

Final report

1.1 Project details

Project title	EUDP-BIPV 2013 Plug and Play PVT tag med STÆRKE letvægts BIPV moduler "Hercules" Engelsk titel: Plug and Play PVT Roof by STRONG light-weight BIPV modules "Hercules" Dansk titel: Plug and Play PVT tag med STÆRKE letvægts BIPV moduler "Herkules"
Project identification (program abbrev. and file)	EUDP Journalnr.: 1936-0015
Name of the programme which has funded the project	Det Energiteknologiske Udviklings- og Demonstrationsprogram (EUDP)
Project managing company/institution (name and address)	Tilsagnshaver: Egedal Kommune. Dronning Dagmarsvej 200, 3650 Ølstykke Projektleder: Lisbeth Berg
Project partners	Projektdeltagere og samarbejdspartnere: Projektleder: Lisbeth Berg Egedal Kommune Øvrige deltagere: <ul style="list-style-type: none">- Yakov Safir, Racell Sapphire Technologies Aps- Niels Radisch, Rambøll Danmark- Davis Garcia, MAP Architects- Søren Poulsen, Teknologisk Institut- Rene Jensen, Lindab Profil A/S- Thomas Schmidt, TST-C GmbH (DE)
CVR (central business register)	Egedal Kommunes CVR-nummer / SE-nummer: 29 18 83 86
Date for submission	15.10.2013

1.2 Short description of project objective and results

Dansk version:

Projektets formål har været at udvikle store selv bærende PV eller PVT moduler med tilhørende inddækninger som kan erstatte eksisterende tagbeklædning på større bygninger som haller, lagerbygninger m.m. hvor der kræves store spænd og derfor store lange, 3m eller længere moduler. De selv bærende moduler blev opsat på et idrætsanlæg, hvor de producerer størstedelen af bygningens energiforbrug. Bygningsintegration af anlæg til solenergi har

stadig større interesse og projektet har bidraget til udbredelsen af arkitektonisk tilpassede anlæg til solenergi.

Engelsk version:

The aim of the project was to develop very large self-sustainable PV or PVT modules with associated flashings which can replace existing roofing on storage buildings such as sport halls, sheds, warehouses, etc. where very long, 3m or longer, large modules are needed. The self-sustainable modules were set up at a sports facility where they produce the majority of the building's energy consumption. Building integration of solar energy installations are gaining interest and the project has contributed to the dissemination of architectural custom installations for solar energy

1.3 Executive summary

Projektet har både haft en teknisk, en energimæssig, en økonomisk og en æstetisk dimension.

Blandt de tekniske udfordringer i projektet var udvikling af selv bærende moduler med lavest mulig vægt samt enkle tætte inddækningssystemer. Ikke mindst skulle modulerne have en ekstraordinær lang levetid, dvs. mindst 10, helst 50 år. Let tilgængelighed til samlinger af kabler og i særdeleshed rør har haft høj prioritet. Den tekniske løsning har medført, at vægten for den samlede løsning ikke har oversteget vægten af traditionelle tagmaterialer på denne type bygninger, som ofte er bølgeeternit sv.t. 17 kg/m². De relativt lette men stærke moduler, giver mulighed for etablering af anlæg på mange ældre bygninger, som ofte har manglende statik og bæreevne til at få tilføjet ekstra vægt af et PV anlæg ovenpå det eksisterende tag. I projektet lykkedes det efter mere end 12 forskellige prototype er designet og modulopbygningen resulteret i den ønskede "Plug-and-Play" modultype. Størrelsen af modulerne og standardiserede inddækninger har gjort arbejdet med etablering af et fuldt anlæg selv enklere end metal- eller bølgeeternittage.

Den energimæssige betydning ligger dels i, at denne løsning markant øger det egnede areal for etablering af solenergianlæg. Udviklingen af en PVT løsning giver yderligere større effekt af det installerede areal og gennem nyttiggørelse af varmen opstår der synenergier med anden eksisterende teknologi som varmepumper, lagring i jord. m.m. Højtydende moduler med flere positive sideeffekter må forventes at skabe yderligere interesse for solenergi og bidrage til, at denne hurtigere når frem til, at kunne konkurrere på rene markedsvilkår.

Økonomisk set er der en besparelse ved at erstatte eksisterende tagmateriale. Erfaringsmæssigt kan det meget ofte medføre omkostningstunge statiske beregninger og efterfølgende kostbare forstærkninger, hvis der tilføres ekstra vægt på disse typer af bygninger. Udgiften til dette kan bortfalde med frudsætningen om vægt svarende til eksisterende tagbeklædning. Øget effektivitet på arealet ved en PVT løsning øger yderligere rentabiliteten.

Æstetisk har projektet bidraget til at anlæg for solenergi kan blive fuldt integrerede i bygningen. De senere år har givet mange eksempler på løsninger, som passer dårligt sammen med den danske bygningskultur. Af samme årsag er stillingtagen til solenergi ofte præget af en ingeniørmæssig tilgang mens arkitekterne sjældent vælger at medtænke solenergi. En integreret og æstetisk vellykket løsning kan ændre dette billede og yderligere accelerere udbredelsen. I relevante sammenhænge vil løsningen desuden kunne tilføres et innovativt element i form af LED der punktvis kan indbygges i panelerne. Det giver funktionelle muligheder i form af et dekorativt element med programmerbare farver eller som ren lysavis.

1.4 Project objectives

Målet for projektet har været at udvikle og derpå afprøve og demonstrere selv bærende og bygningsintegrerede letvægts PV og PVT moduler på en mindre bygning. Resultaterne af

demonstrationsprojektet skulle danne grundlag for efterfølgende udvikling og demonstration af en storskala totalløsning på en stor halbygning eller lignende.

Produktudvikling og produktion

Udviklingen af de innovative "Hercules" moduler er forløbet som forventet. Målet har været lav vægt, æstetisk integrerede løsninger samt lave produktions- og montageomkostninger. Derudover har men ønsket en vandtæt samlet løsning så omkostninger til det traditionelle faste undertag kan undgås.

Ved traditionelle solceller eller ved integration af glas-glas moduler er der både vægtproblemer og store omkostninger til montagesystemet. Dertil kommer at traditionelle BIPV solcellemoduler kræver luftventilation på bagsiden for at bypassdioderne i junctionboksen køles så der ikke opstår brand og eller hotspots. Projektets "Hercules" moduler er blevet udviklet, så de ikke behøver junktionbokse. Udfordringerne har været at placere et stort antal meget små innovative bypassdioder sammen med cellerne i store moduler uden junktionbokse. Glasmaterialet er blevet udskiftet med composit og der er anvendt aluminiumsmaterialer i absorbereren for at reducere vægten af det samlede anlæg. Modulet er designet som en kopi af et tagbyggeelement. Disse udfordringer har krævet forskning i materialeanalyser pga. modsatte materialeudvidelseskoefficienter, interne rørføringer i væskeabsorbereren, store højdevariationer pga. de samlende manifoldrør, vedhæftning mellem meget forskelligartede materialer, udskiftning af store tykke glas med et tyndt letvægts folie og meget mere.

Et andet mål for produktudviklingen har været at sikre vandtætte og æstetiske gennemføringer i taget som er nødvendige for tekniske installationer. Der er således i projektet udviklet beslag og inddækninger til anvendelse for montagen. Et afgørende succeskriterie var hvorvidt man kunne foretage en hurtig montage af disse store moduler på op til 12 m². Det lykkedes efter flere års udvikling at finde frem til et design der resulterede i netop en sådan "Plug-and-Play" hurtig montage. Montagetiden for et tag blev reduceret fra 2 uger til 2 dage.

Demonstrationsprojektet

Inden afprøvningen af anlæg i fuld skala, blev udvalgte bygninger og tegningsmateriale gennemgået. Bygningernes egnethed blev vurderet og tagkonstruktioner, statiske forhold og bygningernes energibehov blev kortlagt. Der blev foretaget en overordnet skitsering af løsninger med store solcellemoduler incl. arkitektonisk behandling. Digitale visualiseringer blev udført af MAP arkitekterne baseret på fysiske målinger og drone målinger. Metoden er blev afprøvet af MAP arkitekts sideløbende med opbygning af en avanceret indvendig trappe i Kalø Slotsruin.

Faktaark demonstrationsbygning	
Bygning	Stenløse Fodboldklubhus på Stenløse Stadion
Adresse	Degnebakken 10, 3660 Stenløse
Matrikel nummer	1ce og 4be
Bebygget areal	343
Bygningsareal (hovedhus) [m ²]	300
Bygnings driftsareal [m ²]	600
Taghældning grader [m ²]	20
Afvigelse fra syd	5
Estimeret anvend. tagflade syd [m ²]	165
Forslået solcelle areal	140
Anslået antal standard solceller	84
Forventet solcelle produktion standardanlæg [kWh]	20.000

Nuværende forbrug [kWh]	100.000 (Guf vurderet til 20 % af forbrug)
Elmålere Aftagernr.	5713131 74111989595 DONG fjernaflest. (5713131 74111948073) (5713131 74112083063)
Lokalplan nr.	1.1.10
Zonestatus	Byzone
Lokalplan tekst	§ 8.2 Blanke og reflekterende tag materialer må ikke anvendes på synlige tagflader, undtaget herfra er anlæg til udnyttelse af vedvarende energi.



Fodboldklubhuset inden tagrenovering



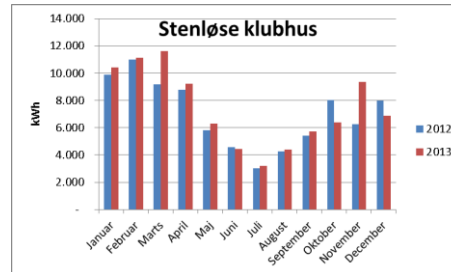
Visualisering af fodboldklubhuset efter tagrenovering

Ud fra de skitserede løsninger blev det valgt at demonstrationsprojektet skulle foregå på Stenløse Stadions fodboldklubhus.

Bygningen var egnet da den var el-opvarmet og da der anvendes meget varmt vand i forbindelse med idrætsudøvelser. Den sydvendte tagflade har et areal på ca. 165 m². Selve tagfladen var ældre og det viste sig at en renovering under alle omstændigheder var påkrævet.

Da Egedal Kommune ønskede at tektonisk helhedsløsning blev det nordtaget skulle etableres med Herkules PV (ikke PVT).

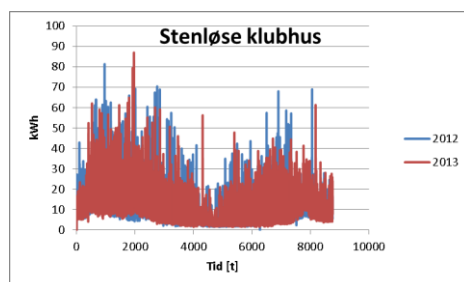
Som forberedelse til PVT anlægget ret jordvarmeanlæg og foretaget husets varmesystem. Herkules tages i en større renovering af byggen den hidtidige el-varme er blevet udskiftet med et centralvarmeanlæg forsynet fra varmepumpe. Varmen fra absorbererne i PVT modulerne bliver afsat i jorden omkring jordslangerne og forbedrer dermed varmepumpens effektivitet.



opnå en arki-besluttet at selv bærende

blev der etablering af bygningen, hvor

For at kontrollere modulernes temperatur og ydelse indføres i projektet muligheden for væskekøling, hvorfor modulerne kan være PVT med indbygget varmeabsorber. Nyt elproducerende tag evt. også med levering af varme til bygning. Egedal Kommune har juni 2016 fået udarbejdet energirammeberegning, der dokumenterer, at bygningen, med etablering af PV anlægget, overholder energirammen for Renoveringsklasse 2 i Bygningsreglement 2015. Den gennemførte ombygning reducerer energiforbruget fra 430 kWh pr. m² til 141 kWh pr. m².



Kortlægning af elforbruget inden renovering

Bureaukratiske udfordringer i projektføreløbet

Projektperioden har været præget af organisatoriske udfordringer angående den bygning i Egedal Kommune, som er udset til demonstrationsanlægget. Det formelle ejerskab til bygningen har sammen med ændret administration/lovgivning på solcelleområdet skabt en udfordring, som har taget megen tid og krævet relativt mange ressourcer.

Lovændring på solcelleområdet fjernede i maj 2016 den såkaldte 60/40 ordning. Der er herefter ingen afregning af overskydende kWh fra solcelleanlæg. Da demonstrationsanlægget, qua sin størrelse, er afhængigt af tilslutning til nettet ville Egedal Kommune have udsigt til at skulle etablere et særskilt selskab til at drive et anlæg, der ikke vil få nogen indtægt

1.5 Project results and dissemination of results

Det er i projektperioden lykkedes at udvikle innovative "Hercules" moduler i store formater og at etablere disse i fuld skala på et idrætsanlæg i Egedal Kommune. Anlægget er idriftsat efteråret 2017

Vægten af modulerne er lav og kan sammenlignes med tilsvarende eternitløsninger.

Der er anvendt en alu-sandwichstruktur ved fremstillingen af Hercules prototypemoduler. Materialesammensætning og laminering har givet anledning til en række test-forsøg og til flere patenterede løsninger. Absorbernes store manifoldrør og deres udtag gav alvorlige udfordringer til æstetiske løsninger. Arkitektoniske løsninger samt løsninger med varmegenvinding blev udviklet, både med bagudrettede og med vandrette rørudtag fra manifold. De bagudrettede gav arkitektoniske fordele, men kræver gennemføringer til det bagvedliggende tagrum, mens de vandrette udtag gav produktions- og montagemæssige fordele.

Anlægget er opsat uden der er etableret fast undertag på bygningen. Dette betyder at man kan spare væsentlige udgifter i forbindelse med fremtidige renoveringer.

Et stort fremskridt var at håndteringen af de ekstremt store moduler både i produktionen og på byggepladsen blev væsentlig forenklet så selv brug af sugekopper kunne undværes. Montagen af anlægget var simpel og kunne udføres i løbet af få arbejdsdage.

Formidling

Projektets parter har løbende formidlet mål og erfaringer fra projektet. Senest har der været flere fremvisninger af det færdige demonstrationsanlæg på Stenløse Stadion.

I projektperioden er der blevet publiceret artikler til relevante tidsskrifter og medier ligesom Lokalavisen Ugenyt og Frederiksborg Amtsaviser har omtalt projektet.

I øvrigt kan nævnes følgende

- Projektets mål og status blev formidlet på Seminar om resultater fra BIPV puljen d. 3. maj 2016, som blev afholdt hos Rambøll
- EUDP projektet blev også formidlet i 4 dage fra Racell's stand ved Intersolar Munich 2014 messen i juni.
- Egedal Kommunes byudviklingsprojekter var i 2013 udflytningssmål for det 63. danske Byplanmøde, hvor projektet blev omtalt i en udleveret pjece.

EUDP projektet har medført et øget fokus på solenergi internt i Egedal Kommune. Projektet var en medvirkende årsag til gennemførelse af et arrangement med titlen "Sol over Egedal" under Forskningens Døgn 2014. EUDP projektet havde et selvstændigt program punkt fredag d. 25. april. Præsentation af projektet foregik i Stenløse Klubhus, hvor demonstrationsanlægget skal etableres og husets varmesystem er ombygget til at spille sammen med anlægget.

Formidling og overvågning

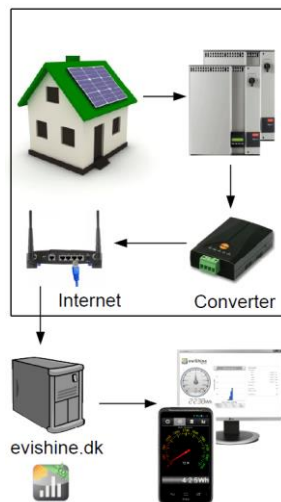
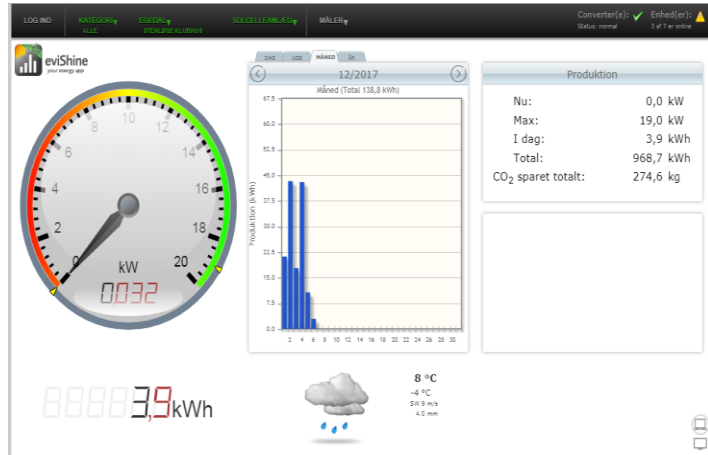
Både for at kunne overvåge anlæggene og for at formidle projektets resultater er der på demonstrationsanlægget installeret en infoskærm i det offentlige rum. På skærmen formidles resultater vedrørende produktion af el og varme.



Infoscærmen skifter mellem flere forskellige sider der for eksempel viser hvor meget el der produceres lige nu, og dermed mængden af CO₂ der spares.



Løsningen er leveret af Evikali aps. Ved hjælp af dataloggere opsamles data til en central server. Det betyder, at data er tilgængelige selv hvis inverterne er slukkede. Har man flere anlæg kan tallene summeres så en total produktion vises. Den centrale opsamling gør det nemt at vise tallene på flere medier, f.eks. en App, webside eller en offentlig infoscærm.



Via en enkel løsning etableres forbindelse mellem anlæggets invertere og den centrale server over internettet.

Til brug for videre produktudvikling og erfaringsopsamling er der etableret mange målepunkter i anlægget. Data kan hentes på internettet og via en Smartphone App som kan hentes gratis på AppStore eller Google Play.

1.6 Utilization of project results

Projektet understøtter de nationale energipolitiske mål ved at fremme produktionen af vedvarende energi. Med solceller sker produktionen på det bedste tidspunkt på dagen – ved højt elforbrug – og dermed opnås den største effekt pr energienhed.

Elproduktion med solceller fremmes via projektets muligheder for:

- mere æstetiske løsninger
- bedre anlægsøkonomi
- højere effektivitet via køling
- højere driftssikkerhed via færre samlinger
- mulighed for udnyttelse af varme evt. via varmepumpe
- flere placingsmuligheder pga. ingen eller minimal ekstra belastning af tagkonstruktion

Konceptet kan med fordel anvendes – specielt gunstigt på lidt større tagflader – i nybyggeri såvel som i renovering. Teknologien indpasses nemt i det danske energisystem – som andre solcelleanlæg. Varmen fra kølingen af modulerne kan anvendes direkte til opvarmning eller som varmekilde til varmepumper enten direkte eller ved at levere varmen til et jordslangesystem.

Projektets betydning for at nå de energipolitiske mål sker gennem førnævnte fordele. Det anslås at – alt andet lige – vil der ske en forøget udbygning med solceller på 10-25%, hvis projektets resultater bliver som forventet.

Racell har under forløbet ansøgt og også opnået flere patenter, specielt omkring opbygningen af forskellige typer Herkules PVT moduler.

Demonstrationsanlægget som er den første af sin art i verden, har allerede fået en stor betydning for Racell, idet responsen på konceptet er blevet særdeles godt modtaget. Det ser allerede nu ud til at der bliver en stor efterspørgsel på netop denne type PVT tagenergimoduler både til eksport og til det danske marked. Speciel interesse er der i Danmark ved renovering af tage i "område 4" hvor der samtidig skal ske et skift fra olie- og gasfyr til vedvarende energi. I Danmark er der op imod 400.000 husstande i område 4, hvor der således ikke er adgang til fjernvarme.

En uventet udvikling, efter formidling af projektet til udenlandske bygherrer, arkitekter og rådgivende ingeniører, har været en meget stor interesse for Herkules løsningen især i Norge og Sverige. Således arbejdes der nu på flere for-projekter hvor netop erfaringerne fra Egedal EUDP projektet indgår. I stedet for jordvarme udnyttes der i Norge lodrette geotermiske borer der fungerer som energibrønde.

1.7 Project conclusion and perspective

"Hercules BIPV" Tagløsningerne er blevet udviklet til at være reproducér- og multiplicérbare. Projektet muliggør udnyttelse af solenergi uden ekstra belastninger på tagkonstruktionerne. Udvikling af bygningsintegrerede anlæg med lav egenvægt vil desuden muliggøre etablering af anlæg på bygninger, der ellers ikke ville komme i betragtning på grund af bygningens alder og konstruktive forhold. Udviklingen af bygningsintegrerede anlæg vurderes således at kunne påvirke den samlede installerede effekt af solanlæg i Danmark ved at muliggøre anvendelse af bygninger som ellers ville blive udeladt

Opfølgende målinger

Egedal Kommune giver mulighed for, at der kan gennemføres målinger på anlægget indenfor en relevant tidshorisont.

Annex

Relevant links

<https://sn.dk/Egedal/Solenergi-til-fodboldklub/artikel/387965>

http://www.egedalkommune.dk/media/1122059/sol_over_egedal.pdf

<https://sn.dk/galleri/438734>

<http://evishine.dk/2078?id=42680&tag=&lang=&measureFilter>

<http://evishine.dk/sites/egedal/index.html?idx=4>