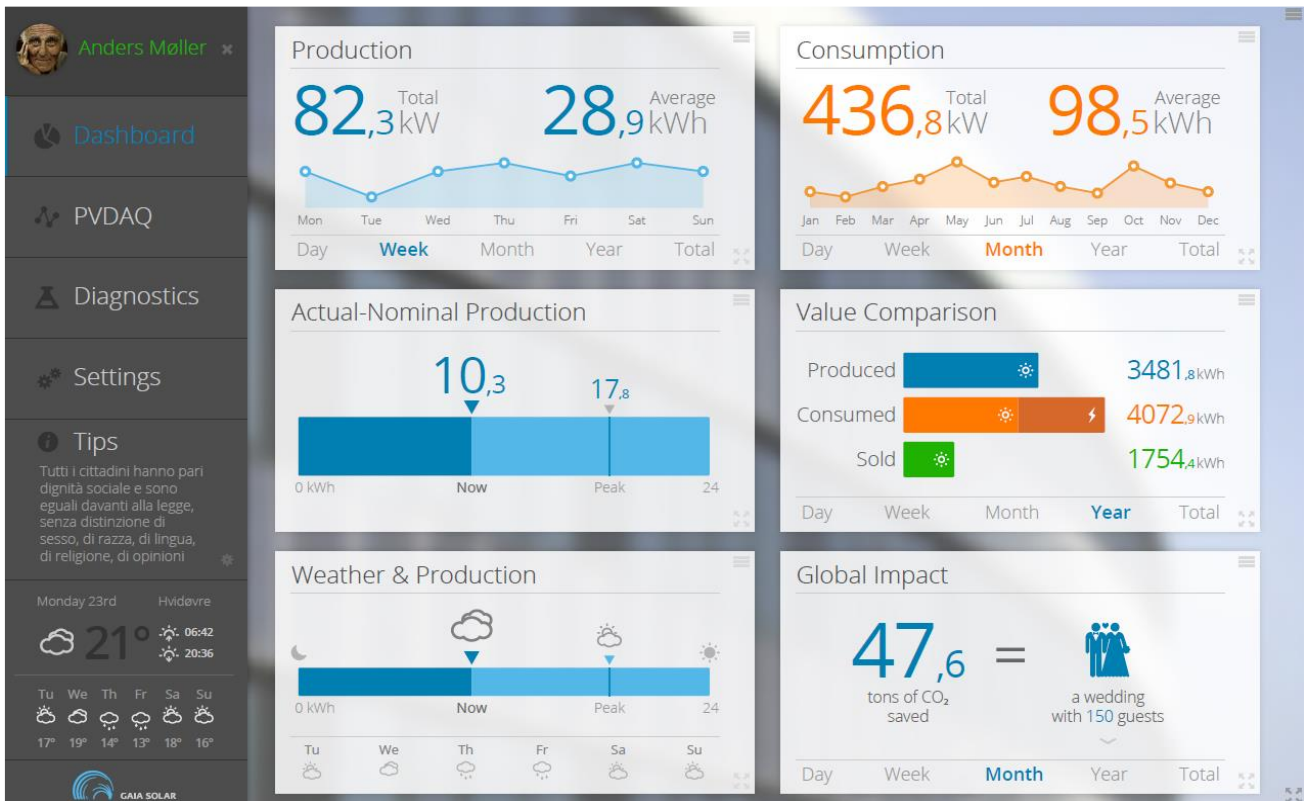
Programmet gør det muligt for ejendomsansvarlige eller serviceteknikere at få øjeblikkelig tilbagemelding om solcelleanlæggets performance på panelniveau, og gør det muligt for dem at styre solcellesystemet på afstand fra hvilken som helst internetopkobling.

Software er baseret på den af AAU udviklede PVDAQ-database, som indeholder de indsamlede informationer fra solcelleanlægget. Opbygningen af software er skitseret i nedenstående figur:



Figur 6: Software opbygning

Den udviklede brugerflade til softwaren har i sig selv være et stort arbejde. Indledningsvis design og layout med udgangspunkt i input fra forskellige brugere og efterfølgende programmering op imod database og software. Nedenstående figur viser repræsentative skærbilleder af softwaren, mens en mere udførlig gennemgang af brugerfladen kan findes i bilag til denne rapport.



Figur 7: Skærbilleder af brugerflade

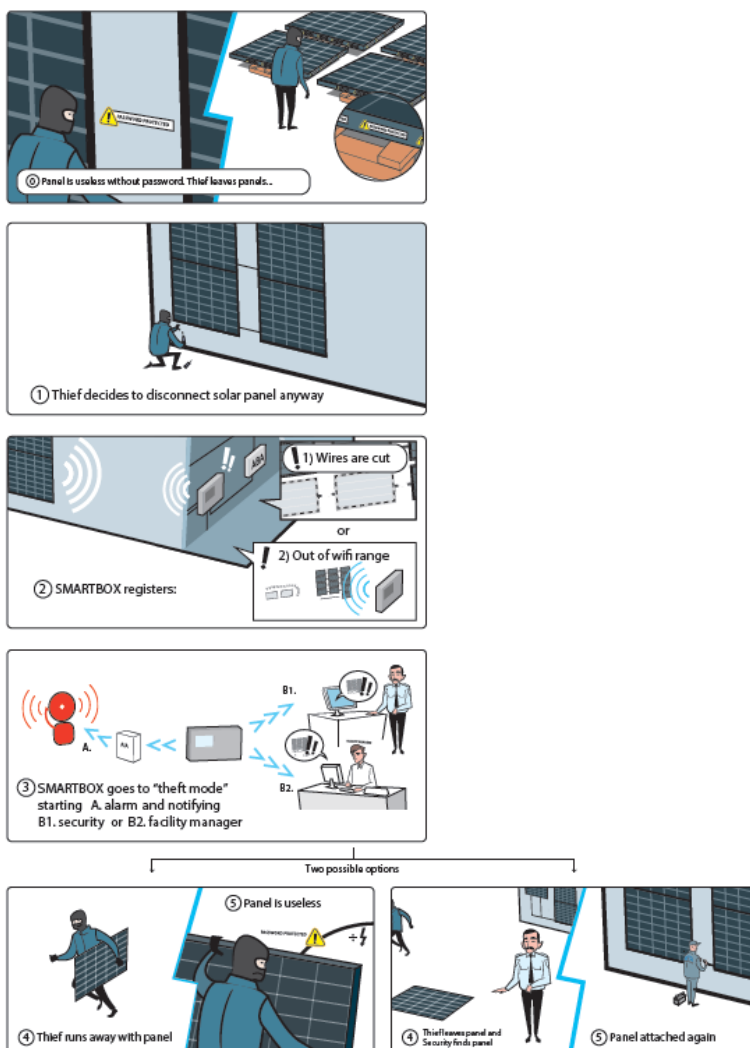
Softwaren indebærer en lang række fordele for både slutkunde og solcelleleverandør. Disse services inkluderer de 3 services vist i Figur 1 – brandsikring, tyverisikring og energioptimering, samt en række andre services for solcelleleverandøren. De forskellige services og funktioner er forklaret ved hjælp af bruger-scenarier i det efterfølgende afsnit.

BRANDSIKRING

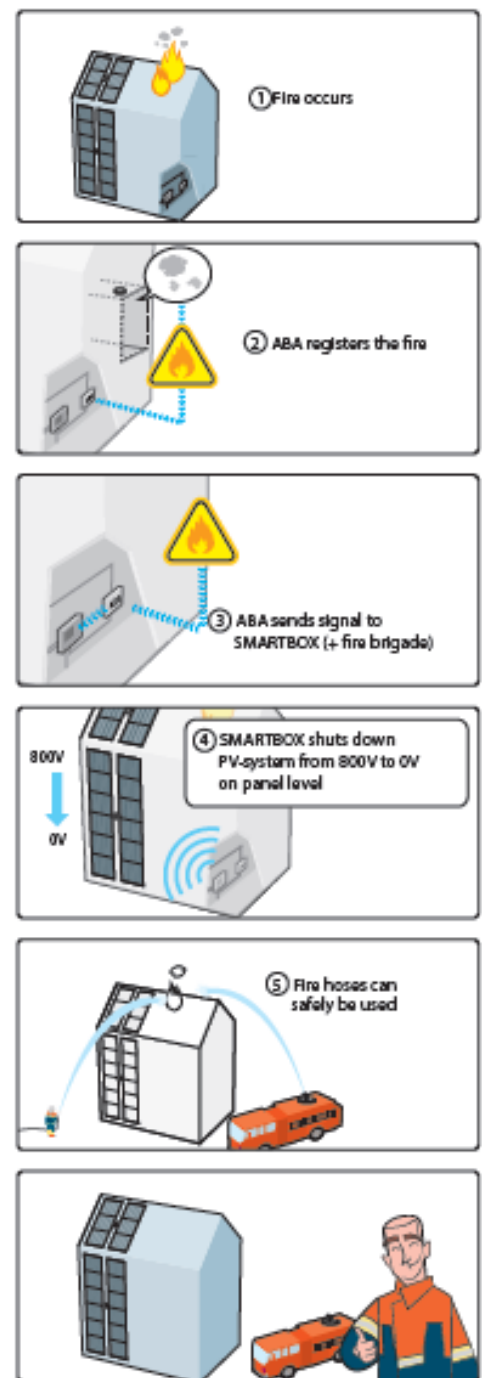
Brandsikringen består i at fjerne spændingen i solcelleanlægget øjeblikkeligt i tilfælde af brand. Når en brand registreres af bygningens automatiske brandalarmanlæg (ABA) sendes der automatisk en besked til systemets Intelligence Board, der øjeblikkeligt slukker for solcelleanlægget. Herefter kan brandmyndighederne trygt påbegynde slukningsarbejdet. Det er desuden muligt manuelt at slukke for solcelleanlægget via en strategisk placeret brandmandsknap på eller ved betjeningspanel eller online via webportalen.

TYVERISIKRING

Tyverisikring minimerer sandsynligheden for tyveri af solcellemoduler. Idet et solcellepanel fjernes fra anlægget, sendes der automatisk et signal til bygningens automatiske indbrudsalarmanlæg (AIA). Samtidig deaktiveres panelet, der således ikke længere er funktionsdygtigt og derfor ikke kan anvendes et andet sted. Solcellepanelet bliver dermed værdiløst for andre end ejeren og gør tyveri formålsløst.



Figur 9: Tyverisikring



Figur 8: Brandsikring

ENERGIOPTIMERING

Optimering af solcelleanlæggets levetid og produktion via intelligent overvågning. Solcelleanlæg er så godt som vedligeholdelsesfrie, men det sker alligevel at der opstår udsving i produktionen på baggrund af udefrakommende faktorer og fejl på paneler.

Det udviklede system – Solar Intelligence overvåger og indsamler data om anlæggets produktion på baggrund af IV-kurver. Derved er det muligt hurtigt at opdage uregelmæssigheder i form af snavs, skyggepåvirkninger og lignende. Fejlbehæftede paneler kan øjeblikkeligt udpeges, så energitabet minimeres og reklamationsretten kan håndhæves. På lang sigt optimeres anlæggets produktion og levetiden forlænges som følge af optimal vedligeholdelse. Systemet overvåger solcelleanlæggets ydelse på panelniveau og præsenterer disse data på en overskuelig webportal.

INSTALLATIONS DIAGNOSTIK

Solar Intelligence gør det muligt for installatøren af solcellesystemet at lave fejlfinding på anlægget efter endt installation foretage de nødvendige justeringer eller udskiftning af evt. defekte paneler når han er på pladsen. Processen ses i Figur 11.

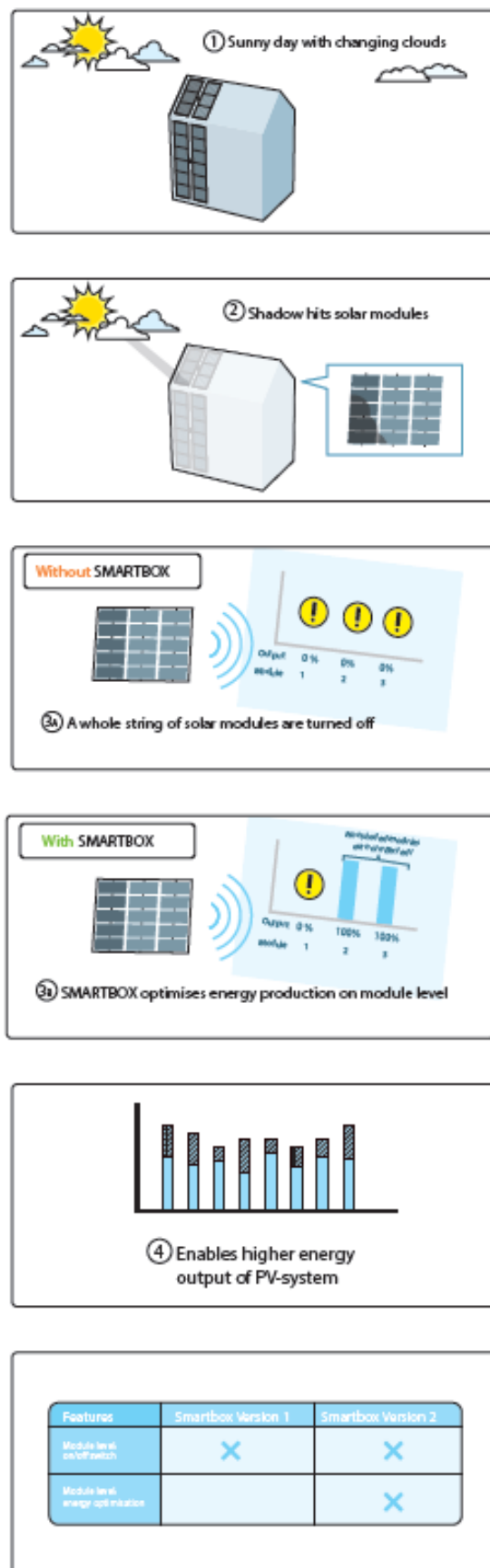
MONITORERING

Solar Intelligence gør det muligt for kunder at monitorere og overvåge deres egne solcelleanlæg hvis ikke de ønsker en serviceaftale med Gaia Solar. Solar Intelligence behandler data fra systemets invertere og solcellepaneler og præsenterer disse på en sikret webportal.

Ved at logge på webportalen får kunde adgang til sine private data og får derved hurtigt overblik over anlæggets produktion. Portalen kan tilgås fra alle gængse platforme; iOS, Android og standard browsere. Et typisk brugsscenarie ses i Figur 12.

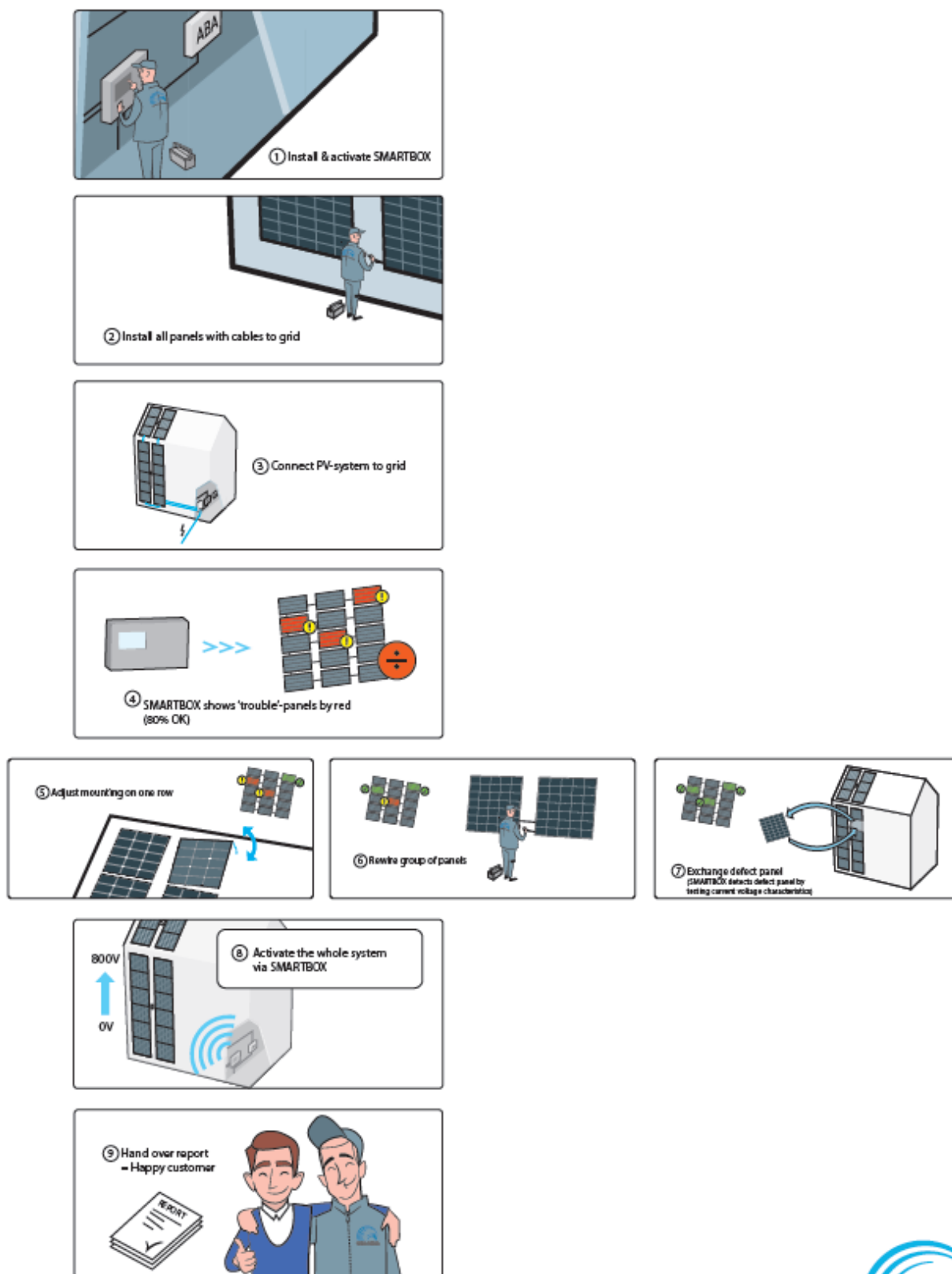
VEDLIGEHOLDELSE

Solar Intelligence adviserer Gaia Solars servicecenter i tilfælde at behov for service, og

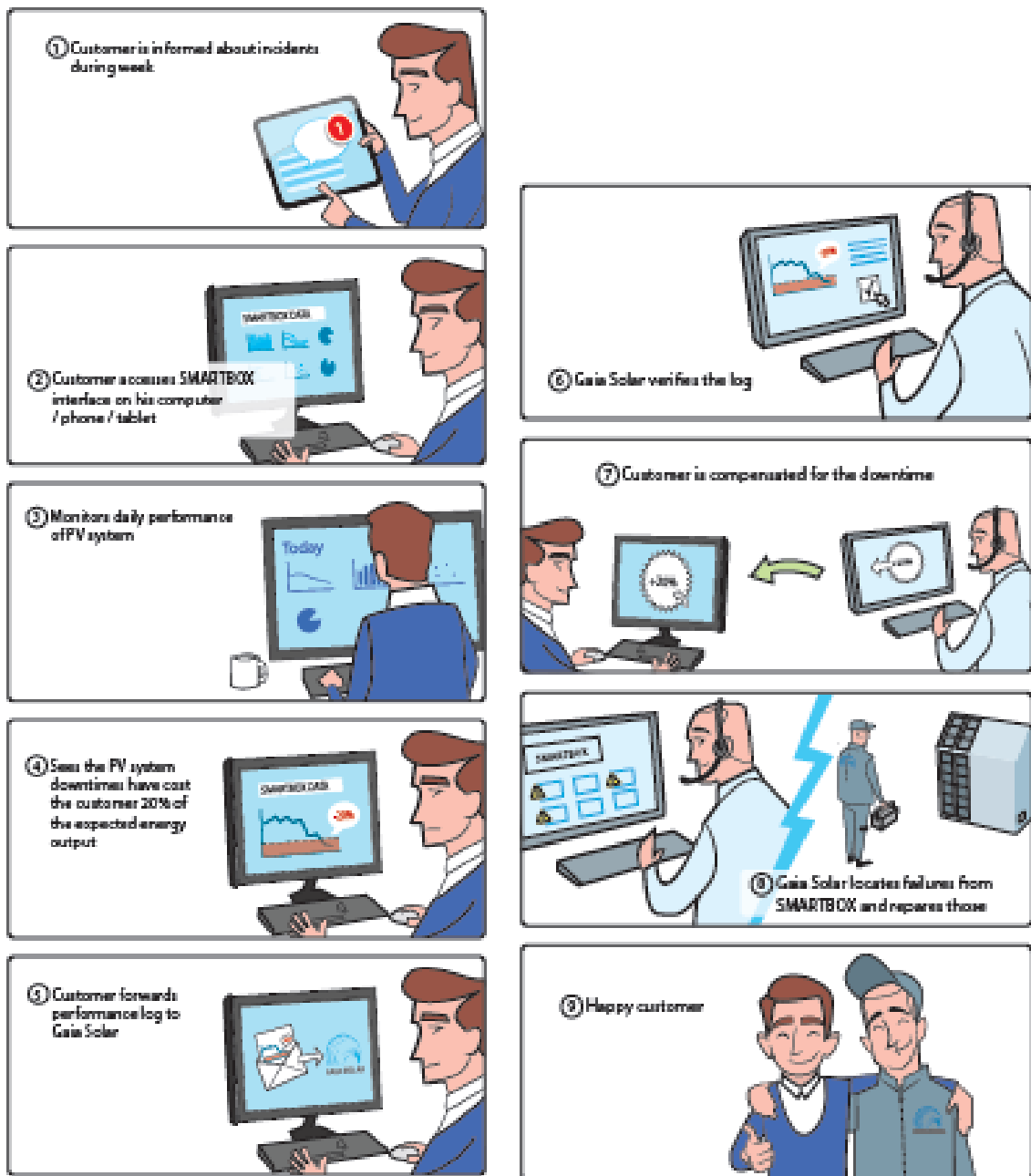


Figur 10: Energioptimering

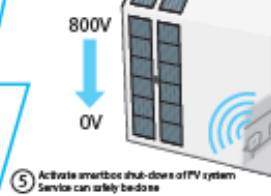
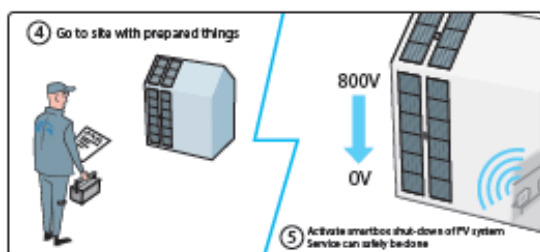
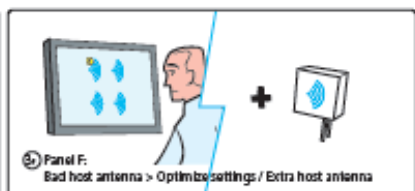
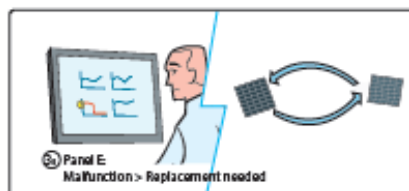
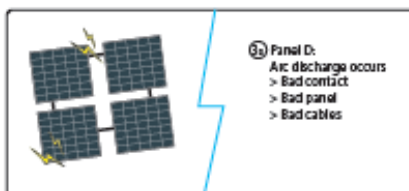
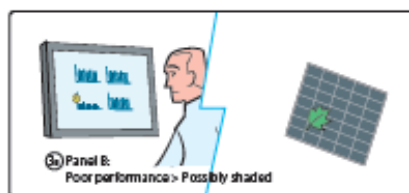
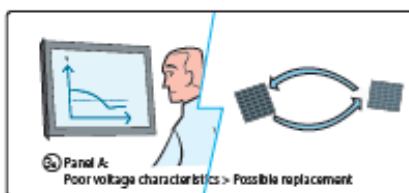
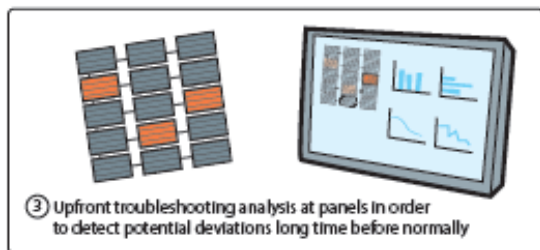
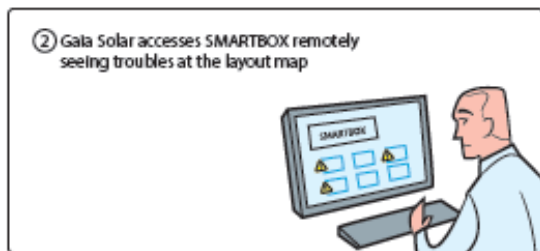
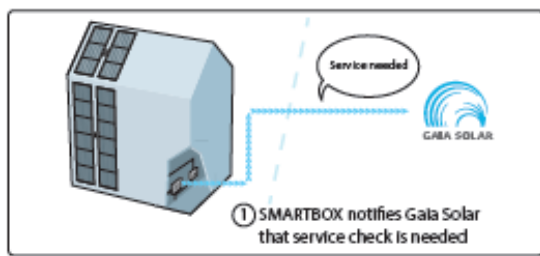
muliggør fejlfinding på panelniveau, og øger sandsynligheden for at finde fejlen og bruge mindre tid på evt. servicebesøg, hvis behov herfor. Et typisk brugsscenarie for vedligehold ses i Figur 13.



Figur 11: Installations diagnostik



Figur 12: Monitoring



Figur 13: Vedligeholdelse

BESKRIVELSE AF FUNKTIONER I PRAKSIS

Hvor det foregående afsnit gerne skulle give et overblik over de services som løsningens funktionalitet muliggør, som gennemgår dette afsnit de tekniske funktioner i praksis, i prioriteret rækkefølge.

SmartBoks konfiguration (Nødvendig for at kunne implementere de andre ting)

SmartBoksen skal konfigureres med paneler samt panelernes unikke koder.

Nedlukning i tilfælde af brand (Prioritet 1)

Slukke for paneler ved aktivering af brandsluk på smartboks (Eller som en start via webserver). Slukningen sker ved at sende et signal fra SmartBoksen til Panelboksen, der kortslutter panelerne. SmartBoksen skal sikre at alle paneler er slukket, ved at blive ved med at sende signalet til de forskellige paneler konfigureret på SmartBoksen indtil, at de har bekræftet kortslutningen af panelet.

Status forespørgsel (Prioritet 2)

SmartBoksen skal regelmæssigt forespørge Panel Boksene for status, hvor følgende skal returneres:

- Spændingsmåling på panel (3 målinger)
- Strømmåling på panel
- Panel temperatur
- Fejl fra panel eller panel boks
- Status (Låst)
- Yderligere information (f.eks. er der registreret U/I kurve)
- Oplåsningstal brugt i oplåsningproceduren af panelet (Oplåsningstallet vælges tilfældigt hvert døgn individuelt for hvert panel)

SmartBoksen skal forespørge efter yderligere status information, hvis panelboksen indikerer, at den har yderligere information

SmartBoks alive signal (Prioritet 3)

SmartBoksen skal regelmæssigt udsende et "alive" signal så panelboksene kan registrere om SmartBoksen fungerer korrekt. Hvis "alive" signalet ikke modtages af en panel boks indenfor 1 minut skal panel boksen kortslutte panelet.

Problemer med SmartBoksen kunne være, at der ikke er strøm på SmartBoksen, som f.eks. kan være forudsaget af brand.

Tyverisikring (Prioritet 3)

SmartBoksen skal som minimum en gang per døgn sende en oplåsningkode til panelboksene. Oplåsningkoden genereres af oplåsningstallet modtaget fra panelet samt den unikke kode for panelet. Oplåsningkoden skal også afsendes til panelboksen, hvis denne sender en status der indikerer, at den er låst, f.eks. efter en genstart af en panelboks, eller efter service på anlægget.

SmartBoks og Panel SW opdatering (Prioritet 4)

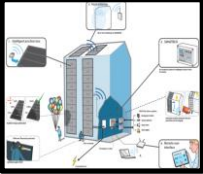




Opdatering af software på SmartBokse og panel bokse. SmartBoksen sender ved restart en streng med installeret software til ServerServicen. Hvis strengen ikke stemmer overens men den version der er angivet for SmartBoksen, opdateres softwaren på SmartBoksen. Softwaren til SmartBoksen bundles med software til panel boksene og sørger for at softwaren på panelboksene opdateres, hvis det er nødvendigt.

Dette giver en mulighed for at kunne lave kunde tilpasset software for f.eks. at lave specifikke funktioner til enkelte installationer.

TESTRESULTATER OG GODKENDELSER

Det har ikke været muligt indenfor rammerne af EUDP-projektet at foretage formaliserede tests og godkendelser af de udviklede produkter hos et akkrediteret institut. Der er dog i projektet gennemført forskellige tests, inspireret af de tests og standarder de forskellige produkter og komponenter forventes at skulle overholde. Følgende standarder er identificeret:

STANDARDE

Systemsamvirke	Samleboksen	Antennen	Betjeningspanel	Software
 <ul style="list-style-type: none"> • EMC-direktivet • Lavspændings-direktivet 	 <ul style="list-style-type: none"> • EMC-direktivet • Lavspændings-direktivet • IEC 62109: Safety of power converters... 	 <p>allerede godkendt</p>	 <ul style="list-style-type: none"> • EMC-direktivet • Lavspændings-direktivet 	 <p>NA</p>

Figur 14: Standard oversigt

Udover ovenstående identificerede standarder, som løsningen og de enkelte produkter og komponenter skal leve op til, så er der i projektet gennemført en lang række forskellige test af komponenter, funktioner og egenskaber.

TEST OG LABORATORIEFORSØG

De følgende tests og laboratorieforsøg er opdelt i henholdsvis komponenttest og funktionstest. Komponenttest og forsøg er afprøvning af komponenternes mekaniske og fysiske egenskaber med udgangspunkt i anerkendte produktstandarder og testprocedurer. Funktionstest og forsøg er afprøvning af de enkelte komponenters funktioner, samt deres indbyrdes integration og systemsamvirke. Her er tale om både test af både software og elektronik.

Tabel 1: Funktionstest og forsøg

Funktion	Resultat	Bilag
Tyverisikring		
Smartbox registrerer <ul style="list-style-type: none"> - Kabler skæres over - PV-panel udenfor 2,4 GHz Smartbox går i tyveri-tilstand <ul style="list-style-type: none"> - Alarm går i gang og vagt eller facility-manager notificeres PV-moduler lukker ned	Ikke udført. Enhed bliver i shut-down Ikke udført	Ingen rapport, men testet mange gange
Tyveri låse/åbne mekanisme <ul style="list-style-type: none"> - 1 pr. dag send åbne kode til pv-paneler - Send åbne kode til panel hvis låst efter genstart af samleboks eller service 	Ikke implementeret endnu	Bemærk, at panelet automatisk er låst efter mørke eller timeout. Der skal

		sendes en kode periodisk for at låse dem op
Brandsikring		
ABA registrerer brand og sender signal <ul style="list-style-type: none"> - ABA registrerer brand - ABA sender signal - Smartbox modtager signal Smartbox lukker system ned pga brand <ul style="list-style-type: none"> - Verificering af nedlukning Manuel tænd/sluk af system	Indgang til modtage signal er ikke implementeret endnu. Verificering af nedlukning er testet, men aktivering af en digital udgang er ikke lavet endnu. Manuel tænd-sluk er testet.	
PV-panel nedlukningsprocedure <ul style="list-style-type: none"> - Send signal fra smartbox til samlebokse - Sluk/luk for pv-paneler - Send/udsend signal indtil bekræftet nedlukning 	Udført The panels can be individually short-circuited upon a command from the smart box, and using soft-shut-down procedure, no dangerous overcurrent or oscillations are present.	AAU Prototype1_tests-shutdown and efficiency.docx
Software - Database PV DAQ samspil		
Adgang til data PV-panel og streng performance <ul style="list-style-type: none"> - Modul data - Voc, ISC - IV Curve - Tidsstempel - Temperaturer - Inverter lokaliserings Eksporter data	The PVDAQ software has been connected to , the GAIA test system, and measurement data were visualised and stored in database. (Except inverter lokaliserings)	PVDAQ_pres_4_GAIA.pdf
Software - Vekselretter samspil		
Adgang til PV DAQ data via webportal /brugerflade (GUI) <ul style="list-style-type: none"> - Adgang til data på server - Modtage data på server - Upload data til server Adgang til og kontrol af vekselretter (Danfoss) <ul style="list-style-type: none"> - Adgang til Danfoss FTP - Bestem upload specifikationer <ul style="list-style-type: none"> o Interval o Datamængde o Automatisering af data upload 	GUI er testet, data uploading til GUI er ikke implementeret PV DAQ opsamler pt. data fra flere installationer	
Software - Smartbox samspil		
Adgang til data på webportal	Ved ikke	

<p>Adgang til data på server</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adgang til data på server - Modtage data på server - Upload data til server <p>Adgang til og kontrol af Smartbox</p> <ul style="list-style-type: none"> - Adgang til smartbox - Bestem upload specifikationer <ul style="list-style-type: none"> o Interval o Datamængde <p>Automatisering af data upload</p>	<p>Data hentet fra moduler i Testtool</p> <p>Data hentet fra moduler i Testtool Kun afprøvet med PC som smartserver</p>	
Software – Lokalisering af PV-paneler		
<p>Adgang til pv-panel lokalisering via vekselretter i PV DAQ</p> <p>Adgang til pv-panel-til-vekselretter lokalisering</p> <ul style="list-style-type: none"> - Konverterer tidsstempel til vekselretter lokalisering - Adgang til tidsstemplet data <p>Initier vekselretter sweeps på tidsskiftende intervaller</p> <ul style="list-style-type: none"> - Log af vekselretter og tidsstempel af sweeps 	<p>Programmeret i PV DAQ, opsamler tidsstempel i testtool</p> <p>Ikke implementeret</p> <p>Ikke implementeret</p>	
Kommunikation ml. komponenter		
<p>Anfør kommunikation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Spænding på pv-panel streng - Strøm - Pv-panel temperatur - Fejl på pv-panel eller samlebox - Anfør - Yderligere information - Åbne kode <p>Smartbox "i live" signal</p> <ul style="list-style-type: none"> - Send "i live" signal til pv-panel - Pv-panel responderer indenfor 1 minut. <p>Smartbox og pv-panel software update</p> <p>Smartbox konfiguration</p>	<p>Afprøvet</p> <p>Afprøvet</p> <p>Afprøvet men grov måling (+-10 grader)</p> <p>Status på hver delsegment. Status på nedlukning af hvert segment.</p> <p>Live signal er testet. Panel responderer øjeblikkeligt, hvis der er lys nok.</p> <p>Software update af panel testet.</p> <p>Smartbox ikke implementeret endnu.</p> <p>Smartbox konfiguration ikke implementeret.</p>	
Øvrige		
<p>Tests of prototype two, functional and efficiency tests</p>	<p>Functional and efficiency tests have been carried out for prototype 2, DC/DC converter with MPPT. Results show that using prototype 2 offers high flexibility in operation.</p> <p>Efficiency needed</p>	<p>Prototype2_testing_with_Efficiency.docx</p>

	improvement → a second version of prototype 2 has been developed, with higher efficiency	
--	--	--

Tabel 2: Komponenttest

Komponent/produkt	Resultat	Bilag
Socellepanel med samleboks		
<p>Brandtest: Undersøgelse hvordan solcellepanel med samleboks reagerer på brand ved test som konventionel byggevarer.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Solcellepanel 2x4 mm hærdet lamineret glas testet i overensstemmelse med EN 13823:2010 – Reaction to fire tests for building products – Building products excluding flooring exposed to thermal attack by a single burning item. - Solcellepanel 8 mm hærdet lamineret glas med backsheet testet i overensstemmelse med EN 13823:2010 – Reaction to fire tests for building products – Building products excluding flooring exposed to thermal attack by a single burning item. - Solcellepanel 2x4 mm hærdet lamineret glas testet i overensstemmelse med CEN/TS 1187:2012 – Test methods for external fire exposure to roofs. Test 2; Method with burning brands and wind. (Identical with Nordtest method NT FIRE 006). 	<p>Indicates a classification of class B-s2,d0 of the front side</p> <p>Indicates a classification of class C-s2,d0 of the front side</p> <p>Indicates that the pv-panel can obtain class Broof(t2).</p>	Testrapporter DBI
<p><u>Temperature cycling</u> Temperaturen hæves og sænkes mellem -40 til 85 grader celsius i alt 200 gange.</p> <p><u>Humidity-freeze</u> Her testes modules evne til at modstå temperature svingninger med fugt.</p> <p><u>Damp-heat (1000 timer)</u> Denne test afprøver modulets længervarende evne til at modstå fugt indtrængning ved at påføre 85 grader celsius med fugt procent på 85% i 1000 timer.</p>	Test foretages fra Juli, 2015	
	Der er udført en del afprøvninger af panel-print på komponentniveau	

FORSKNINGSRESULTATER

Hovedindholdet af projektets forskning er fokuseret på to hovedområder:

- Analyse af de bedste løsninger for modul neutralisering til brandmand sikkerhed, og udvikle en sikker og omkostningseffektiv løsning

- Interaktion af modulet integrerede omformere under drift, når en traditionel inverter er også til stede.

Forskningsaktiviteterne i de to ovennævnte områder resulterede i tre publikationer, hvorfra to offentliggøres i anerkendte internationale peer-reviewed konferencer, mens en publikation er blevet offentliggjort i et internationalt peer-reviewed tidsskrift, jf. referenceliste [1-3]. Alle tre publikationer er vedlagt denne beretning. Desuden en endnu en publikation under udarbejdelse i emnet distribuerede systemer til modul integrerede omformere kontrol.

I det følgende gives en kort beskrivelse af de tre publikationer:

BRANDMANDS SIKKERHEDSKRAV OG LØSNINGSFORSLAG

Konference artikel [1] en oversigt og analyse af brandmand sikkerhedskrav og modul neutralisering metoder er blevet fremlagt.

I casestudiet som vist i Fig. 1 nedenfor er forskellige løsninger blevet undersøgt i lyset af den nuværende og forventede fremtidige behov for solcelleanlæg sikkerhedskrav.

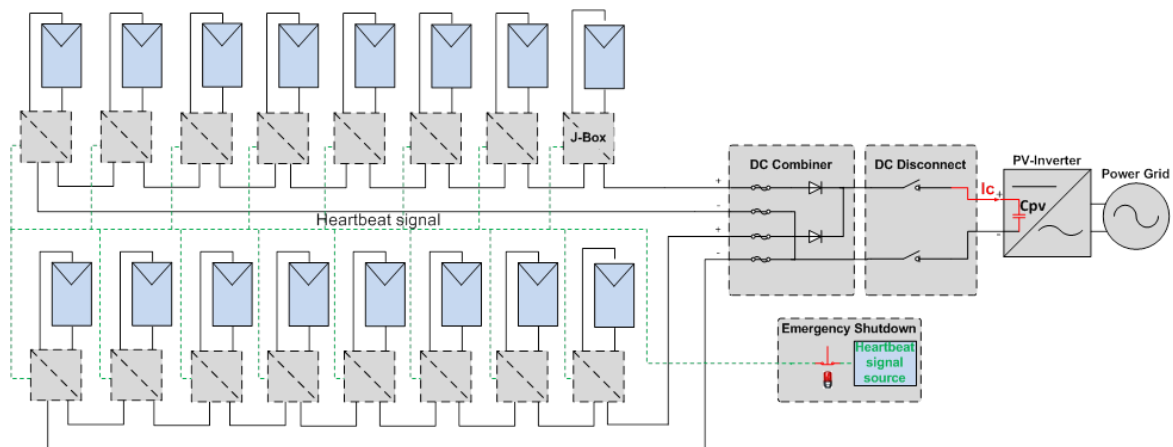


Fig. 1: PV inverter string system with fire-box protection

Konklusionen af artiklen viser:

"Analysen viste, at enkelte modul kortslutning (J-Box V1) er en enkel og effektiv løsning til individuel neutralisering af fotovoltaiske paneler i tilfælde af brand. I tilfælde, hvor en stort dc kondensator er imidlertid være til stede ved udgangen af J-Box (f.eks single-trins inverttere), skal der træffes foranstaltninger til at begrænse de nuværende transienter (fx ved tilsætning af string dioder eller bruger J-Box V4) . "

I opfølgningen journal papir [2] (også rapporteret) har vi foreslået en omkostningseffektiv løsning til sikker kortslutning panelerne på en sub-modul niveau, som illustreret nedenfor:

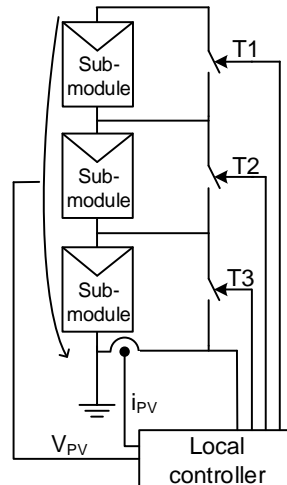


Fig. 2: Module neutralization on a submodule level. The bypass diodes are simply replaced by transistors

Ved at udnytte de aktive afbrydere, kan dette system bruges til at styre / begrænse transiente strømme under kortslutning, og store strømspidser kan undgås. Dette system er blevet implementeret og testet på "Prototype 1" hardware bord som vist i Fig. 3 nedenfor.

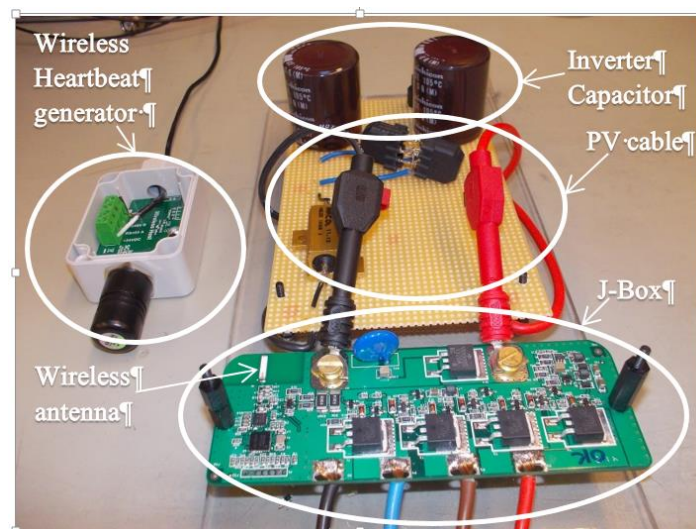


Fig. 3: Experimental test setup for investigating current transients during module neutralisation (short-circuiting)

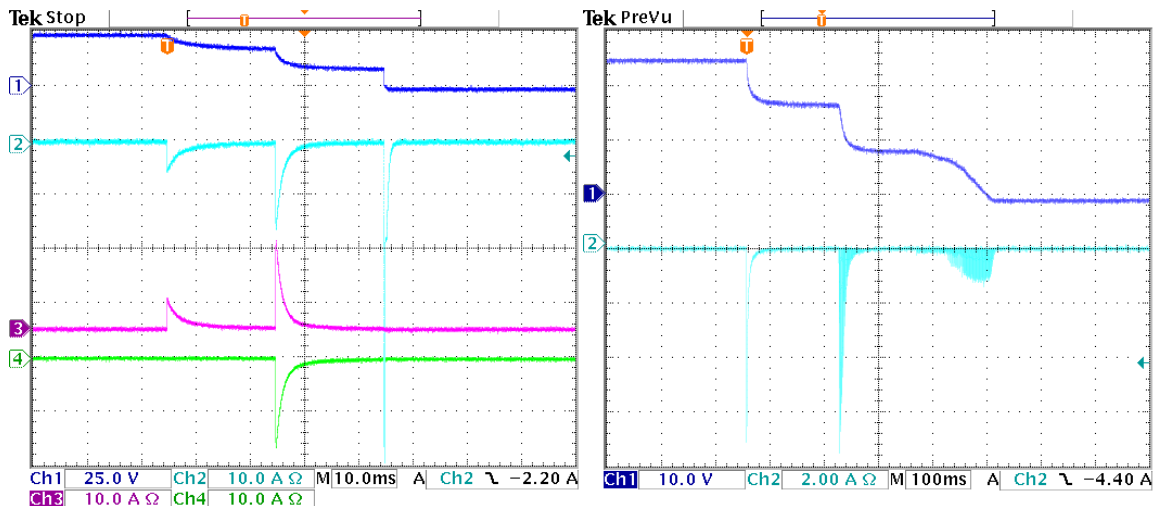


Fig. 4: strøm og spænding bølgeformer på terminalerne på PV panel udstyret med Prototype 1. mørkeblå kurve viser panelet spænding, mens den lyseblå er den aktuelle, da de tre halvlederafbrydere sekventielt er lukkede (se Fig. 2). På den venstre side høje strømspidser kan observeres (bemærk anden skala på akser), mens det på den højre side den nuværende begrænsning er aktiveret, opretholdelse af de strømninger inden for sikre grænser.

DISTRIBUERET STYRING AF MODULINTEGREDE INVERTERE

Prototype 2 udviklet under dette projekt også indeholdt i tillæg til modulet neutralisering vist i Fig. 2 en DC / DC-konverter (modul Integrated Converter, MIC). Formålet med denne konverter er lokaliseret Maximum Power Point Tracking (MPPT), som, især i tilfælde af at opbygge integrerede eller rooftop installationer kan betydeligt øge udbyttet af solcelleanlægget.

En udfordring med hensyn til driften af disse konvertere især deres MPPT er, at de skal være i stand til at fungere sammen med en standard industriel PV inverter, som indeholder en MPPT funktion på egen hånd. Hvis den lokale og centrale MPPT blande sig, kan det føre til udbyttetab, eller endda spænding ustabilitet, udløser beskyttelsessystemer.

I papir [3] de ovennævnte mulige interaktioner mellem MIC og de vigtigste PV inverter er blevet grundigt undersøgt. Der er foreslået en omkostningseffektiv løsning, hvor antallet af installerede MIC er begrænset til de paneler, der er kendt for at blive påvirket af partielle skygger (som regel ved kendte faste genstande såsom skorstene), eller har forskellig orientering på grund af bygningens arkitektur. Dette system har den fordel, at den udnytter fordelene ved at have lokale MPPT for hver panel, og samtidig minimere de ekstra omkostninger de enkelte DCDC omformere pr panel.

Det foreslåede system layout er vist i fig. 5.

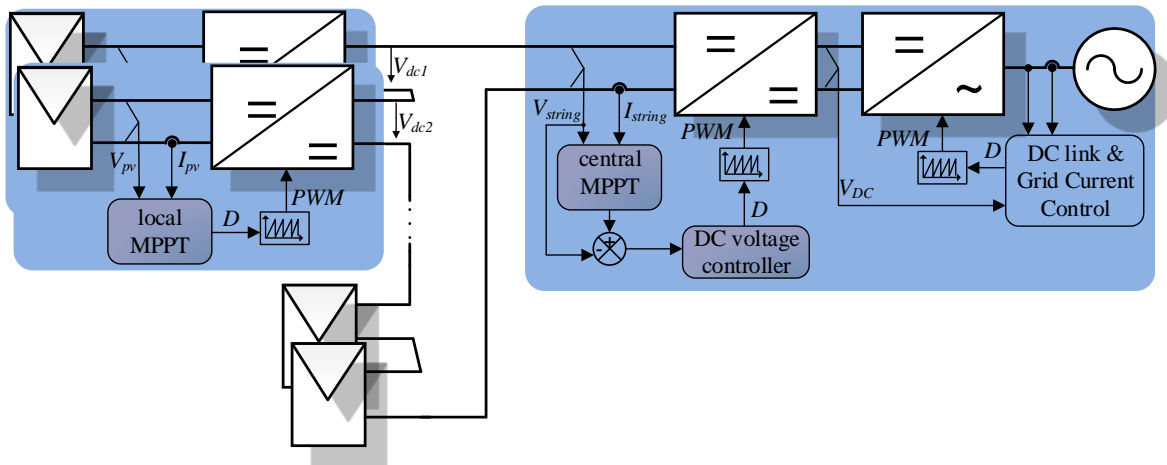


Fig. 5: General layout and control structure of hybrid PV system composed of DCM-s and traditional PV panels

References

- [1] S. Spataru, D. Sera, F. Blaabjerg, L. Mathe, and T. Kerekes, "Firefighter safety for PV systems: Overview of future requirements and protection systems," in *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2013 IEEE*, 2013, pp. 4468-4475.
- [2] L. Mathe, D. Sera, S. Spataru, C. Kopacz, F. Blaabjerg, and T. Kerekes, "Firefighter safety for PV systems: general requirements and a proposed solution," *IEEE Industry Applications Magazine*, vol. 05.2015, 2015.
- [3] D. Sera, L. Mathe, and F. Blaabjerg, "Distributed control of PV strings with module integrated converters in presence of a central MPPT," in *Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2014 IEEE*, 2014, pp. 1-8.

OM KONSORTIET OG SAMARBEJDET

Partnergruppen har fungeret godt sammen, og samarbejdet har været præget af en respektfuld og konstruktiv dialog med gensidig forståelse for hinandens fagligheder og områder. Der har i perioden været afholdt regelmæssige projektmøder og bilaterale arbejdsmøder efter behov. Idet at deltagere i styregruppe og projektmøder overvejende var de samme, blev det besluttet at lægge styregruppemøder og projekt-møder sammen.

I forbindelse med projektopstart valgte DTU-Elektro at træde ud af projektet, hvorfor der derfor skulle findes en ny videnspartner der kunne udfylde rollen. Det resulterede i at Aalborg Universitet – Institut for Energiteknik blev ny projektpartner, et par måneders forsinkelse og et ellers godt samarbejde.

I forhold til projektledelsen har der også været udskiftning. I forbindelse med projektopstart (januar 2012) blev projektledelsen varetaget af 1stMile. Denne rolle blev overtaget af Anders Sørensen pr. 1. maj 2012 med ansættelsen i Gaia Solar, og som allerede kendte projektet fra DBI, hvor han var ansvarlig for deres del af projektet. Projektleder skiftet foregik uden problemer, og medførte at 1stMile fokuserede på projektadministration og projektsupport.

Projektmøderne har enten været afholdt i Aalborg hos AAU eller hos Gaia Solar i Hvidovre, og med stigende hyppighed op til projektafslutning og faseskift.

OM PROJEKTFORLØBET OG TIDSPLAN

Projektet blev sat i gang i januar 2012. Projektets partnere samledes til kick-off i februar 2012. Inden dette kick-off var der dog opstået udfordringer med projektets universitetspartner, DTU, som ikke ønskede at deltage i projektet under de givne omstændigheder. En del af kick-off'et omhandlede derfor at finde en alternativ universitetspartner til projektets partnerkreds. Løsningen blev, at Aalborg Universitets Institut for Energiteknik med Professor Frede Blaabjerg i spidsen blev kontaktet, og herefter optaget i partnerkredsen. Institut for Energiteknik har stærke kompetencer på området for solenergi, og udskiftningen af partneren viste sig at være tilfredsstillende for alle parter. Partnerskiftet betød, at opstarten af det praktiske projektarbejde blev en smule forsinket. Således blev der afholdt arbejdsworkshop i maj 2012, hvorefter arbejdet kunne begynde. Roller og ansvar blev således fordelt, arbejdsplaner blev operationaliserede og projektets fremdrift blev sikret. Eneste udestående i projektet på daværende tidspunkt, var udformning og underskrift af den konsortieaftale, der omhandler fordeling af IP-retteligheder i projektet blandt partnerne.

På grund af den forsinkede opstart af projektet er den første kommercielle milepæl K1 "Market specs conducted" blevet rykket til 1. oktober 2012.

Fra medio 2012 til medio 2013 har projektet haft god fremdrift, præget af konstruktiv dialog partnerne imellem, som har medført at der kunne hentes noget af den tabte tid. Arbejdet med system software – database, gui (brugerflade) og programmering har fyldt mere end først antaget, hvorfor vi i udviklingen har fokuseret på at der laves en brugervenlig og "lean" basis-udgave af det intelligente panel, som nemt kan udvides til at inkludere alle features. Dette medførte at den første ikke-kommercielle milepæl – KM1 - "Selection of technology for prototype" jf. tidsplanen blev gennemført med udgangen af 2012.

Det omfattende arbejde med software har dog medført at der har været brug for 3 mdr. mere til at sikre et tilfredsstillende test- og demonstrationsforløb – og evt. efterfølgende optimering af systemet.

Grundet forsinkelse blev projektet søgt forlænget frem til maj 2014. Den sidste periode fra medio 2013 og frem til maj 2014 har været hektisk med fokus på at få prototyper færdige og klar til test i fuldskala på demo-installation hos Gaia Solar. Sideløbende med hardware udvikling og færdiggørelse har der skulle udarbejdes web-service software samt testtools/software til at teste og afprøve de forskellige funktioner. Forsinkelsen og forlængelsen grunder i vanskeligheder med opdatering a system via radio og det omfattende programmeringsarbejde med software, hvilket slutteligt medførte at den sidste milepæl M2 – demonstration activities completed, først kunne afsluttes i Q2 2014.

DE UDFØRTE PROJEKTAKTIVITETER OG LEVERANCER

De udførte projektaktiviteter er:

WP1 (LEAD: GAIA SOLAR) – PROJEKTLEDELSE OG FORMIDLING

Projektledelsen har forstået at generere fremdrift og at skabe de rigtige rammer for projektet, samt har formidlet et meget konstruktivt miljø ved brobygningen mellem erhverv- og forskningsfraktionen.

I relation til Task 1.1-1.3 – "Management, coordination and reporting" er der afholdt projekt- og styregruppemøder, løbende ad hoc koordinering mellem projektets partnere og leveret de nødvendige rapporter og indberetninger til EUDP.

I relation til Task 1.4 – "Conference and workshop dissemination" er der udarbejdet 2 videnskabelige artikler som er præsenteret på ECCE 2013 og ECCE 2014. Derudover er der bidraget med viden om brandsikkerhed til 2 vejledninger fra hhv [Beredskabsstyrelsen](#) og Teknologisk Institut, som efterfølgende er præsenteret i forbindelse med temadag¹ på Teknologisk Institut i januar 2013.

I relation til Task 1.5 – "Dissemination through national and international articles" er der gennemført pressemeddelelse og efterfølgende publiceret artikel i energy supply okt. 2012. Dertil 2 videnskabelige artikler i IEEE journal. Alle partnere har derudover bidraget med information til DBI, som på baggrund af projektet har udarbejdet afsnit vedr. brand til hhv vejledning af solceller udarbejdet af Teknologisk Institut og til Beredskabsstyrelsens udarbejdelse af "Vejledning: Redningsberedskabets indsats i forbindelse med solcelleanlæg".

Leverancer:

D1.1 – Statusrapporter, årsrapporter og udbetalingsanmodninger (opfyldt)

D1.2 – 2 præsentationer på anerkendte konferencer (opfyldt)

- Firefighter safety – ECCE 2013 (IEEE Energy Conversion Congress & Expo)
- Distributed MPPT – ECCE 2014

D1.3 – Mindst 4 artikler i fagmedier m.m. (opfyldt)

- Artikel i Energy Supply 4. Okt. 2012 "Solcelleanlæg udgør ingen risiko" http://www.energy-supply.dk/article/view/89076/solcelleanlaeg_udgor_ingen_risiko?ref=newsletter
- Firefighter safety for PV systems: overview of future requirements and protection systems – IEEE journal (2013)
- Distributed MPPT – IEEE journal (indsendt slut 2014)
- Vejledning: Redningsberedskabets indsats i forbindelse med solcelleanlæg, bidrag til afsnit.
- Teknologisk Institut vejledning om solceller, bidrag til afsnit om brand.

D1.4 – Der er IKKE kommunikeret direkte via Dansk Solcelleforening, men indirekte via Beredskabsstyrelsen og Teknologisk Institut, samt dialog med Forsikring og Pension.

WP2 (LEAD: AALBORG UNIVERSITET (AAU)) – KRITERIE OG UDVIKLING AF KONCEPT

I projektets første periode (H1 2012) er state-of-the-art inden for energioptimering af solceller blevet identificeret, danske og europæiske brandsikkerhedsstandarder er kortlagt og "best practice" inden for tyverisikring er undersøgt. Derudover igangværende arbejde med at få identificeret relevante testkrav (TÜV, UL m.fl.), og få overblik over både nuværende og fremtidige testmetoder og – procedurer af relevans for de udviklede komponenter og system. Der er med udgangspunkt i de udarbejdede rapporter foretaget en prioritering af disse på baggrund af markedsspecifikationer – og dermed opfyldt den første kommercielle milepæl (KM1).

I relation til Task 2.1 "Identify state-of-the-art knowledge and research on optimisation of solar panel" er der gennemført research og studier af AAU (forskning og best practice) indenfor området, samt undersøgelse af produkter, komponenter og teknologier på området af Gaia Solar (desktop research og messedeltagelse – InterSolar m.m.). Resultaterne er samlet i D2.1.

I relation til Task 2.2 "identify Danish and European fire safety requirements including fire and rescue service personel behaviour and procedures" er der i samarbejde ml. Gaia Solar og DBI identificeret og udarbejdet standarder, krav og procedurer vedr. brand samlet i D.2.2. En del af arbejdet har inkluderet dialog med F&P (Forsikring og Pension) – forsikringssektorens brancheforening.

¹http://brs.dk/omstyrelsen/presse/nyheder/Pages/2012_12_05.aspx

I relation til Task 2.3 "Identify requirements and best practice for theft protection" er der identificeret krav og best practice indenfor tyverisikring med fokus på både elektronisk sikring og mekanisk sikring / installation. Dertil koordinering og dialog med F&P. Resultater er samlet i D.2.3.

I relation til Task 2.4 "Identify relevant TÜV-testing requirements" er der undersøgt nuværende standarder og krav på området, samt undersøgelse af kommende og forventede krav på området. Der har været dialog med certificeringsorganer og testinstitutter, samt rådgivere indenfor området. Dertil deltagelse i konference (intersolar m.m.). Resultater er samlet i D2.4.

Leverancer:

D.2.1 – Technology overview rapport er udarbejdet, inkl. brand og tyveri (opfyldt)

D2.2. – Fire safety requirements report. Der er udarbejdet rapport. Dertil notat om Brandsikkerhed i relation til PV-paneler, Rev. A (DBI), samt redegørelse for "smartbox" tilslutning og samspil med hhv AIA og ABA anlæg. Er inkluderet i samlet tech. Report. D2.1 (opfyldt)

D2.3. – Theft protection requirements report. Udarbejdet. Er inkluderet i tech.report. D2.1 (opfyldt)

D.2.4 – Testkrav og metoder. Der er udarbejdet rapport vedr. test standarder, krav og udstyr (opfyldt)

WP3 (LEAD: AALBORG UNIVERSITET (AAU)) – UDVÆLGELSE OG UDVIKLING AF TEKNOLOGI

Redegørelse for krav og kriterier har dannet udgangspunkt for design og udvikling af de forskellige komponenter i løsningen. Arbejdet har krævet hyppige møder og arbejdsseancer og stillet store krav til koordinering og prioritering af de mange muligheder. Indledningsvis har der været fokus på udviklingen af hardware-komponenter og efterfølgende software-komponenter/web-service, som viste sig mere omfattende end forventet.

I relation til Task 3.1 – 3.3 "development and specification, lab test and selection" er der gennemført følgende aktiviteter:

- Tekniskdesign af komponenter - print layout til samlebox (på bagsiden af paneler), samt print layout til smart box – diverse tekniske tegninger og beregninger.
- Gennemførelse af "Freedom to operate"/Patentsøgningsrapport via Inspicos (ekstern underleverandør) med henblik på at sikre en farbar vej i udviklingen af løsningen.
- Udarbejdelse af overordnet system layout og komponent samspil og funktionsvirke, herunder beskrivelse af brugsscenerier. En del af arbejdet har fokuseret på at udvælge og prioritere hvilke features der har været relevante at inkludere i systemet og for hvem, samt hvordan designe af den grafiske brugerflade skal være for at understøtte kunde og servicefolk i brugen af systemet. Beskrivelser og visualiseringer er udarbejdet med hjælp fra Kirt Thomsen (ekstern underleverandør).
- Undersøgelser og forsøg på AAU med henblik på at kvalificere teknologidesign, heriblandt: "Simulations for DC module control system layout", " Analysis of PV module neutralization solutions for PV module fire safety", " Smart module prototype 1 – module shutdown procedure, test reports", "PV System Simulations for PV module neutralization" and "Photovoltaic Data acquisition".
- Udarbejdelse af BIM (byggnings informatik model) som drivkraft i at installere og projektere den udviklede løsning, herunder investering i software og sparring omkring muligheder med Teknologisk Institut (ekstern underleverandør).
- Endelig verificering af teknisk design af prototype 1 og 2.
- Software udvikling og design: brugerworkshops, grafisk arbejde og visualisering og programmering af de ønskede features i den tilhørende web-service.

Leverancer:

D3.1 - Evaluation report over possible solutions (opfyldt – udvælgelsen er sket pba af lab-scale forsøg hos AAU, kombineret med viden om funktionsvirke fra hhv speedtech og john børsting og dermed

opnået første milepæl omkring udvælgelse af teknologier til prototypearbejdet (M1).

D3.2 – 2-3 solutions tested lab scale (opfyldt – AAU har udført en lang række simulering og lab-scale tests mhp at vurdere hvilke løsninger der skulle arbejdes videre med. Derudover er der gennemført brandtests hos DBI af pv-paneler + bokse med henblik på at teste brandmodstandsevne for system komponenter. Der foreligger test- og simuleringssrapporter for dette.

D3.3 – description and specifications of technology chosen for prototyping (opfyldt – diverse tekniske tegninger og beskrivelser)

WP4 (LEAD: GAIA SOLAR) – KONSTRUKTION/OPBYGNING OG DEMONSTRATION AF VERSION 1 OG 2

De udviklede prototyper og komponenter er produceret, tilpasset og samlet til et sammenhængende system, som efterfølgende er installeret som demo-anlæg på den udlejningsejendom hvor Gaia Solar har til huse på Hammerholmen 9-13 i Hvidovre. Demo-anlægget har været en forudsætning for at færdiggøre og accelerere software/web-service udvikling, samt verificere og afprøve funktions-samvirke ml. systemets komponenter. Arbejdspakkens samlede aktiviteter har demonstreret og afprøvet teknologien til et udgangspunkt hvor Gaia Solar har, kunne vurdere videre proces for produktudvikling.

I relation til Task 4.1 "assembly and test of prototype 1" er der løsningen afprøvet væsentligste funktioner som: 1) håndtering af paneler: heartbeat – tyveri og nedlukning – brand, 2) overførsel af data fra paneler, 3) software opdatering via radio, 4) konfiguration via radio og kalibrering via radio, alle blevet implementeret og afprøvet. Til brug for at teste system er udviklet et TestTool værktøj, som gøre det muligt at teste funktioner og lave fejlfinding. En stor del af arbejdet har fokuseret på design af system layout med fokus på database-integration og sideløbende udvikling af web-service.

I relation til Task 4.2 "optimization of the overall solution" så har gennemførelsen af demo-installation og test af system givet anledning til mindre justeringer af komponent layout (printplade) og prioritering af features. Et vigtigt element heri var re-design af printkort qua mulighed for at implementere print i Spellsbergs "plug in modul" til deres samleboks.

I relation til Task 4.3 "assembly and test of prototype 2" og Task 4.4 "fire safety and theft protection issues for prototype 2" er der gennemført samme lab-scale tests og simulering på AAU, som ved prototype 1, med dertilhørende tilpasning af design. Prototype 2 er dog ikke testet i fuldskala på demo-installation, som prototype 1 grundet fokusering på at få prototype 1 færdigt til marked først.

Leverancer:

D4.1 – Documentation and test report for prototype 1 (opfyldt – rapport/redegørelse fra AAU/GS/JP)

D4.1 – Documentation and test report for prototype 2 (opfyldt – rapport fra AAU)

D4.3 – Technical specifications for prototype 2 (opfyldt – teknisk tegninger og beskrivelse fra ST+AAU)

D4.4 – Guideline on fire safety and security (opfyldt – se tidligere bidrag til vejledninger fra Beredskabsstyrelsen og TI).

KONKLUSION

Generelt set har projektet haft en god fremdrift og samarbejdet fungerer godt imellem de forskellige partnere i projektet. Projekteksekvering og tidsplan har været påvirket af skift af universitetspartner i starten af projektet. Projektledelsen har lidt under stor og hyppig medarbejder udskiftning og tilknytning hos underleverandør 1stMile, hvorfor der i projektets levetid har været tilknyttet 4 forskellige personer med dertilhørende "indsættelse" i projektet. Det har i flere tilfælde medført at rapportering og administration ikke har fungeret optimalt.

En række forhold har medført at teknologi- og produktudvikling i projektet har været mere kompliceret end forventet. Det være sig dels tyverisikring, som oprindeligt var tiltænkt at være via GPS – og derfor kunne lamineres ind i modul, og dels omfanget af softwareudvikling i løsningen.

3 FORMIDLING

KOMMUNIKATION I FAGMEDIER

1. Artikel I Energy Supply 4. Okt. 2012 "Solcelleanlæg udgør ingen risiko".

Heldigvis er kommunikation nu om dage blevet noget *nemmere*...
Nå ud til godt 7.900 beslutningstagere med kun ét klik.

ENERGY SUPPLY Log ind | Bliv medlem | Søg på Energy Supply DK

Nyheder
Sønd pressemeddelelse, Råvarerpriser, Branchestatistik, Artiklerarkiv, Modtag nyhedsbrev

Køb & Salg
Maskiner og anlæg, Produkter, Kompetencer

Find
Job, Lokationer, Kurser, Virksomheder, Messer

Medlem
Bliv medlem, Log ind, Netkøbe, Medlemside, Kontakt os, Annoncering

Nyheder » Artikler » Solcelleanlæg udgør ingen risiko

Solcelleanlæg udgør ingen risiko

4. oktober 2012 06:00 - Af Heidi Sejlund

Solcelleproducent afviser, at solcelleanlæg udgør en sikkerhedsrisiko for beredskabet i forbindelse med brand. Afvisningen kommer som reaktion på påstande om det modsatte i flere medier.

Modelfoto/Colourbox

- Det har i pressen været fremhævet at solcelleanlæg på hustage udgør en risiko for beredskabet i forbindelse med slukningsarbejde, og at man derfor ikke længere vil udføre slukningsarbejde på

Populære artikler

- Ugens Månedens
- Dong kaber en million eumålere af Kamstrup
- Fra stokerly til husstandsmodeller
- Skjern Papirfabrik investerer millioner i varmeværk
- Aarhus tænder for 80 MW kedelanlæg
- Ugens grøn: Velovervejet frieri
- Avedøreværket dropper kul
- Danske brinttankstationer koster millioner af sig
- Sådan kan Amagerværket komme til at se ud
- Flystret varmeværk på vej i Grenaa
- Lavere PSO-udgifter frem mod 2020

Danmarks største kran-service leverandør

TOPP TRYKLUFT A/S
PRODUCER SELV NITROGEN!
www.topptrykluft.dk

TILLOD TRYKHEB
TRYKLUFT

AEA
Elkedelanlæg
www.aea.dk

Munters
Aflugtning optimerer
Bælgproduktion
- Hurtigere produktion
- Løst kvalitetsniveau
- Sæl resultat

Li-Ion battery og lader
micro technic

energyTRIDE

2. Bidrag til TI vejledning: Brandindsatser ved solcelleanlæg, maj 2012.

Brandindsats i solcelleanlæg

TEKNOLOGISK INSTITUT

- Hvad man skal være opmærksom på. En vejledning til beredskabet. Maj 2012, 2 sider

Solcellepaneler

Solceller er en teknologi, som kan konvertere solenergi til elektrisk energi. Omdannelse af lys til energi og dermed grundlaget for processen, foregår i enkelte solceller som hver især producerer ubetydelig energi. For at opnå tilstrækkelig energi, kræver det mange solcellepaneler, som er forbundet. De fleste solcelleanlæg er direkte tilsluttet en omformer eller vekselretter, mens meget små anlæg ofte har en batteritilslutning.

Typiske solceller (str. 15cm x 15cm) har en tomgangsspænding på 0,5 volt med en maksimal strømstyrke på 7-8 A. Sat sammen i serier kan der, afhængigt af størrelsen af solpanelet opnås en samlet spænding på mellem 20 - 120 volt. Solpanelermoduler kan igen sættes i serie og til 7-800 Volt. Jo større sammensatte serier jo større spænding. Større anlæg kan eksempelvis have en samlet spænding på op til 1000 Volt.

- Et solpanel består af mange typer materialer, herunder: Glas, silicium, forskellige metaller, kunstharpiks, ethylvinylacetat, silikone, forskellige plast og film kompositter.
- Solceller findes i flere typer og udformning. Ofte som små slagfaste plader sat sammen i paneler, men solceller produceres også som film, der kan klæbes på næsten alle former for faste flader. Solcellepaneler kan placeres mange steder, både højt og lavt.

Anlæg under konstant spænding

Solcellepaneler vil altid generere elektricitet, når solen skinner. Systemet kan derfor ikke afbrydes effektivt ved dagslys!

Man kan heller ikke effektivt blokere for sollyset ved at dække med skum eller presenning. Almindeligt skum vil ikke dække effektivt for sollys, da skummen nedbrydes hurtigt, og kan derfor ikke anbefales. CAFS skum kan have en bedre effekt, pga. længere nedbrydnings effekt. Hvis nødvendigt muligt anvend et kraftigt mærkt presenningsskæppe, der kan dække hele panelet (eks. på lavt placerede paneler). Det reducerer sollyset kraftigt og reducerer muligheden for at generere elektricitet og spænding på systemet.

Brandklassificering

Solpaneler er normalt ikke klassificeret i brandmodstand som byggematerialer. Der er ingen krav til anlægget udover en CE-godkendelse. De fleste typer solcellemoduler består hovedsageligt af glas og er derfor ikke særlig brændbare.

Brandindsats i solcelleanlæg 1

- Bidrag til Beredskabsstyrelsens: Vejledning – Redningsberedskabets indsats i forbindelse med solcelleanlæg.



VIDENSKABELIGE PUBLIKATIONER

- S. Spataru, D. Sera, F. Blaabjerg, L. Mathe, and T. Kerekes, "Firefighter safety for PV systems: Overview of future requirements and protection systems," in Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2013 IEEE, 2013, pp. 4468-4475.
- L. Mathe, D. Sera, S. Spataru, C. Kopacz, F. Blaabjerg, and T. Kerekes, "Firefighter safety for PV systems: general requirements and a proposed solution," IEEE Industry Applications Magazine, vol. 05.2015, 2015.
- D. Sera, L. Mathe, and F. Blaabjerg, "Distributed control of PV strings with module integrated converters in presence of a central MPPT," in Energy Conversion Congress and Exposition (ECCE), 2014 IEEE, 2014, pp. 1-8.

PRÆSENTATIONER

- Præsentation af DBI i forbindelse med temadag om brandsikkerhed ved nye teknologier d. 14. januar 2013.
- Præsentation af videnskabelig artikel "Firefighter safety for PV-systems" på konference ECCE 2013.
- Præsentation af videnskabelig artikel "Distributed control of PV strings with module integrated converters in presence of a central MPPT" på konference ECCE 2014.

Temadag om brandsikkerhed ved nye teknologier

Mandag den 14. januar 2013 afholder Beredskabsstyrelsen og Teknologisk Institut temadag om brandsikkerhed ved f.eks. solcelleanlæg, ladestationer for hybridkøretøjer og nye byggeteknologier.

Solcelleanlæg, el-køretøjer, slukningsprodukt og andre former for teknologisk udvikling giver nye udfordringer for redningsberedskabet og andre myndigheder og organisationer, der arbejder med brandsikkerhed i Danmark.

Derfor afholder Beredskabsstyrelsen og Teknologisk Institut en temadag, hvor deltagerne informeres og kan udveksle erfaringer fra dette grænseområde.

Tagdelene om temadagen er: brandsikkerhed, egtskævhed og information for redningsberedskabet, status CE mærkning – eurocodes – MK – godkendelse – byggevaredeklaration – Danske Standarder og tekniske løsninger.

PRAKTISK INFORMATION

Tid: Mandag den 14. januar kl. 9-15

Sted: Teknologisk Institut, Ørstedsgade 1, 2630 Taastrup, Kongressalen indgang 1.

Pris: kr. 650 inkl. kaffe, frokost, frugt og vand

Tilmeldingsfrist: 3. januar 2013. Tilmelding sker via Beredskabsstyrelsens hjemmeside www.bst.dk (kan-skalafølg/andre-Andre-arrangementer).

Arrangør: Beredskabsstyrelsen og Teknologisk Institut i samarbejde med Energitrykningen og Dansk Brand og Sikkerhedsrådgivning.

Kontaktpersoner:
 Sekretariat ved Teknologisk Institut Ivan Katic, tlf: 72 20 34 12 eller mail: ik@teknologisk.dk
 Kursusleder ved Beredskabsstyrelsen Flemming Jensen, tlf: 45 90 64 64 eller mail: fj@bst.dk

Program: Se næste side

Temadagen er et dialogbaseret arrangement med erfaringsudveksling, hvorunder følgende problematikker drøftes:

- Hvilke klassifikationer er gældende, og hvad er status af krav fra EU vedr. fælles europamærkning af produktmoduler (EN, Eurocodes)?
- Det kan være problematisk at finde rundt i dette regelsæt og mærkningsreglerne, hvor globaliseringen og det frie marked får mange innovative byggeproducenter til at passere ind over de danske grænser.
- Er der brug for nye eller ændrede regler, hvor der tages højde for sikkerhed af risikoen?
- Hvordan relateres anvendelsen af nye teknologier til brandsikringsdokumentationerne, og hvilke særlige forhold skal der lægges særlig betydnings og forhold til at sikre forsvarlige rednings- og indsatsmuligheder for redningspersoner?
- Hvordan sikrer det myndighedsniveau i forhold til byggebranchen, og hvor godt er du klædt på til at kunne rådgive eller se på og til at gå i dialog om brandsikkerheden i nye bygninger?

4 PERSPEKTIVERING OG AFVIGELSER

MARKEDSUDVIKLINGEN - GENERELT

Markedsperspektiverne for den udviklede løsning har ændret sig meget siden projektets start. Lovgivning og regulering har medført en tilbagegang i solcellemarkedet i DK, som på nuværende tidspunkt har reduceret afsætningsmulighederne radikalt. Det er kommet til udtryk i en meget lille efterspørgsel på standard solcellesystemer og næsten ingen efterspørgsel på bygningsintegrerede solcelleløsninger (BIPV), som den udviklede Solar Intelligence løsning har været målrettet til.

De solcelleprojekter som har båret omsætningen i 2013 og 2014 har været store standardanlæg for kommuner eller virksomheder placeret på mark eller adderet på tag. Efterspørgslen på BIPV har været begrænset til enkelte meget små anlæg, med Musikkens Hus i Aalborg, som det mest nævneværdige.

Denne udvikling er blandt andet kommet til udtryk i at Gaia Solar har reduceret medarbejderstaben fra 35 ansatte til 20 ansatte i slutningen af 2014, og medført et fald i omsætning fra 140 mio. DKK i 2012 til 30 mio. kr. i 2014.

Gaia Solar har dog ikke set passivt til i denne udvikling, og derfor også søgt at øge fokus på eksport og specielt BIPV-projekter på internationale markeder. Der blev derfor åbnet et søsterselskab i Dubai i starten af 2014 med henblik på at styrke denne indsats overfor specielt BIPV-opgaver. En stor investering, som på nuværende tidspunkt ikke har medført den ønskede tilgang i BIPV-projekter.

Forventningerne til markedet, som det ser ud i starten af 2015, er mere lovende. Der er et fornyet fokus på solceller, specielt båret frem af en stor efterspørgsel fra virksomheder og boligselskaber samt 60 MW – puljerne til private, som kan søges pr. 16. marts 2015. Dertil kommer en øget efterspørgsel fra arkitekter og bygherrer på mere integrerede løsninger i takt med en mere positiv retorik omkring solceller.

MARKEDSUDVIKLING – INTELLIGENTE MODULER OG POWER OPTIMIZERE

Da ideen til projektet startede og projektet blev sat i gang i slutningen af 2011 var der fuld fart på udrulningen af solceller på Globalt plan, specielt båret af Tyskland og stor stigning i Danmark. Det medførte et øget fokus på sikkerhedsforhold relateret til tyveri og brand, som følge af at solceller blev en del af mange huse og bygninger. Dette kom til udtryk ved at brand og tyveri var emner der blev taget op på gængse messer og konferencer i 2011 og 2012.

Derudover var det ønskede fokus på energioptimering og specifikt fokus på poweroptimizere på pv-paneler baseret på et ønske om at optimere energioutput på specielt bygningsintegrerede solcelleanlæg hvor tag eller facadeareal begrænsede pv-panel antal, og hvor slutkunde skulle have maksimalt udbytte af det tilgængelige solcelleareal.

Denne udvikling medførte at flere virksomheder i branchen i løbet af 2012 gik i gang med udvikling af intelligente og smart solcellemoduler med bl.a. poweroptimizere. Heriblandt SolarEdge, Tigo Energy, BMSolar, Bosch og Spelsberg. Bosch og Spelsberg valgte dog i løbet af 2013 at lukke deres udviklingsaktiviteter på området ned. I dag domineres markedet af SolarEdge og Tigo, som førende leverandører

af enten PV-Smart modules hvor power optimizer er integreret fra start eller leverandør af power optimizer add-on til installatører.

Tigo og SolarEdge sælger i dag deres produkter og løsninger til PV-panel producenter, som så kan bruge de intelligente samlebokse til deres konventionelle pv-paneler og lave deres eget brand af smart moduler. Derudover sælger de også deres add-on løsninger til installatører af solceller, som kan tilføre energioptimering og "intelligens" til et standard pv-system.

SOLAR INTELLIGENCE SOM EGET PRODUCERET KERNEPRODUKT VS. TILKØBT TILLÆGSPRODUKT

Gaia Solar havde i forbindelse med projektets opstart en forventning om at den ønskede funktionalitet omkring energioptimering, brand- og tyverisikring kunne implementeres i forbindelse med produktion af det enkelte pv-modul:

- Tyverisikring ved at laminere en GPS-chip eller lign. elektronik ind i forbindelse med laminering af pv-modulet.
- Brandsikring og energioptimering ved at tilføre kommunikation og intelligens i samleboksen på bagsiden af panelet – et add-on om man vil.

Denne tilgang var baseret på en forventning om at Gaia Solar derved kunne gøre vores pv-paneler unikke og øge konkurrenceevnen. På daværende tidspunkt i 2011 var ca. 50 % af de pv-paneler som Gaia Solar satte op egenproducerede. I dag i 2015 er vores egenproduktion af pv-paneler under 5 % af omsætningen grundet stigende konkurrence og faldende priser på solcellemoduler.

Derudover har resultatet af projekt og udviklingsproces vist at de ønskede funktioner – brand- og tyverisikring og energioptimering i højere grad opnås som følge af elektronik- og softwareudvikling og ikke, som del af solcellepanelproduktionen, som delvist forventet.

BARRIERER

Markedsudviklingen og karakteren af den udviklede løsning betyder at der er nogle store barrierer for at bringe produktet til markedet for Gaia Solar, som det var tiltænkt i projektet. Barriererne er som følger:

BARRIERE 1: BEGRÆNSET EFTERSPØRGSEL

Den skærpede konkurrence og prisfald på paneler har medført at 95 % af alle pv-paneler opsat af Gaia Solar er 3. parts produkter indkøbt fra store internationale producenter. Dette skifte er sket på grund af faldende internationale panelpriser, der betyder at vores danskproducerede standardpaneler ikke længere er prismæssigt konkurrencedygtige. Samtidig har efterspørgslen på solcelleløsninger primært været præget af offentlige udbud, med stor fokus på billige standardløsninger uden ønske om optimeringsløsninger.

Det var projektets oprindelige tanke at der var et større behov for energioptimering på BIPV-anlæg. Dette marked er meget lille i Danmark. De projekter der gennemføres vælges primært på grund af æstetiske hensyn og som supplement til standardanlæg. Energiproduktionen er ikke i fokus på disse projekter.

BARRIERE 2: STÆRKE KONKURRENTER

Markedet for Poweroptimizere og Intelligente moduler har udviklet sig markant siden projektopstart og er i dag domineret af de to meget stærke producenter Tigo Energy og Solar Edge. Deres løsninger tilbydes af de fleste af de store pv-modulproducenter, som sælger en smart-module version af deres standard pv-moduler – bare med Tigo eller SolarEdge poweroptimizer. Det vil derfor være svært for Gaia Solar at tage den konkurrence op på enten pris eller funktionalitet.

BARRIERE 3: MANGLENDE KOMPETENCER

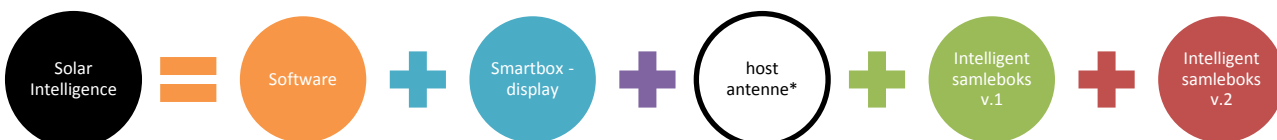
Karakteren af den udviklede løsning kræver stærke kompetencer indenfor software- og elektronikudvikling, hvilket adskiller sig fra Gaia Solar kernekompetencer omkring produktion, design og levering af solcellesystemer. Gaia Solar har derfor ikke de in-house kompetencer, der er nødvendige for at supportere og vedligeholde den udviklede løsning, og tage konkurrencen op med Tigo og SolarEdge. Set i forhold til de øvrige barrierer vedr. marked og konkurrenter vurderes det at det ikke på nuværende tidspunkt kan betale sig at opbygge denne kompetence.

5 RESULTATUDNYTTELSE OG ANVENDELSESMULIGHEDER

De omtalte barrierer har medført at vi ønsker at kommercialisere den udviklede løsning på en anden måde en oprindeligt tiltænkt.

PROJEKTETS PRODUKTER

Projektets resultater kan inddeles på følgende leverancer og produkter:



**Host Antenne indgår i Solar Intelligence løsningen men er et standard produkt udviklet af Speedtech før dette projekt, og kan derfor ikke tilskrives at være udviklet i dette projekt, men blot anvendt som komponent i løsningen.*

I den følgende beskrivelse er de forskellige leverancer og produkter opdelt i underliggende del-produkter og vidensprodukter. Vidensprodukter er KUN markeret ved cirkel UDEN skravering.

Software



- APP: kildekode og programmering af ønskede funktioner (filer, kode og dokumenter med beskrivelser).
- BRUGERFLADE (GUI): resultater fra bruger workshops + styleguide og visual reference dokumenter til programmør (grafisk materiale).
- DATABASE: PVdaq (AAU database software) og database med testdata samt system samvirke.
- VIDEN: Viden om overførsel af data fra paneler, software opdatering -, konfiguration- og kalibrering via radio, samt håndtering af paneler ifbm. heartbeat (tyveri) og nedlukning (brand).

Smartbox - display



- PROTOTYPE: konceptdesign og funktionsbeskrivelser og prototype print (tekniske tegninger, beskrivelser og printplade).
- VIDEN: viden om funktionskrav og system-interaktion med øvrige komponenter, herunder ABA og AIA (dokumenter med beskrivelser).

Intelligent samleboks 1



- **PROTOTYPE:** printplade prototype inkl. beskrivelse, layout, tegninger m.m. klar til produktion, inkl. testrapporter og resultater.
- **VIDEN:** viden om brand- og tyverisikring relateret til solceller. Kortlægning af krav og standarder på området, beskrivelse af best practice og udarbejdelse af guideline og informationsmateriale og forslag til skiltning m.m.

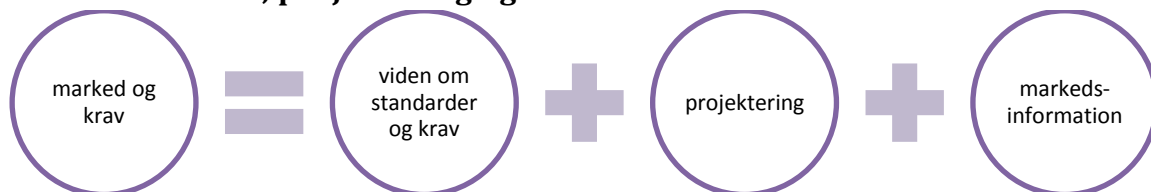
Intelligent samleboks 2



- **PROTOTYPE:** printplade prototype inkl. beskrivelse, layout, tegninger
- **VIDEN:** viden om energi-optimering

Udover ovenstående er der opbygget viden- og erfaringer om markedet for den udviklede løsning, samt viden om projektering, krav og standarder af relevans for at kommercialisere løsningen:

Markedsinformation, projektering og krav



- **PROJEKTERING:** guide vedr. praktisk installation samt anvendelse af BIM
- **VIDEN:** viden om standarder og krav af relevans for løsningen
- **MARKEDSINFORMATION:** brugerindsigt, markedsbehov m.m.

FORSLAG TIL PRODUKTMODNING

Ny software, plugin eller viden

De udviklede softwaredele og viden repræsenterer bl.a. arbejde og indsigt i at hente og præsentere data fra hhv. panelboks og inverter. Det vurderes at dette kan have værdi for software/IT-udvikler, som allerede er på marked med monitoreringssoftware.

Et muligt anvendelsesområde er at den øgede data og information fx kan anvendes til mere avanceret monitorering – end bare energiproduktion, som kan bruges til fejlfinding m.m.

Aktionspunkt: (H1 2015)

- Dialog m. Evishine (Evikali) Pv-APP.

Fokus på kernekompetence

Produktion, salg og viden om intelligente panelboks og systemkomponenter overlades til Speedtech eller etableret konkurrent, som har kompetencer indenfor elektronik udvikling og kan supportere og udvikle løsningen.

Det vurderes at prototype 1 med brand og tyverisikring med begrænsede ressourcer kan produktmodnes og bringes til marked at den rette aktør, alternativt at udvalgte funktioner implementeres i eksisterende og konkurrerende systemer.

Aktionspunkt: (H1 2015)

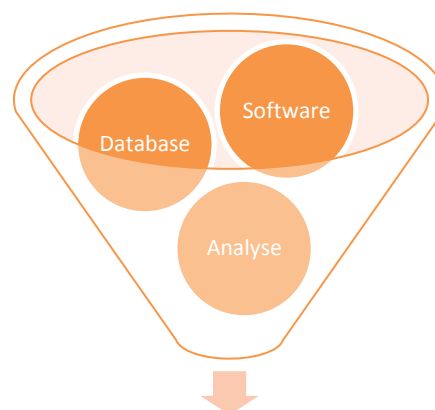
- Dialog med 1) Speedtech eller 2) konkurrent

Udvikling af mini-power optimizer

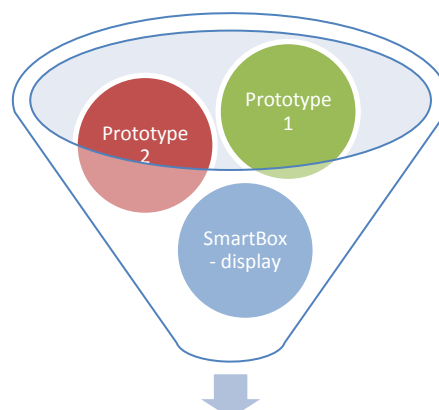
I forbindelse med flere projekter har vi haft behov for en billig power optimizer til mindre pv-paneler (70-150W). Løsningerne på markedet i dag er typisk til større pv-paneler og mange funktioner. Vi kan se et behov for en mini version med begrænset funktionalitet – uden monitorering og til mindre moduler under 150W, som kan bruges til fx facadeanlæg med pv-paneler i varierende orientering.

Aktionspunkt: (H2 2015)

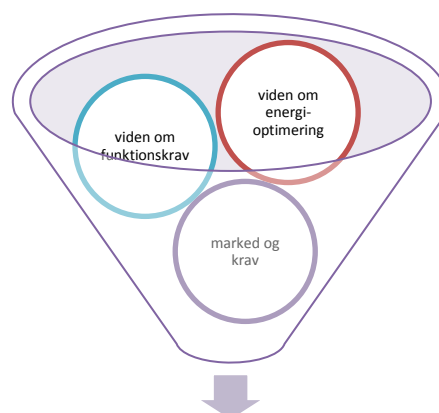
- Dialog med producent, fx Tigo ell. lign.



Plugin, ny software eller viden til eksisterende monitorerings APP, fx EviShine



Viden og prototyper sælges til konsortiepartner (Speedtech) eller etableret konkurrent, fx Tigo.



Viden om energioptimering og marked bruges til udvikling af mini power optimizer til BIPV.

6 KONKLUSION

Projektet har haft følgende 5 formål:

1) At udvikle et "intelligent" solcellepanel, der automatisk kontrollerer den producerede strøm og sender et optimeret output til inverter.

Det er lykkedes: Projektet har via prototype pv-paneler og demonstrations-system eftervist at de intelligente pv- paneler sammenholdt med konventionelle pv-paneler kontrollerer den producerede strøm og sender et optimeret output, der giver en energiproduktionsforøgelse på 5 %.

Der er i projektet skelnet mellem prototype 1 og prototype 2.

2) At ovenstående intelligente solcellepaneler giver en øget effektivitet i pv-systemet på 20 %

Det er ikke lykkedes: Den verificerede øgede energieffektivitet på prototype 1 er max. 2 %. Den udviklede prototype 2 forventes at kunne give den forventede øgede effektivitet på op til 34 %. Baggrunden til vi har arbejdet med to versioner og prototyper er at det tidligt i udviklingsforløbet viste sig at etablering af MPPT tracking krævede så stor en merpris på produktet at vi besluttede at lave en billigere version med fokus på brand- og tyverisikring – prototype 1, og en samlet version med alle features – prototype 2.

Prototype 1 uden MPPT tracker kan forventes at forbedre energieffektivitet med et par procent ved at den gør det hurtigere og nemmere at lokalisere fejl og fixe dem. Det er dog svært at måle, da der ikke foreligger data herfor.

Prototype 2 med MPPT tracker kan forventes at forbedre energieffektivitet med op til 34 % jf. studier fra konkurrerende produkt fra SolarEdge. Den specifikke forbedring er dog meget afhængig af det enkelte pv-anlæg og forhold.

3) At ovenstående intelligente og automatiske kontrol vil opdage skade på ledninger og afbryde DC elproduktion fra panelerne, og dermed undgå risici og skade i tilfælde af brand.

Det er lykkedes: Det udviklede system kan lukke hvert enkelt pv-panel ned pba. signal fra bygningens konventionelle ABA-system (automatiske brandalarmanlæg), og samtidig vil skader på ledninger resulterer i automatisk servicealarm, og efterfølgende potentiel nedlukning.

Nedlukningen af panelerne sker trådløst – og på panelniveau, hvilket adskiller det udviklede system fra lignende produkter på markedet, og betyder samtidig at det imødekommer fremtidige krav til sikkerhed.

4) At det via indbygget GPS vil være muligt at spore pv-panelet i tilfælde af tyveri og samtidig gør de individuelle pv-paneler ubrugelige med mindre der er tilsluttet et samlet system.

Det er lykkedes: Dog ikke via indbygget GPS, som ikke viste sig at være den rigtige løsning. Den indbyggede tyverisikring består derimod af at det udviklede system registrerer hvis ledninger til pv-panel skæres over (fx mhp at tage panel) og/eller hvis panelet kommer uden for wifi-rækkevidde. For

at bruge og aktivere paneler kræves der et kodeord – og det er dermed ubrugeligt for andre end systemejeren.

5) At det samlede kost indeks for en total pv-installation med nye intelligente paneler og elektronik vil forøges med 5 %.

Det er ikke lykkedes: Vores beregninger viser at kost indekset for en pv-installation med intelligente paneler (Solar Intelligence) koster omkring 10-15% mere end en konventionel installation. Det afhænger dog meget af størrelsen af installationen.

Kostberegning for casen Solgaven UDEN Solar Intelligence:

	kWp	Antal	Kostpris stk.	Kostpris samlet	Salgspris stk.	Salgspris i alt	DB	DG%
PV-panel: Integra	17,28	108	kr. 1.109,70	kr. 119.847,60	kr. 1.479,60	kr. 159.796,80	kr. 39.949,20	25%
					Dkk/W	kr. 9,25		
Inverter	17,28	1	kr. 13.243,20	kr. 13.243,20	kr. 17.657,60	kr. 17.657,60	kr. 4.414,40	25%
					Dkk/W	kr. 1,02		
Rammesystem	17,28	108	kr. 250,11	kr. 27.011,40	kr. 333,47	kr. 36.015,20	kr. 9.003,80	25%
					Dkk/W	kr. 2,08		
PV-montage	17,28			kr. 35.217,43	kr. -	kr. 46.956,57	kr. 11.739,14	25%
					Dkk/W	kr. 2,72		
Elarbejde	17,28			kr. 16.596,33	kr. -	kr. 22.092,44	kr. 5.496,11	25%
					Dkk/W	kr. 1,28		
						kr. 282.518,61		

Kostberegning for casen Solgaven MED Solar Intelligence:

	kWp	Antal	Kostpris stk.	Kostpris samlet	Salgspris stk.	Salgspris i alt	DB	DG%
PV-panel: Integra	17,28	108	kr. 1.109,70	kr. 119.847,60	kr. 1.479,60	kr. 159.796,80	kr. 39.949,20	25%
					Dkk/W	kr. 9,25		
Poweroptimizer	17,28	108	kr. 215,00	kr. 23.220,00	kr. 286,67	kr. 30.960,00	kr. 7.740,00	25%
					Dkk/W	kr. 1,79		
Inverter	17,28	1	kr. 13.243,20	kr. 13.243,20	kr. 17.657,60	kr. 17.657,60	kr. 4.414,40	25%
					Dkk/W	kr. 1,02		
Rammesystem	17,28	108	kr. 250,11	kr. 27.011,40	kr. 333,47	kr. 36.015,20	kr. 9.003,80	25%
					Dkk/W	kr. 2,08		
Host antenne	17,28	1	kr. 492,00	kr. 492,00	kr. 656,00	kr. 656,00	kr. 164,00	25%
					Dkk/W	kr. 0,04		
SmartBox	17,28	1	kr. 3.000,00	kr. 3.000,00	kr. 4.000,00	kr. 4.000,00	kr. 1.000,00	25%
					Dkk/W	kr. 0,23		
Software	17,28	1	kr. 1.000,00	kr. 1.000,00	kr. 1.333,33	kr. 1.333,33	kr. 333,33	25%
					Dkk/W	kr. 0,08		
PV-montage	17,28			kr. 35.217,43	kr. -	kr. 46.956,57	kr. 11.739,14	25%
					Dkk/W	kr. 2,72		
Elarbejde	17,28			kr. 16.596,33	kr. -	kr. 22.092,44	kr. 5.496,11	25%
					Dkk/W	kr. 1,28		
Elarbejde EKSTRA	17,28	1	kr. 1.000,00	kr. 1.000,00	kr. 1.333,33	kr. 1.333,33	kr. 333,33	25%
					Dkk/W	kr. 0,08		
SOLAR INTELLIGENCE PRIS						kr. 38.282,67		
SAMLET PRIS MED SOLAR INTELLIGENCE						kr. 320.801,28		

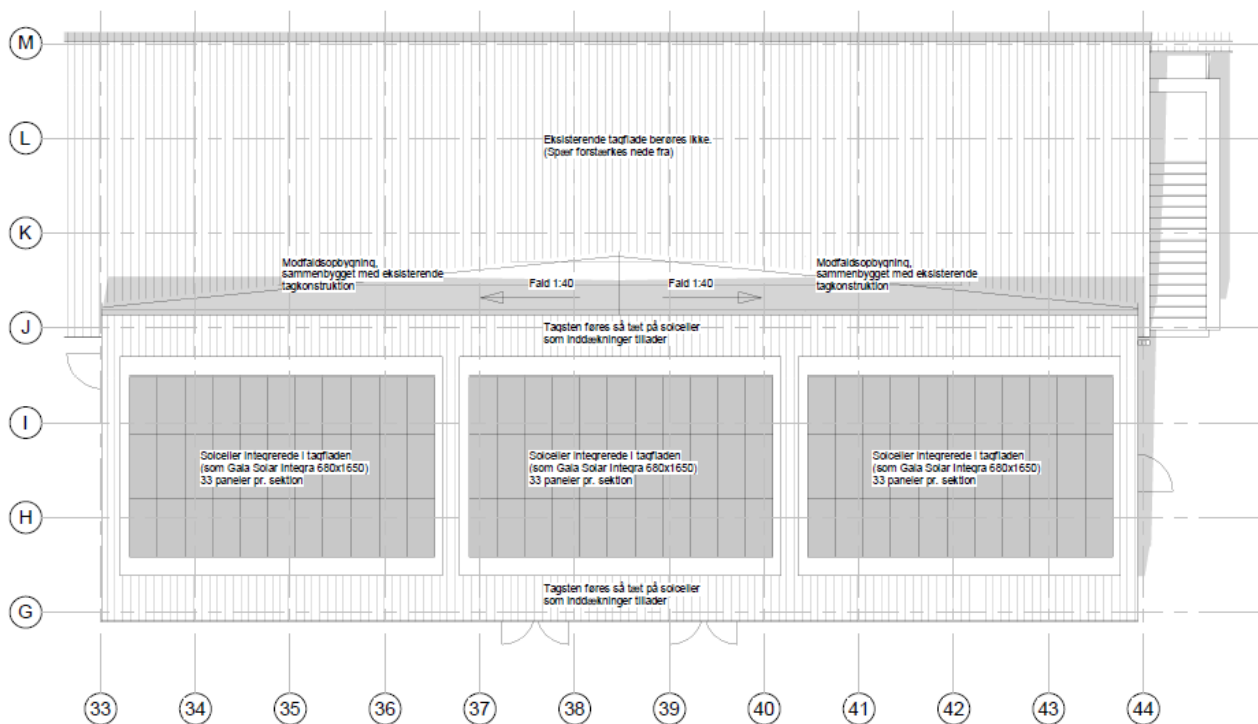
Kostprisberegningen viser at Solar Intelligence udgør en meromkostning på 13,55 % for et relativt lille anlæg på 17,28 kWp. Hvilket er noget mere end forventet. Det er vores vurdering af meromkostningen til Solar Intelligence vil ligge omkring 10-15 %, gående mod de 15 % ved mindre installationer end det anvendte eksempel med Solgaven, og gående mod de 10 % ved større installationer.

Forøgelsen af omkostningen ved investering i Solar Intelligence skyldes i høj grad at prisen på Power optimererne (printpladen placeret i spelsberg-modul), som skal indsættes i samleboksen på bagsiden af panelerne. Det medfører at kostprisen pr. pv-modul forøges med 215 kr., hvilket hurtigt løber op.

Prisen på Poweroptimizere er baseret på indkøb af 501-1000 stk produceret i Danmark. Hvis prisen på Solar Intelligence skulle udgøre 5 % af pv-installationen skulle prisen i den viste eksempel være 14.492 kr. Hvis omkostninger til de øvrige komponenter trækkes fra (hostantenne, smartbox, software og ekstra el arbejde) på 7322 kr., så skal Poweroptimizere ned på en pris på **66,39 kr.** for at holde sig indenfor de fastsatte 5 %.

Det vurderes ikke realistisk, og værdibidraget af Solar Intelligence løsningen skal derfor udgøre og opfattes tilsvarende prisforøgelsen på 10-15 %. Grunden til det ikke vurderes realistisk er at merprisen på et konkurrerende smartmodul fra Axitec er 214,19 kr². – altså stort set tilsvarende Gaia Solars pris på 215 kr.

² Jf. intern Gaia Solar prisliste fra Axitec 2015



Figur 15: Skitse af Solgaven solcelleanlæg

BILAGSOVERSIGT (KAN REKVIRERES EFTER BEHOV)

- Brugerscenarier og storyboards
- Software Brugerflade præsentation
- Software Brugerflade styleguide
- Smartbox System Overblik (dok. Fra John og Thorbjørn)
- Brandtestrapporter fra DBI (3 stk)
- Vejledning til beredskabet: Brandindsats i solcelleanlæg, Teknologisk Institut
- Vejledning: Redningsberedskabets indsats i forbindelse med solcelleanlæg, Beredskabsstyrelsen
- Program og invitation til temadag om Brandsikkerhed, 14. januar 2013.
- Artikel fra Energy Supply om projektet, 4. oktober 2012.
- Videnskabelige artikler (3 stk)
- Test- og simuleringsrapporter (2 stk testrapporter og 2 præsentationer)