

Den CO2 neutrale arbejdsplads

Hovedprojekt

ELFORSK projekt nr. 341-009

1. januar 2009 – 31. marts 2010



DTU Fotonik
Institut for Fotonik



Montana



Indholdsfortegnelse

Forord

English summary

Sammenfatning af projektet

- Projektets formål
- Hovedresultater
- Konklusion

Baggrund for hovedprojektet

”Den CO2 neutrale arbejdsplads – forprojekt” ELFORSK projekt nr. 340-047

Teknisk baggrund for projektet: Udvikling og målinger

- Lysmålinger
- Udvikling af LED Solen
- Solcellemålinger

Hæve-sænkebord med solceller

Refleksioner fra udviklingsprocessen

Resultater: Den tekniske del af produktet

- LINAK’s styrebox
- Solcelle-elektronik

Designresultater

- Brugerundersøgelser
- Montanas hæve-sænkeborde
- Design med solceller

De 3 endelige designs

- Den transparente skærm
- Fuld bordintegration
- Den fleksible løsning

iPV TOOL

- Præsentation af værktøjet
- Forklaring af modellen

Formidling af projektet: Nationalt og internationalt

- Konferencer, messer og udstillinger
- Artikler og anden presseomtale
- Foredrag

Perspektivering

- Potentielle iPV applikationer
- Markedspotentiale

Forord

Idéen bag dette projekt udsprang fra en samtale imellem Henriette Lundquist fra LINAK og Joakim Lassen fra Montana, som var nysgerrige efter at finde ud af, om man kunne bruge solceller indendørs - i et hæve-sænkebord. De kendte til solceller i lommeregnerne, men ikke umiddelbart til andre indendørs anvendelser af solceller.

På baggrund af denne innovative og udfordrende idé blev der samlet en projektgruppe og ansøgt om PSO-udviklingsmidler i ELFORSK programmet hos Dansk Energi. Projektet betragtedes som meget interessant, men også som en risikabel investering, hvilket resulterede i, at der i slutningen af 2007 blev bevilget penge til et forprojekt, som havde til formål at bevise om et videre forløb ville kunne betale sig.

Denne rapport beskriver de samlede opnåede resultater i hovedprojektet (samt dele af forprojektet), som blev bevilget umiddelbart efter afrapporteringen af forprojektet. Det samlede projekt har løbet fra starten af 2008 (forprojektet) og igennem 2009 med afslutning primo 2010 (hovedprojektet) som et samarbejde mellem LINAK, Montana, DTU Fotonik, Gaia Solar og Faktor 3.

Forfattere af denne rapport: Peter Poulsen, DTU Fotonik, Barbara Bentzen, Faktor 3, Kristian Bartholin Holm, Faktor 3, Rikke Køhler, Faktor 3, René Kirstein Harboe, Faktor 3, Carsten Dam-Hansen, DTU Fotonik og Anders Thorseth, DTU Fotonik.



English summary

As the world develops, the requirement for more electrical equipment in everyday life is increasing rapidly. The power consumption of electrical appliances both in operation and in standby mode therefore greatly contributes to our total energy consumption. When regarding the energy lifetime of an electrical product, the amount of energy used for standby cannot be neglected and will in many cases exceed the power used in operation. The potential of PVs used indoor to supply the standby power is a fairly unexploited field, but can have a revolutionary effect on the total energy consumption worldwide.

This paper presents the results gained in the ongoing project 'The CO₂ neutral work space', which was started up in 2008. The objective of the project is focused on elucidating and uncovering the great potential for usage of PVs in indoor applications to power the standby electricity consumption.

To integrate solar cells into a design object has proved to be challenging. Throughout the development process it has been extremely important with the coherence between technology and design in a close dialogue between all parties.

The project team has made three distinctive designs, where design solutions are created in cooperation between the PV-technology and a user-friendly approach based on the observations of the secretaries have shown that the desk is often covered by electronic devices and paper material. The final three design concepts adapt to Montanas existing aesthetics and design as a transparent screen, a desk integration and a flexible solution. All three design concepts are displayed in either 1:1 or functioning prototypes, depending on allowance and performance in the chosen PV-technologies. The prototypes have been shown at various design shows and scientific conferences internationally and nationally.

A LED based solar simulator has been build and follows the IEC904-9 requirements for a Class A solar simulator though at an irradiation level of about 100 W/m². It is more advanced and flexible than traditional artificial sun simulators based on a Xenon light source since because of the flexibility in light spectrum and intensity made available by the LED setup. The system has been tested on several solar cells and panels for IV characterization and obtaining the spectral response of cells at different levels of irradiation.

Sammenfatning af projektet

Projektets formål

Projektgruppen startede forprojektet ved at afholde en workshop, som havde til formål at kortlægge projektets formål og succeskriterier, så det kunne sikres, at alle deltagere i projektet havde samme ambitioner med projektet, og ville gå samme vej i udviklingsprocessen.

Vi blev enige om følgende:

At vise perspektiverne i at benytte solceller i lowlight conditions med henblik på at spare betydelige mængder strøm, primært på arbejdspladsen, ved at:

- 1. Energieffektivisere de elektroniske komponenter mod et minimalt energiforbrug.*
- 2. Tilføje det resterende energiforbrug via et specialdesignet indendørs solcellemodul.*

Projektet skal dokumentere solcellers evne som indendørs strømproducent og vise dette i forskellige 1:1 modeller, som integreres i et antal hæve-sænkeborde med fokus på energiproduktion, brugervenlighed og markedspotentiale.

Disse mål og succeskriterier er alle opnået i løbet af for- og hovedprojektet.

Hovedresultater

Igennem et godt tværfagligt samarbejdende projektteam med markedsføringsfolk, ingeniører, udviklere, designere og kommunikationsfolk i de involverede virksomheder; udviklings- og producerende virksomheder samt en forskningsinstitution, er det lykkedes at opnå en række unikke resultater og nyskabende produkter. Der er, som et produkt af dette samarbejde, udviklet en lang række nye kompetencer indenfor brugen af solceller på nye måder i indendørs anvendelser.

Projektet har en række tekniske og designmæssige hovedresultater, som kan opsummeres således:

- Øget apparatproducenternes muligheder for valg af en integreret løsning af standby-problematikken.
- Der er etableret nye laboratoriefaciliteter hos DTU Fotonik til måling af solceller i low-light conditions. Denne målestand er bygget specielt til tests og karakterisering, som ikke er tilgængelige fra solcelle-producenternes side. Dvs. det er et afgørende apparat at have tilgang til, hvis man vil designe fremtidens velfungerende produkter med solceller. Denne målestand er, efter projektgruppens kendskab den eneste af sin slags på verdensplan.
- Der er lavet dagslysmålinger mod alle 4 verdenshjørner hos Teknik- og Miljøforvaltningen i København over sommeren 2008.
- Der er etableret et samarbejde med SBI, som har stillet deres dagslyslaboratorie til rådighed til flere målinger.

- På baggrund af disse målinger er der lavet beregninger, som påviser, at solceller kan bruges til at dække standbyforbruget af et hæve-sænkebord.
- Der er lavet en række målinger af solceller i low-light conditions, som imiterer indendørs lysbetingelser.
- En række forskellige brugerundersøgelser er foretaget for at kortlægge hæve-sænkebordsbrugernes adfærd.
- Der er blevet udarbejdet en lang række designforslag – i form af mock-up modeller og prototyper - for at komme frem til velfungerende måder at integrere solceller i indendørs produkter.
- Der er blevet afholdt mini-workshops, som har haft til formål at ”uddanne” de projektdeltagere, som kun kendte til solceller på et overfladisk plan.
- Der er udarbejdet 3 endelige designs med solceller, som kan dække hæve-sænkebordets standbyforbrug. Disse 3 designs er vidt forskellige og har til formål at vise omverdenen de mangfoldige muligheder, der er for integration af solceller i godt design:
 - o Der er designet en skillevæg til hæve-sænkeborde med solceller i.
 - o Der er designet et hæve-sænkebord med fuld integration af solcellen i bordfladen.
 - o RISØ’s polymersolceller er anvendt i en af disse designs, for at understøtte en af de store danske satsninger indenfor dansk forskning på RISØ DTU. Og for at understøtte et 100% dansk og nyskabende produkt.
- LINAK er blevet så inspireret af projektet, at de har lanceret en strømfrikobling, som de kalder ”Zero”, der har et meget lavt eget-energi-forbrug set i forhold til deres tidligere produkter.
- Der er skabt grobund for videreudvikling og produktion af verdens første hæve-sænkebord med solceller. Dette er en first-mover-advantage, som udelukkende ligger hos de deltagende virksomheder.
- Alle generelle perspektiver af projektet er blevet stillet til rådighed for offentligheden. Denne formidling er sket både internationalt og nationalt på designmesser, solcellekonferencer, udstillinger samt i pressen.
- Der er udviklet et værktøj ”iPV TOOL”, som har til formål at vejlede andre udviklere eller producerende virksomheder, som vil integrere solceller i deres indendørs strømforbrugende produkter.
- Der er bidraget til initiativet angående reduktion af CO₂ udledningen jf. Regeringens miljømålsætning. Samt vist disse muligheder frem under COP15.
- Igennem offentlig præsentation af produkter fra projektet, påvist at der blandt forbrugerne er stor interesse for teknologien i kombination med gennemført integreret dansk design.

- En række virksomheder, bl.a. DONG og COWI har vist interesse for projektet og de muligheder, som ligger i det.
- Der er skabt resultater, som på kort sigt kan komme forbrugerne til gode i form af reduktion af elforbrug og med reduktion af CO₂ udledningen til følge.

Konklusion

Både for- og hovedprojektet navngivet "Den CO₂ neutrale arbejdsplads" har været et udfordrende projekt, for de involverede parter. Samtidig har vi alle haft en stor drivkraft i at arbejde med så uopdyrket land, som det har været tilfældet, og det har været spændende at være med til at skabe helt nye teknologianvendelser.

De samlede resultater i både for- og hovedprojektet "Den CO₂ neutrale arbejdsplads" er vi derfor stolte af, og vi tror på, at der via dette projekt er udviklet en lang række kompetencer indenfor nye anvendelser af solceller i indendørs produkter som kan komme offentligheden til gode.

Standby forbruget vokser dag for dag i verden, da vi integrerer flere og flere elektroniske apparater på arbejdspladserne og i hjemmene. Alle disse apparater kræver et stort forbrug af strøm, som koster mange penge hver dag, og et øget CO₂ udslip, som koster dyrt i klimaregnskabet.

Vi har med dette projekt gerne villet vise vejen frem til "Den CO₂ neutrale arbejdsplads" i Danmark og udlandet. Det har vi gjort ved at undersøge solcellers evne som strømproducent indendørs i danske kontormiljøer. Et elektronisk hæve-sænkebord står standby dagen lang for at kunne betjene brugeren i det øjeblik, han/hun vil køre sit bord op eller ned. Derfor har det et stort standby-forbrug set relativt i forhold til dets drift-forbrug, som ikke er så højt, da den gennemsnitlige bruger ikke kører sit bord op og ned mere end en gang om ugen. Hæve-sænkebordet går fra at være et luksusprodukt, som forbruger unødvendig strøm til at være et klimavenligt produkt, hvor strømforbruget dækkes af grøn strøm.

Hæve-sænkebordet med solcellerne skal ses som et eksempel på, hvor stort et potentiale, der ligger i at bruge solceller i indendørs applikationer i langt flere strømforbrugende produkter, end det ses i dag. Eksemplet viser, hvordan vi kan transformere vestlige luksusprodukter til grønne produkter, som har en berettigelse i verden.

Med dette PSO-projekt har ELFORSK programmet været med til at skabe basis for at Danmark kan vise vejen frem til en CO₂ neutral arbejdsplads. Efter et stort fokus på ergonomisk korrekte arbejdsstillinger i slut '90erne, har en stor del af arbejdspladserne indkøbt elektroniske hæve-sænkeborde til deres kontomedarbejdere. Vælges disse gamle hæve-sænkeborde at blive udskiftet over tid med nye CO₂ neutrale borde, ville Danmark kunne reducere energiforbruget med 10.500.000 kWh pr. år, hvilket svarer til ca. 6000 ton CO₂ pr. år.

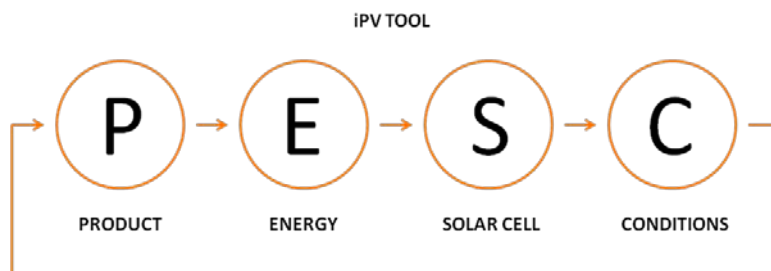
Med de produkter, som er udviklet i projektet, dels hæve-sænkeborde, relaterede produkter og DTU Fotoniks målestand er der skabt en unik first-mover-advantage på verdensplan, der vil være interessant at

forfølge i den kommende tid. Denne mulighed kan meget vel være med til at skabe nye arbejdspladser og dansk eksport.

Der er udviklet en fleksibel LED solopstilling, der imødekommer de krav til målinger under lave lysbetingelser projektgruppen havde i udgangspunktet. Udover at være en effektiv måleplatform for karakterisering af solceller er ses den også som apparat som en mulig konkurrent til måleopstillinger på laboratorieniveau af solceller. Nærværende opstilling er nemlig relativt billig i forhold til de Xe lyskilde baserede måleopstillinger man normalt ser på forskningsinstitutioner, der arbejder med solceller, og så har den fleksibiliteten i at ændre lyssammensætningen på lyskildeniveau. Endvidere kan den give den spektrale respons af solcellerne, hvor man normalt bruger en anden og ret omkostningstung ligeledes Xe lyskildebaseret måleopstilling koblet til en monokromator. Denne giver så også responskurver med en opløsning på <1 nm, hvor LED solen er en del grovere, men det er sjældent nødvendigt med den høje nøjagtighed. Så LED solen er 2 dyre måleopstillinger kombineret i et - dog for den enes vedkommende reducerende kvaliteten noget. Driftsmæssigt er LED systemet langt mere robust end en Xe lyskilde baseret, der har meget kort levetid i forhold til denne.

Projektet har skabt international interesse, og det vurderes, at resultaterne er set af ca. 3.000 - 4.000 mennesker i Danmark og af ca. 3.000 mennesker i udlandet.

På baggrund af hele projektet er der udviklet et værktøj, som gør det muligt for producenter og udviklere at designe produkter med solceller i indendørs sammenhænge:



Resumé og målbæring

Procesen med at udvikle og teste en ny produkttype er et stort arbejde, og det er vigtigt at sikre, at produktet er robust og kan modstå de belastninger, som det vil opleve i brug. Derfor er det vigtigt at teste produktet under forskellige forhold, som det vil opleve i brug. Dette dokument beskriver de forskellige testforhold, som produktet er blevet testet under, og hvordan de forskellige testforhold har påvirket produktets ydeevne.

De tre testforhold er: 1) Normal brug, 2) Højt tryk, og 3) Højt tryk og højt temperatur. De tre testforhold er blevet testet under forskellige forhold, som det vil opleve i brug. Dette dokument beskriver de forskellige testforhold, som produktet er blevet testet under, og hvordan de forskellige testforhold har påvirket produktets ydeevne.

Der er arbejdet med tynde lag og søkable lag for at få den mest optimale optik af skærmens brug - og der er arbejdet med at sikre, at den kan modstå de belastninger, som den vil opleve i brug.

Procesen

Procesen med at udvikle og teste en ny produkttype er et stort arbejde, og det er vigtigt at sikre, at produktet er robust og kan modstå de belastninger, som det vil opleve i brug. Derfor er det vigtigt at teste produktet under forskellige forhold, som det vil opleve i brug. Dette dokument beskriver de forskellige testforhold, som produktet er blevet testet under, og hvordan de forskellige testforhold har påvirket produktets ydeevne.



Resultater

Der er arbejdet med tynde lag og søkable lag for at få den mest optimale optik af skærmens brug - og der er arbejdet med at sikre, at den kan modstå de belastninger, som den vil opleve i brug.



1) Under højt tryk er der ingen ændring i optik af skærmens brug.



2) Under højt tryk og højt temperatur er der ingen ændring i optik af skærmens brug.



3) Under højt tryk og højt temperatur er der ingen ændring i optik af skærmens brug.

Der er arbejdet med tynde lag og søkable lag for at få den mest optimale optik af skærmens brug - og der er arbejdet med at sikre, at den kan modstå de belastninger, som den vil opleve i brug.



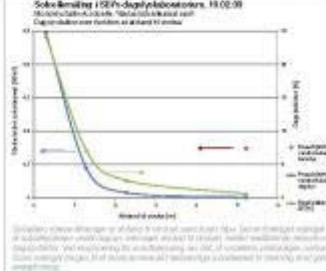
4) Under højt tryk og højt temperatur er der ingen ændring i optik af skærmens brug.

Konklusion

Der er arbejdet med tynde lag og søkable lag for at få den mest optimale optik af skærmens brug - og der er arbejdet med at sikre, at den kan modstå de belastninger, som den vil opleve i brug.

Der er arbejdet med tynde lag og søkable lag for at få den mest optimale optik af skærmens brug - og der er arbejdet med at sikre, at den kan modstå de belastninger, som den vil opleve i brug.

Der er arbejdet med tynde lag og søkable lag for at få den mest optimale optik af skærmens brug - og der er arbejdet med at sikre, at den kan modstå de belastninger, som den vil opleve i brug.

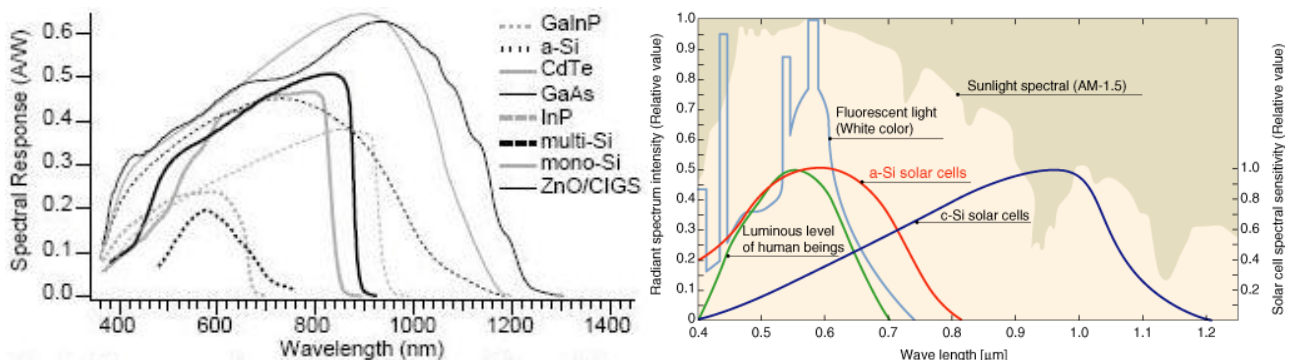


Teknisk baggrund for projektet: Udvikling og målinger

Lysmålinger

Ved hovedprojektets start var det ambitionen, at lave en række supplerende lysmålinger til forprojektets målinger. Dette har vist sig mindre relevant, idet vi har valgt at gå ud fra en fast dagslysfaktor på 2%. Lysmålingerne fra forprojektet er gengivet i let opdateret grad i det følgende.

De fleste indendørs lyskarakteriseringer er fotometriske, hvilket betyder, at de kun udmåler det synlige spektrum hvori øjet er følsomt (380-750 nm) og enheden herfor er lux. På nedenstående kurver ses forskellige solcelleteknologiers responskurver pr. bølgelængde. Solens spektre er ligeledes angivet på figuren til højre og ses at række langt ud over det synlige spektrum (angivet med grøn) ud i såvel det infrarøde som det ultraviolette.



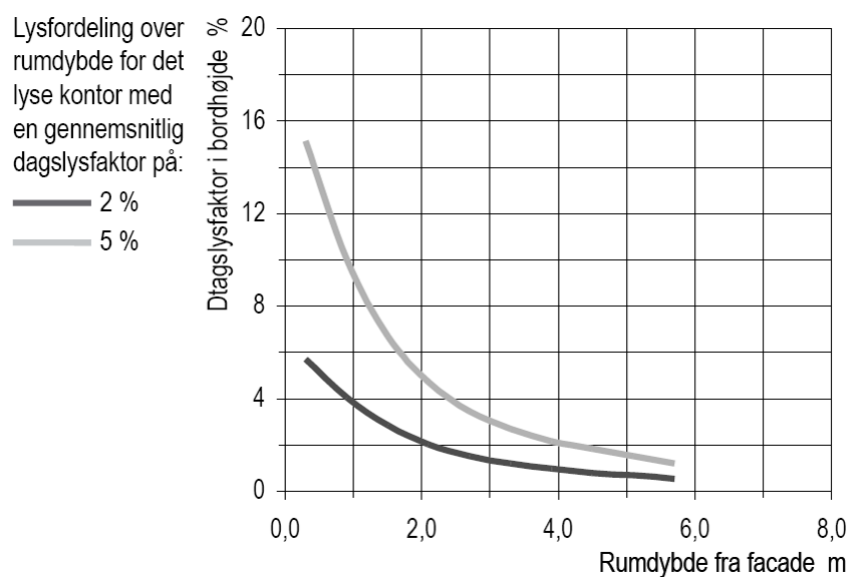
Kilde: <http://www.rfcafe.com/references/electrical/images/PV%20Cell%20Spectral%20Responses.jpg> (9-9-2008),
<http://www.semiconductor-sanyo.com/images/amorton/feature/wavelength.gif> (9-9-2008)

Dog er det synlige spetrum fint indesluttet i sollysets spektrum, så det må forventes, at der kan findes en relation mellem dagslysmålinger foretaget fotometrisk i lux og den radiometriske fuldspektreanalogi. I folderen "Arkitektur og Energi", (Rob Marsh, Vibeke Grupe Larsen, Michael Lauring, Morten Christensen, 87-563-1286-5, 2006) beskrives dagslysfaktoren i bordhøjde for sidelyste rum ud fra en simpel relation mellem rummets højde/dybdeproportion, glastype i vinduet, samt facadens glasandel i procent. Variationen i afstand fra facaden i et rum med følgende parametre er vist nedenfor på figuren:

- Rumhøjde på 3,0 m
- Rumdybde på 6,0 m
- Rummets højde/dybde-proportion er 50 %
- Vinduer med 3-lags energiruder

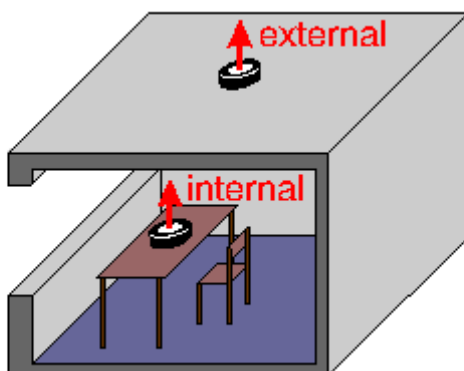
En glasandel på 15 % af facadearealet giver en gennemsnitlig dagslysfaktor på 2 %.
En glasandel på 35 % af facadearealet giver en gennemsnitlig dagslysfaktor på 5 %.

Beregningen bygger endvidere på en række antagelser omkring refleksion af fladerne, væg, gulv og loft og omgivelserne udgør en standard CIE overskyet himmel etc.



Kilde: "Arkitektur og Energi", Rob Marsh, Vibeke Grue Larsen, Michael Lauring, Morten Christensen, ISBN, 87-563-1286-5, 2006 s. 21

Dagslysfaktoren, DF, i et vilkårligt punkt kan findes ved at finde illuminansen horisontalt indendørs såvel som udendørs (under en CIE overskyet himmel) og korrelerer de to værdier:



$$DF = 100 * E_{in} / E_{ext}$$

Det var målet for lysstudierne i nærværende projekt at søge at koble illuminans parametre (i lux) med irradians parametre (i W/m²), for at kunne lave en lige så simpel designmanual for solcellers anvendelse i kontormiljøet samt andre relevante rum.

Målepunkter

Rent praktisk er der blevet udmålt irradians via 6 til formålet fremstillede pyranometer logger bestående af et lille siliciumsolcellepanel hvis kortslutningsstrøm er proportional med lysindstrålingen i siliciums responsområde <1100 nm. Ved at kortslutte en lille modstand over solpanelet bliver spændingen et udtryk for lysintensiteten i W/m². Loggerne blev bygget på følgende måde:

Logger S6

Kortslutningsstrøm ved 1000 W/m	0,16	A
Logger måleomr.	0-0,1	V
Måleområde	0-400	W/m ²
Modstand	1,5625	ohm

Logger S1-S5

Kortslutningsstrøm ved 1000 W/m	0,16	A
Logger måleomr.	0-0,2	V
Måleområde	0-50	W/m ²
Modstand	25	ohm



Loggerne blev sammen med et spektrometriometer opsat følgende sted (se nedenfor) og målte fra 11. Juli 2008 – 8. August 2008:

Teknik- og Miljøforvaltningen
Center for Bydesign
Njalsgade 13, 2. sal
2300, København S



Spektroradiometret havde til formål at måle lysintensiteten mellem 360 nm og 1100 nm opdelt pr. nanometer. Det forventedes, at der kunne fremfindes en korrelation mellem irradians målingerne på de 6 sites og så den spektralfordelte måling, således at de pyranometriske målinger fungerede som totalmålinger (integrerede spektre) som man ville have kendskab til ud fra spektroradiometermålingen. Der blev for pyranometere såvel som spektroradiometer logget måledata hver 3. minut. Uheldigvis blev dataopsamlingscomputeren stjålet under målingerne, så alle data gik tabt, da måleudstyret som sådan ikke har noget lager. Der resterer derfor kun pyranometriske målinger, hvor vi ikke har kendskab til, hvordan lysenergien er fordelt. Det er således heller ikke muligt at omregne til luxværdier.

Målepunkt 1

Orientering: NV
 Målepunkter i bordhøjde
 2. sals højde

Logger	Meter fra vindue	Hældning
S2	1 meter	0°
S1	3 meter	0°

Målepunkt 2

Orientering: NØ
 Målepunkter i bordhøjde
 2. sals højde

Logger	Meter fra vindue	Hældning
S3	1,10 meter	0°
S4	3,0 meter	0°



Målepunkt 3

Orientering: SØ

3. sals højde

Målepunkt 1 meters højde

Logger	Meter fra vindue	Hældning
S5	1,70 meter	0°

Målepunkt 4

Orientering: SV

2. sals højde

Logger	Meter fra vindue	Hældning
S6	1,65 meter	90°
Spektroradiometer	1,65 meter	0°

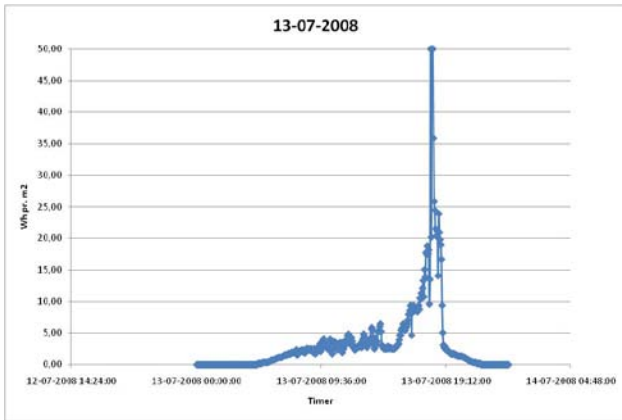


Logger opsætning og nedtagning:

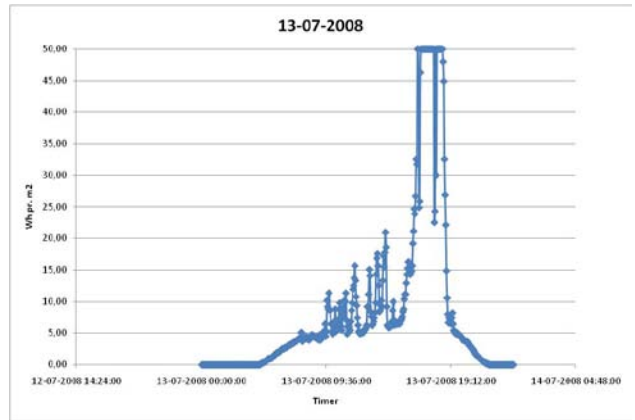
	Dato	Excel Dato
Opsætning	11-07-2008	39640
Nedtagning	08-08-2008	39668

Nedenfor er vist eksempel på loggedata for søndag d. 13. juli:

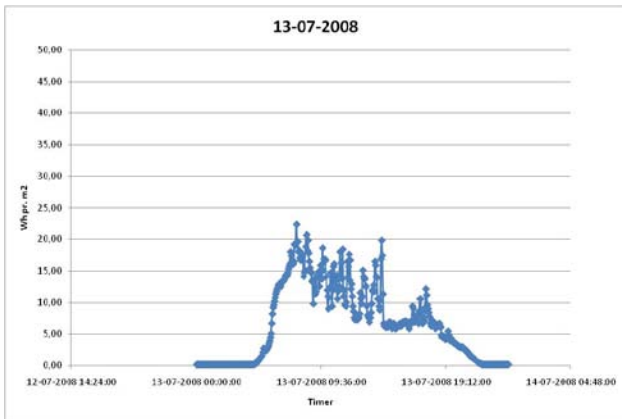
S2



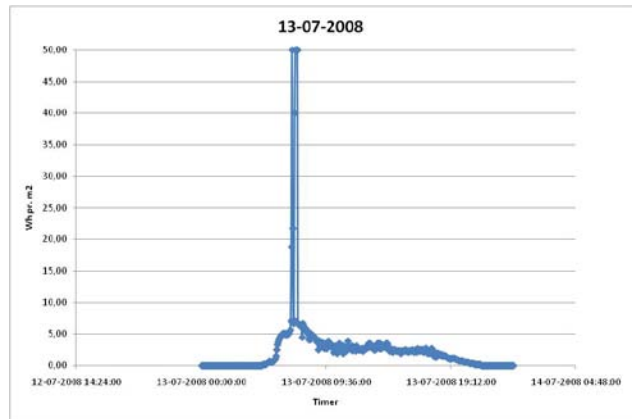
S1



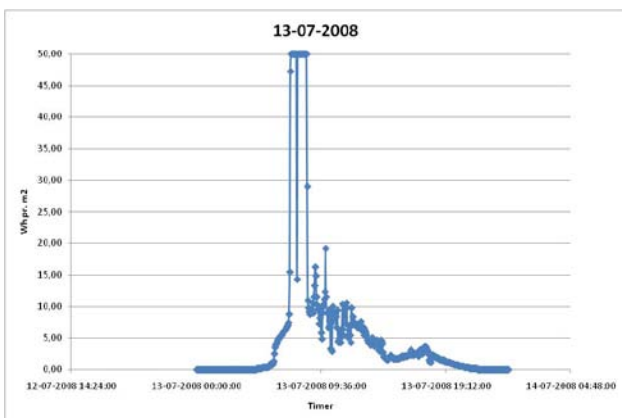
S3



S4



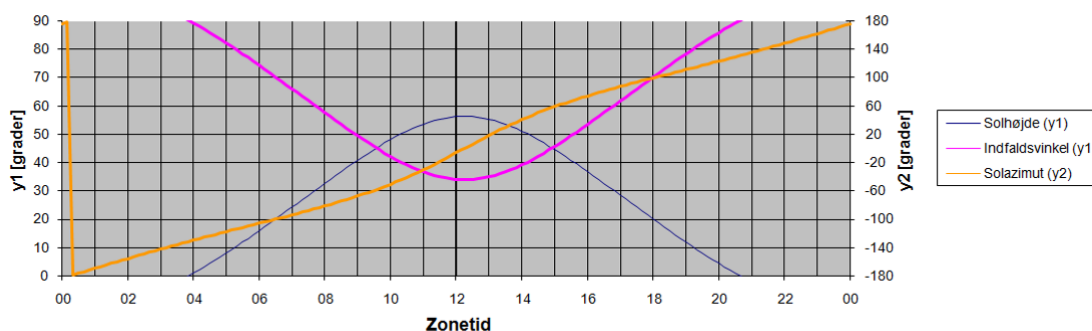
S5



For søndag d. 13. juli var solopgang: 04:45 og solnedgang: 21:46. Præcis 4:42 registrerer logger S1 en stigning i lysniveauet mens logger S2 allerede vågner 4:33. Logger S3 stiger allerede lidt 4:30, mens logger S4 vågner 4:42. De to sæt loggere henholdsvis mod nordvest og nordøst registrerer altså identisk stigning i lysniveau som funktion af afstanden ind i rummet. S5, der er placeret 1,70 meter inde i rummet mod sydøst starter da også tidsmæssigt midt mellem de 1m og 3m niveauet, nemlig kl. 4:39. I tabelform ser det således ud for d. 13. juli:

	S1	S2	S3	S4	S5
	NV	NV	NØ	NØ	SØ
Afstand til vindue	3 m	1 m	1,1 m	3 m	1,7 m
Morgen start	4:42	4:33	4:30	4:42	4:39
Aften slut	21:51	22:03	21:54	21:30	21:36

Man kan se at tiderne, hvor der ikke længere registreres passer meget fint med solens bane rundt om bygningen i løbet af dagen. Det kan ses af nedenstående figur optegnet for netop d. 13. juli på længde og breddegrader svarende til København, at solen kommer om i NV (solazimut >100°)



Kilde: PVProjekteringsvejledning (downloaded 26. august 2008)
<http://www.solenergi.dk/download/PVprojekteringsvejledning%20v20061208.zip>

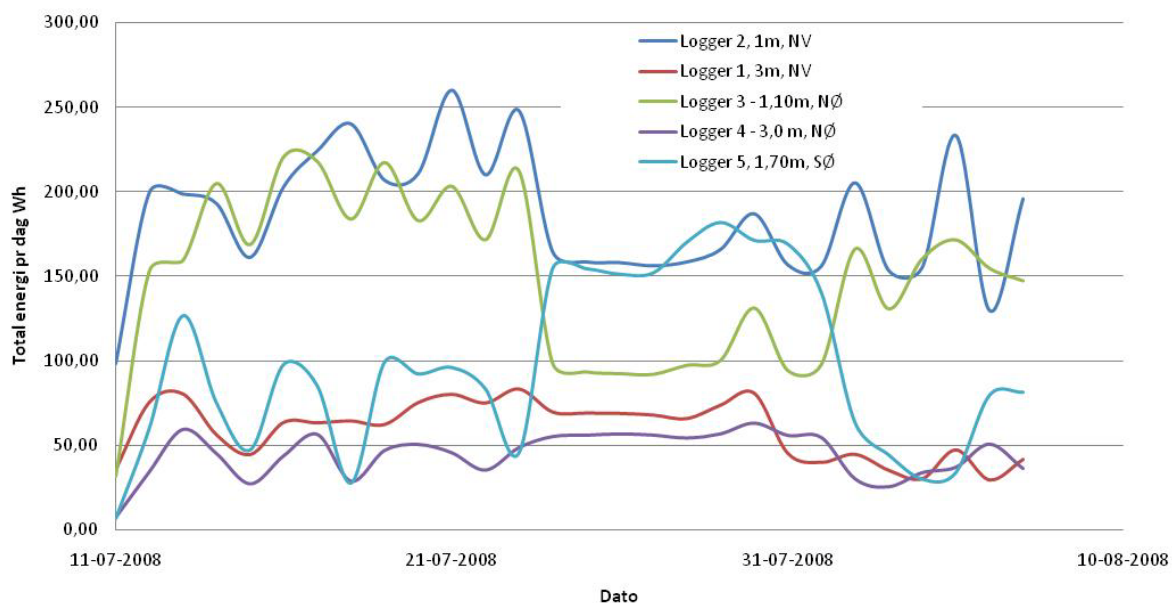
Logger S1 og S2 går da også i mætning da de her rammes af direkte sollys omkring kl. 18.00. For loggerne placeret mod NØ burde dette fænomen indtræde omkring kl. 6:30. Logger S4 ses da også fint at mætte ved 7:00 tiden. Solen ses at stå i sydøst omkring 10:00 tiden med S5 mætter allerede ved 7 tiden. Det tyder umiddelbart på noget refleksion fra bygningen overfor (fx vindue) eller lign, der tilfældigvis rammer ind på loggeren. Logger S5 ses da også at mætte igen omkring 10 tiden (dog ikke d. 13. juli) og det ser generelt ud til, at denne logger har en refleksionsmætning samtidig med S3 og S4 og så en fra direkte sollys ved 10 tiden, når dette ellers er present. Alt i alt er der god overensstemmelse mellem solens bane og de loggede

data i bygningen. Datalogger S6 er blevet flået i under tyveri af måleopstilling i SV opstillingen, så disse data er ikke anvendelige.

Integreret giver den totale energimængde, der falder på de enkelte spots, følgende:

	Logger S2	Logger S1	Logger S3	Logger S4	Logger S5
	NV	NV	NØ	NØ	SØ
	1m fra vindue	3 m fra vindue	1,10 m fra vind	3 m fra vind	1,70 m fra vind
Dato	Total energi Wh/m2	Total energi Wh/m2	Total energi Wh/m2	Total energi Wh/m2	Total energi Wh/m2
12-07-2008	199,40	75,09	153,08	34,15	60,17
13-07-2008	198,52	79,99	159,47	59,30	126,87
14-07-2008	192,85	55,91	205,20	44,87	75,06
15-07-2008	161,04	44,33	168,86	26,95	47,29
16-07-2008	202,97	63,29	221,02	43,66	98,01
17-07-2008	224,19	62,99	218,17	56,30	85,12
18-07-2008	240,08	64,09	183,99	28,57	27,69
19-07-2008	206,74	62,03	217,62	46,77	99,32
20-07-2008	210,60	74,90	183,11	50,33	92,32
21-07-2008	260,11	79,76	203,51	45,43	96,17
22-07-2008	209,97	74,67	171,73	35,12	83,47
23-07-2008	247,92	82,92	212,54	48,52	45,54
24-07-2008	164,35	69,38	98,46	55,05	154,77
25-07-2008	158,28	68,75	93,31	55,81	154,72
26-07-2008	157,84	68,52	92,28	56,63	151,47
27-07-2008	156,01	67,58	91,90	55,89	152,27
28-07-2008	158,33	65,53	97,28	54,22	170,54
29-07-2008	165,71	73,40	100,18	56,68	182,11
30-07-2008	186,83	80,38	131,22	63,05	171,50
31-07-2008	156,57	44,98	94,09	55,73	169,26
01-08-2008	155,91	39,74	97,72	54,47	140,37
02-08-2008	205,20	44,46	166,21	29,88	63,40
03-08-2008	153,23	35,06	130,73	25,18	44,32
04-08-2008	155,09	30,08	160,48	33,62	29,90
05-08-2008	233,24	47,06	171,65	36,83	33,85
06-08-2008	129,54	29,38	154,80	50,58	79,68
07-08-2008	195,72	41,44	147,39	36,03	81,46

Grafisk kan ovenstående afbildes således:



I gennemsnit fås følgende værdier for perioden:

	Logger S2	Logger S1	Logger S3	Logger S4	Logger S5
	NV	NV	NØ	NØ	SØ
Gennemsnit Wh/m ²	185,15	59,33	148,47	44,52	97,26
Energi 0-25 W/m ²	60%	87%	97%	78%	62%

Der er god overensstemmelse mellem afstanden ind i rummene og værdierne. Energiandelen fordelt på 0-25 W/m² er ligeledes angivet. Resten forventes at komme fra direkte sollys. Da dette er relativt kort tid, kan værdierne groft set justeres med denne faktor, hvilket giver følgende:

Juli/august pr dag	Logger S2	Logger S1	Logger S3	Logger S4	Logger S5
	NV	NV	NØ	NØ	SØ
Energi 0-25 W/m ²	111,0 Wh/m ²	51,6 Wh/m ²	144,0 Wh/m ²	34,7 Wh/m ²	60,3 Wh/m ²

Daglængden omkring det målte interval er ca. 16 timer. I vinter perioden vil daglængden i worst case situation være omkring 7 timer. Andelen af diffus solenergi der rammer et vandret plan udendørs i

perioden er ca. en faktor 5 mindre i december (kilde: udregning via PVSyst 4.21). Hvis dette overføres til de indendørs målinger fås følgende:

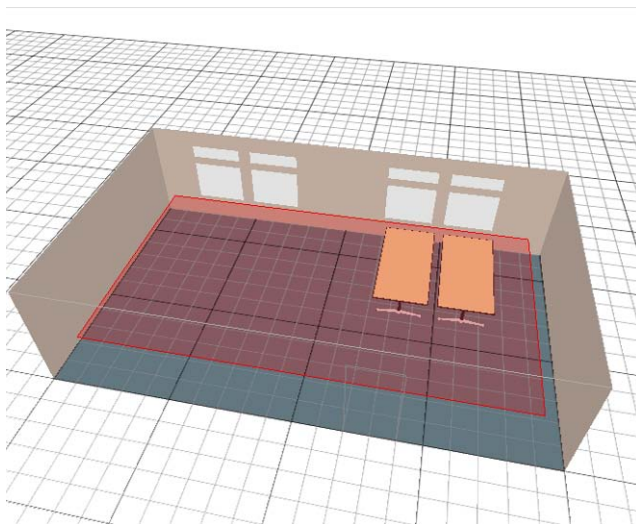
December	Logger S2	Logger S1	Logger S3	Logger S4	Logger S5
	NV	NV	NØ	NØ	SØ
Energi pr. dag	22,2 Wh/m ²	10,32 Wh/m ²	28,8 Wh/m ²	6,94 Wh/m ²	12,1 Wh/m ²

Da vi ikke kender lysfordelingen, men kun at energien er placeret i pc-siliciums responsområde, svarende til de frembragte pyranometres måleområder, kan vi ikke sige noget om, at en solcelleteknologi er bedre end en anden. Men ved opsamling af 5% af den totale energimængde fås ved et solcelleareal på fx 20x20 cm at der kan opsamles under worstcase betingelser = december:

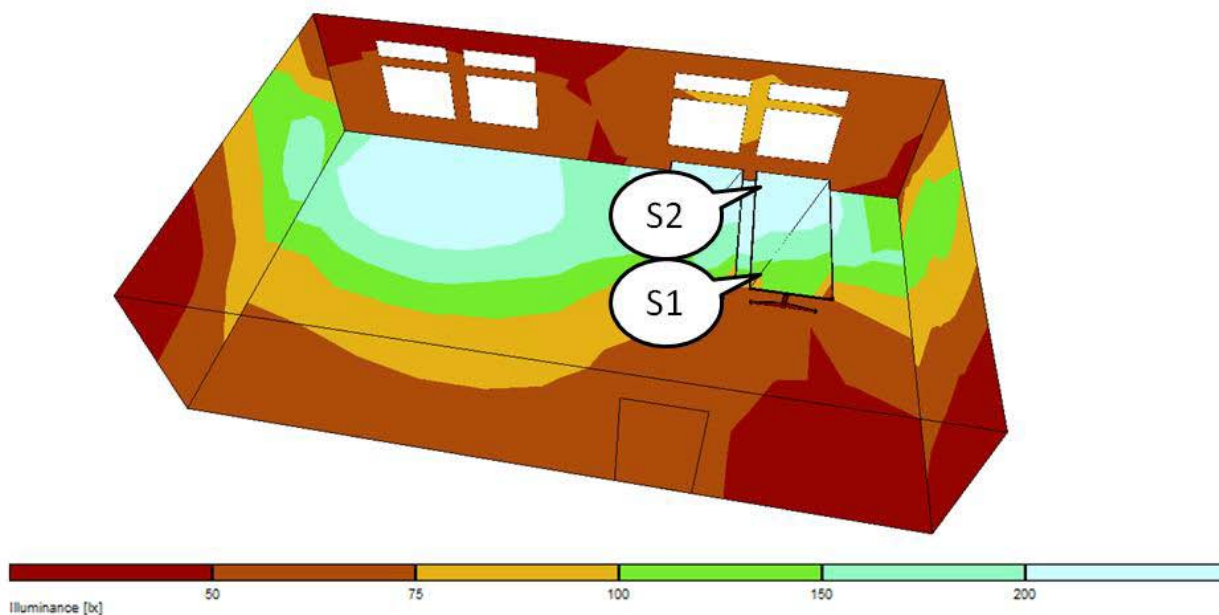
December	Logger S2	Logger S1	Logger S3	Logger S4	Logger S5
	NV	NV	NØ	NØ	SØ
Energi fra solceller mWh	44,40	20,64	57,60	13,88	24,20

Hertil er ikke regnet evt. kunstig belysning, der selvfølgelig også vil kunne opsamles via solcellen.

En simpel modellering i Rellux2007 er vist nedenfor af rummet mod NV:



Modelleringen foretages med udgangspunkt i København d. 13. Juli kl. 9.00:



Logger 1 ses at ligge omkring på 100 lux området og S2 omkring 200 lux. Der forventes altså at være en faktor 2 til forskel på det givne tidspunkt. Målingerne viser:

	S2	S1
13-07-2008 09:00:45	3,92 W/m ²	1,96 W/m ²

At forholdet er præcist 1:2 er nok en tilfældighed, men det antyder i hvert fald via stikprøvekontrol, at der kan forventes en vis overensstemmelse mellem illuminansmålinger og irradiansmålinger her kun forholdet taget i betragtning. Kl. 12.00 er forholdet også præcist 1:2, hvilket modellering af dette tidspunkts også foreskriver. Modelleres målingsperioden såvel som lysdata for 21. December i Rellux2007 er der god overensstemmelse med den faktor 5 mindre lysenergi, som dataene i tabel 10 er baseret på, hvis vi forholdsmæssigt lader illuminans være et udtryk for irradians.

Udvikling af LED Solen

Solcellerne klassificeres i dag af producenterne under standardvilkår (1000W/m², AM1.5, 25°C), som ikke er forenelige med anvendelsen jo mere denne flyttes væk fra en brugssituation i direkte sollys. Og flyttes solcellen decideret indendørs, så ændres lysforholdene ekstremt i en yderligere dimension, da op til 100% af belysningen solcellen møder i sin brugssituation vil være af kunstig karakter. For at kunne forudsige

ydelse, dimensionere og udvælge solcelleteknologi for sin applikation er det derfor nødvendigt elektrisk at kunne karakterisere solceller under disse lysbetingelser.

Til karakterisering af solceller til brug under svagere lysbetingelser er en speciel og fleksibel målefacilitet nødvendig. Denne findes ikke på markedet i dag og målinger af solcellers ydeevne under disse lysbetingelser vil derfor ofte foretages via traditionelle kunstige solopstillinger ved indsættelse af diverse lysfiltre for at opnå de ønskede specielle lysbetingelser til at karakterisere solcellerne under. En langt mere fleksibel løsning vil være at tilvejebringe en karakteriseringsenhed baseret på et antal LED lyskilder fordelt jævnt henover det spektralt aktive område for de fleste solceller 400-1100 nm. Altså en fleksibel LED sol. Denne ville kunne bringes til "ligne" alle mulige spektrale fordelinger i forskellige intensiteter og ultimativt have en temperaturstyret base for solcellens placering, så karakteriseringsmatricen kan udvides med solcellens temperatur - sidstnævnte har dog ikke været en del af nærværende projekt.

Oprindeligt var det meningen, at LED solen skulle være af "flash"-typen, som er karakteriseret ved at udsende lys i meget korte intervaller, hvormed solceller ikke opvarmes af en ellers meget høj lysintensitet og karakterisering kan foregå ved stuetemperatur, som foreskrevet i standarden. Dette er specielt velegnet til uorganiske solceller såsom siliciumtypen, hvor den elektriske ladningsseparation sker monomentant. Dette er ikke ideelt for alle solcelletyper (især de nyere organisk baserede), hvor nogle af de kemiske systemers tidskonstanter er i sekundregionen - så karakteriseringsenheden skal mindst være i stand til at opretholde en ensartet belysning i løbet af dette interval. Da faciliteten i praksis skal karakterisere solceller til brug i reflekteret sollys samt kunstige lyskilder er den maksimale intensitet af systemet sat til 200W/m² dog alligevel følgende standard IEC904, som er standard for karakterisering af solceller.

Specifikationer af LED solen

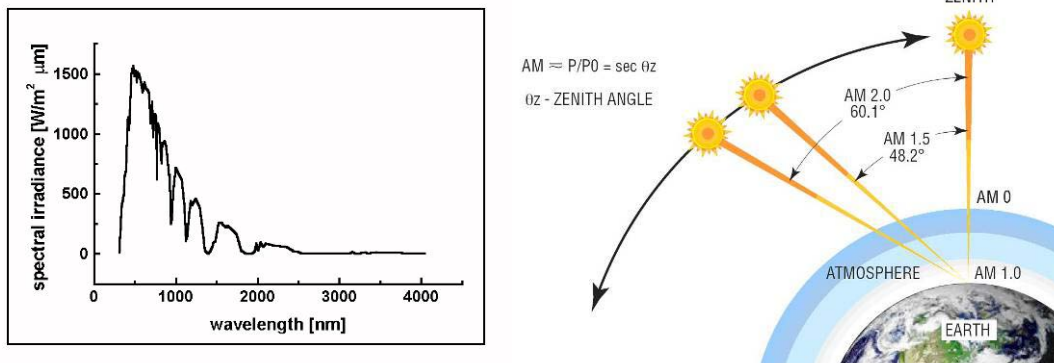
IEC904 standarden for karakterisering af solceller har de følgende spektrale krav til lyskilden solcellen skal testes under:

Wavelength (λ) interval, μm	Percentage of total irradiance between 0,4 and 1,1 μm
0,4 to 0,5	18,5
0,5 to 0,6	20,1
0,6 to 0,7	18,3
0,7 to 0,8	14,8
0,8 to 0,9	12,2
0,9 to 1,1	16,1

IEC904 standardkrav til lysfordelingen

Kilde: IEC904 standarden

LED lyskilden målefaciliteten i dette projekt baserer sig på er langt mere robuste lyskilder end fx Xenonlyskilde, som normalt anvendes til karakterisering af solceller og paneler. AM 1.5 tilstand og distribution er vist figuren nedenfor

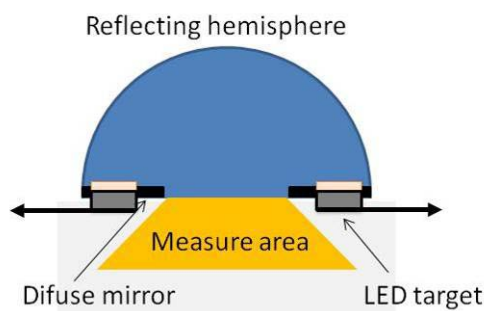


AM 1.5 spektrale fordeling af lys

Kilde: http://images.pennnet.com/pnet/surveys/lfw/newport_jeong_fig_1.jpg (29-03-2010)

Air Mass (AM) værdien beskriver spektrum af sollys ved en bestemt breddegrad på et specifikt tidspunkt. Det er defineret som afstanden gennem atmosfæren, som lyset fra solen rejser for at nå frem til solcellen. Ved ækvator står solen direkte lodret over jordoverfladen på det to jævndøgn, hvor lyset vil være beskrevet ved AM1. Således i rummet, uden atmosfære, kaldes det AM0.

Flere LED opsætninger og lampedesigns er blevet behandlet og nogle blev realiseret i forskellige aspekter. Systemets princip blev til sidst valgt til nedenstående skalerbare koncept.



Optisk principskitse for LED solen

For at sikre, at de målte solceller modtager perfekt blandet og ensartet lys, anvendes kun reflekteret lys fra LED-enhederne. Lyset fra LED-enhederne sendes ind i en stor sfærisk geometri malet med et > 98% (400nm-1000nm) diffust reflekterende malingsystem på undersiden.

For elektrisk at kunne karakterisere solceller og paneler er en måleopsætning med et Kiethley 2400 sourcemeter udviklet. Hele systemet kontrolleres af en pc via et Labview program. De parametre, som systemet skal være i stand til at måle, er:

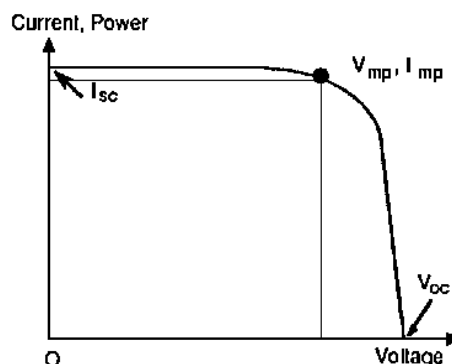
- Solcellens effektivitet i % (η)
- Maksimal power point (Pmax)
- Fill Faktoren (FF)
- Seriemodstanden (R_s)
- Parallelmotstanden (R_p)
- Solcellens spektrale respons

Elektrisk karakterisering af solceller

Den energimæssige omdannelseseffektivitet (η) af en solcelle er den procentdel af fotonenergi konverteret fra absorberet lys til elektrisk energi når en solcelle er tilsluttet et elektrisk kredsløb. Dette beregnes ved hjælp af forholdet mellem udgangseffekten i det maksimale arbejds punkt (P_{max}), P_{out} og den indstrålende lysenergi på solcellens overflade, P_{in} .

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}}$$

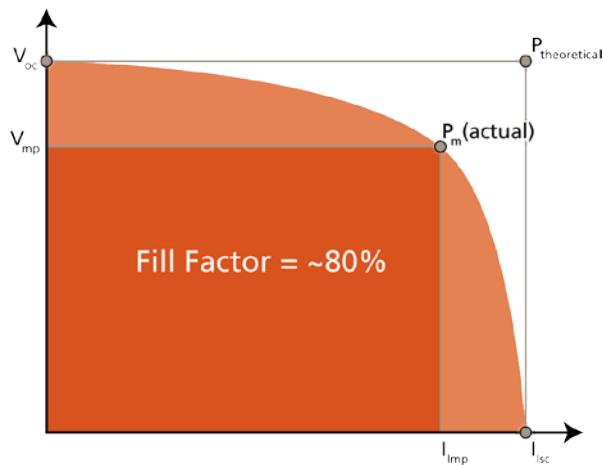
Det maksimale arbejds punkt kan findes ved at lave et voltage sweep fra 0V til V_{oc} (åbenkredspændingen for cellen/panelet). Her vil V_{mp} kunne findes ved den værdi, der giver det største multiplum af sammenhørende værdier mellem strøm og spænding. Den sammenhørende strømværdi vil være strømmen I_{mp} i det maksimale arbejds punkt for solcellen og produktet af de to værdier giver effektværdien P_{max} eller P_{out} for dette. De sammenhørende værdier af strøm og spænding opnået ved et voltage sweep kaldes en IV kurve, se nedenfor:



IV-kurve for en solcelle

Effektiviteten beregnes herved som forholdet mellem P_{\max} og lysindstrålingen i W/m^2 divideret med solcellens areal i m^2 .

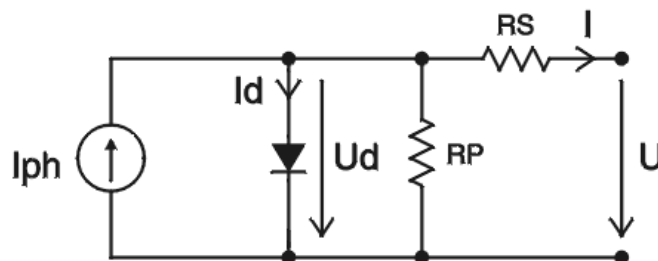
Kortslutningsstrøm (I_{sc}) og åbenkredsspændingen (V_{oc}) er henholdsvis de maksimale strøm og spændingsværdier i IV-kurven - hvor den anden respektive komponent er 0. Derved bliver også effekten i punktet nul. Solcellens fill faktor (FF) er en parameter der, sammen med V_{oc} og I_{sc} bestemmer den maksimale ydelse af solcellen. Fill faktoren defineres som forholdet mellem det maksimale arbejds punkt for solcellen og det maksimale multiplum af V_{oc} og I_{sc} . Fill faktoren siger altså noget om hvor firkantet/ideel den elektriske karakteristik er - se figuren nedenfor.



Fill faktoren grafisk illustreret

Kilde: http://www.advanced-energy.com/en/PV_Sun_Times.html (18-01-2010)

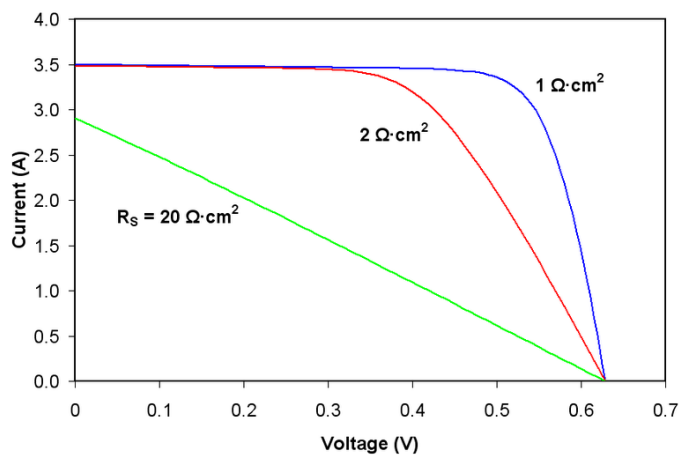
Elektrisk set kan solcellens kredsløb illustreres i sin mest simple form via en "en-diode" model, hvor en diode og en strømkilde er forbundet parallelt.



En "en-diode" model af en solcelle

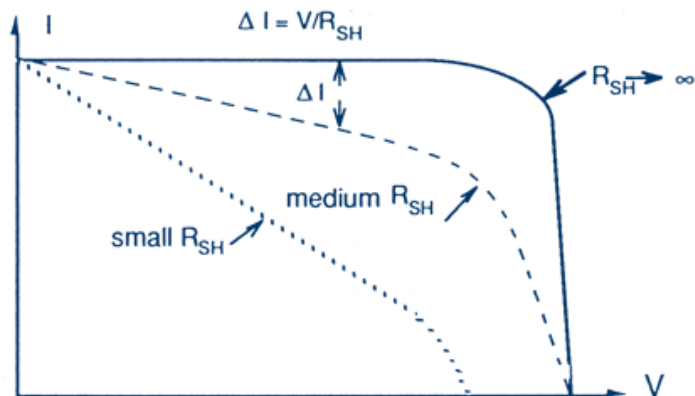
Kilde: <http://www.pvresources.com/en/solarcells.php> (18-01-2010)

Ved matematisk at fitte de sammenhørende værdier af I og V til et ligningssystem beskrivende den elektriske diodemodel, kan seriemodstand og parallelmodstand af systemet findes (samt en række andre interessante parametre, der fortæller noget om dens egenskaber). Indflydelsen på fx seriemodstanden på solcellens karakteristik kan ses nedenfor



Seriemodstandens indflydelse på solcellens performance
 Kilde: <http://www.solarpower2day.net/solar-cells/efficiency/> (18-01-2010)

Parallelmodstanden har følgende indflydelse på karakteristikken.

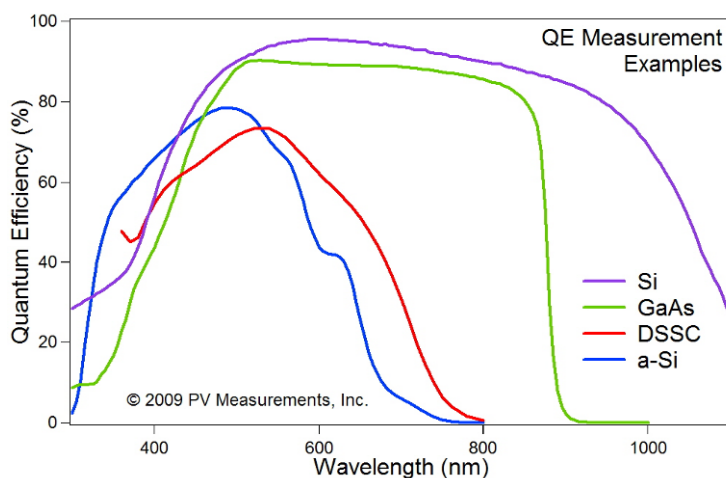


Parallelmodstandens indvirkning på IV karakteristikken for en solcelle
 Kilde: http://www.pv.unsw.edu.au/images/online-course/pdanda_syll_03.png (18-01-2010)

Det er tydeligt af ovenstående figurer, at det er ønskeligt med en så høj parallelmodstand og så lav seriemodstand som muligt af sit solcellesystem. Parallelmodstanden er især vigtig når solcellen udsættes for en svagere belysning. De rekombinationscentre, der er celledsystemet vil nemlig blive mere

fremherskende, når der eksiteres færre elektroner, og parallelmodstanden fortæller noget om cellens indhold af rekombinationscentre. Når solcellen belyses kraftigt som fx ved direkte sollys vil den andel af elektron/hul-par, der rekombinerer og dermed går til spilde være relativt lille og "forsvinde" i mængden. Dette er bestemt ikke tilfældet, når belysningen er svag. Her kan to identisk ydende solceller ved fuldt sollys opføre sig helt forskelligt.

Den spektrale respons (QE) er antallet af ladningsbærere genereret i solcellen divideret med antallet af fotoner ved en given bølgelængdeenergi belysende denne. Dette er især forskelligt fra forskellige solcelletyper, hvilket kan ses på nedenstående figur.



Kvanteeffektiviteten af en række forskellige solceller
Kilde: <http://www.pvmeas.com/qesystem.html> (28-01-2010)

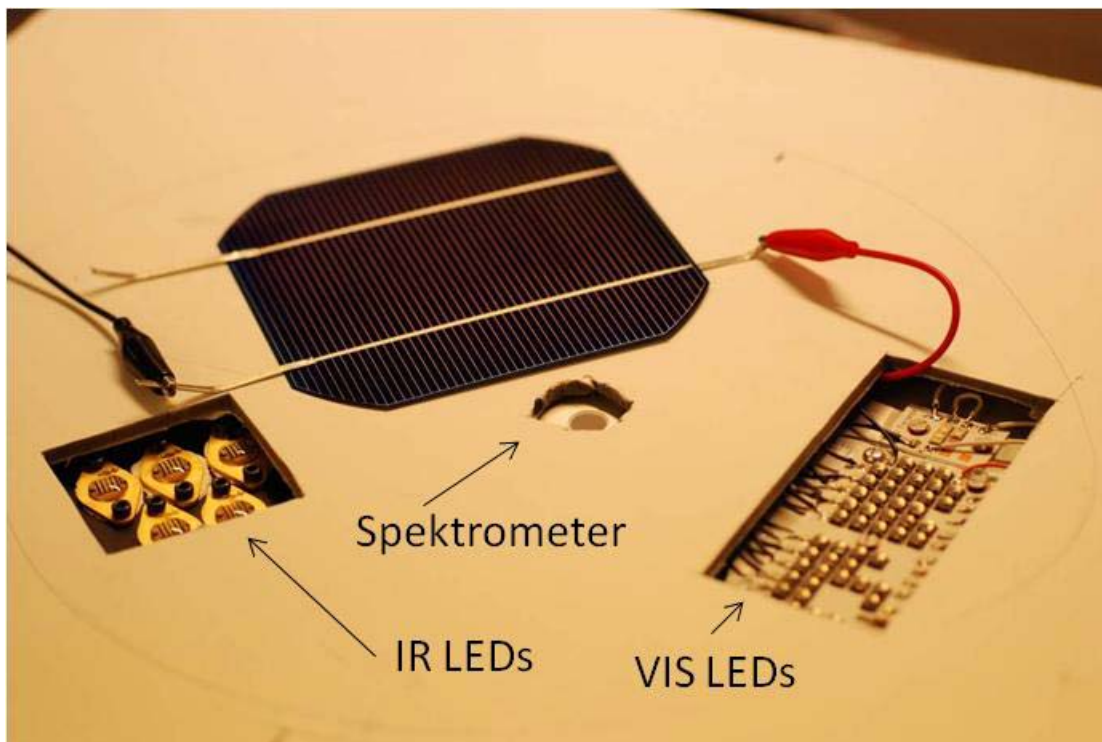
LEDer udsender lys i en meget smal spektralfordeling typisk i en bredde mellem 10 og 50 nm. Bruges LEDer som lyskilde kan solcellernes spektrale respons dog relativt groft udmåles i forskellige lysintensiteter. Da belsningen indendørs udgøres af fx glødepærer, lysstofrør og halogenlyskilder samt diverse andre kunstlyskilder ofte i samspil med en eller anden form for naturlig belsning gennem et vindue - så er det af yderste vigtighed at kende det spektrale respons af sin solcelle, da kunstlyskilderne lysmæssigt er helt anderledes fordelt end sollys.

LED modulerne til LED solen

Følgende LED system blev udvalgt.

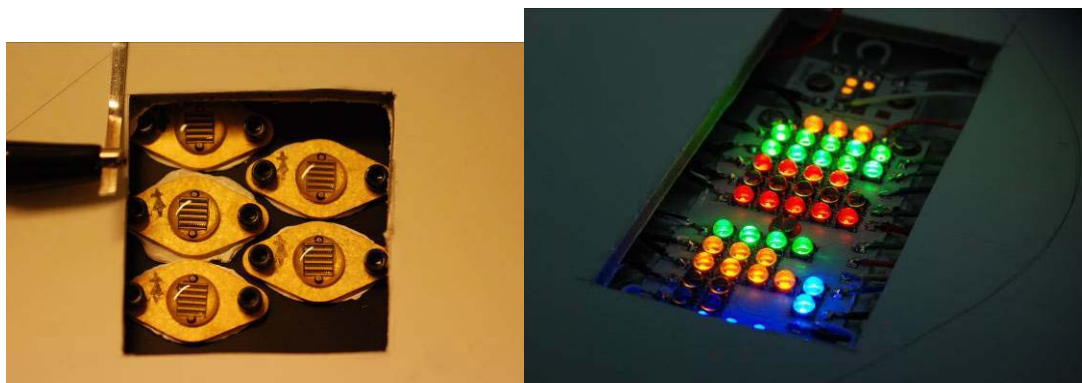
No	Color	Peak Wave length	Width		Poptical [mW]	Wish [mW]		No of LEDs	Realized [mW]	[mW/nm]
1	UV 1	395	10	LEDengin	550	1000	1,8	2	1100	110,0
2	UV2	405	10	LEDengin	550	1900	3,5	2	1100	110,0
3	Blue	455	20	LEDengin	591,5	2300	3,9	3	1774,5	88,7
4	Dental blue	480	20	LEDengin	800	2300	2,9	2	1600	80,0
5	Green	520	40	LEDengin	200	2000	10,0	14	2800	70,0
6	Amber	590	20	LEDengin	210		5,0	10	2100	105,0
	PC amber	590	80	Rebel	312		5,0	5	1560	19,5
9	red	630	20	LEDengin	405	1700	4,2	5	2025	101,3
10	Deep red	660	20	LEDengin	450	1400	3,1	4	1800	90,0
11	Far red	735	30	LEDengin	280	1200	4,3	5	1400	46,7
12	IR 780	780	40	Roithner	1000	1000	1,0	1	1000	25,0
13	IR 810	810	30	Roithner	1000	1000	1,0	1	1000	33,3
14	IR 870	870	40	Roithner	1600	1000	1,0	1	1600	40,0
15	IR 940	940	40	Roithner	1200	1000	1,0	1	1200	30,0
16	IR 970	970	55	Roithner	480	500	1,0	1	480	8,7

LEDerne blev inddelt i to print, hvor det ene indeholdt de ultraviolette og visuelle dioder, mens det andet indeholdt de infrarøde dioder. Dette var ud fra et monteringsmæssigt hensyn. LED lyskildernes placering kan ses nedenfor.



LED opsætningen i LED solen

Set tæt på og med svag belysning i de visuelle dioder, ser det således ud



LED opsætningen tæt på

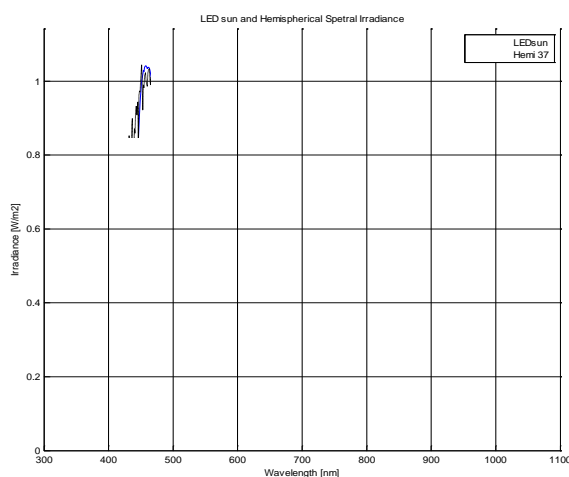
LED opsætningen er lavet modulært og så kompakt som muligt således at systemet er skalerbart. Hvis et større måleareal er nødvendigt (eller der ønskes højere intensitet) produceres blot flere identiske LED moduler, der så sættes sammen. I det hele taget er dem modulære tankegang holdt i hele arbejde med LED

solen. I den udviklede styringselektronik kan flere moduler blot sættes sammen, hvis dette måtte blive ønskeligt og softwaren er forberedt til at kunne styre dette. Den reflekterende optik, der anvendes til at blande LED lyset således at dette fordeles homogent blandet og med jævn intensitet henover solcellerne anvendes en diffus reflekterende belægning på indersiden af en aluminiums halvsfære.



Den diffuse reflekterende blandeoptik

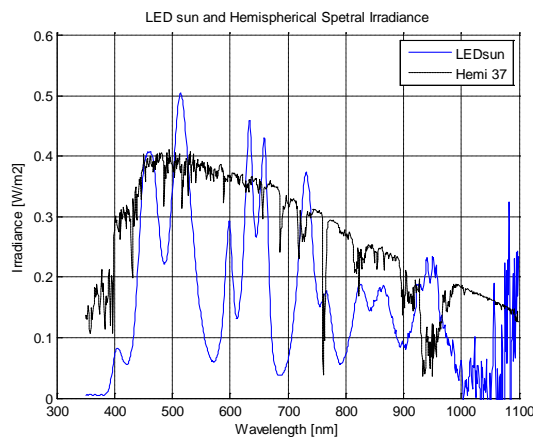
Belægningen er baseret på et BaSO_4 malingsystem der spreder lyset lambertiansk i en grad på $>98\%$ i intervallet 400 nm - 1100 nm. For at imødekomme IEC904-9 standardens krav til spektralfordelingen blev LED systemet karakteriseret og via matematisk modelleringen blev det fundet at dette kan imødekommes ved belysningsintensiteter på op til 120 W/m^2 . Men et rimelig fit op til 270 W/m^2 er opnåeligt hvor blot 900-1100 nm falder en del udenfor. De to belysningsniveauer i forhold til standarden er vist nedenfor.



Wavelength (λ) interval, μm	Percentage of total irradiance between 0,4 and 1,1 μm
0,4 to 0,5	18,5
0,5 to 0,6	20,1
0,6 to 0,7	18,3
0,7 to 0,8	14,8
0,8 to 0,9	12,2
0,9 to 1,1	16,1

Wavelength Interval and Total Percentage
 400 - 500 nm : 59.5045 [W/m2] 21.9879 %
 500 - 600 nm : 52.6016 [W/m2] 19.4372 %
 600 - 700 nm : 48.0721 [W/m2] 17.7635 %
 700 - 800 nm : 44.8523 [W/m2] 16.5737 %
 800 - 900 nm : 42.5262 [W/m2] 15.7142 %
 900 - 1100 nm : 20.9089 [W/m2] 7.7262 %

LED sol Irradiansniveau 270 W/m2 fittet med IEC904-9.



Irradiance: 120.44 [W/m2]

Wavelength Interval and Total Percentage
 400 - 500 nm : 22.322 [W/m2] 18.5337 %
 500 - 600 nm : 23.9654 [W/m2] 19.8982 %
 600 - 700 nm : 21.9482 [W/m2] 18.2234 %
 700 - 800 nm : 17.7066 [W/m2] 14.7016 %
 800 - 900 nm : 14.4862 [W/m2] 12.0277 %
 900 - 1100 nm: 19.424 [W/m2] 16.1275 %

LED sol Irradiansniveau 120 W/m2 fittet med IEC904-9.

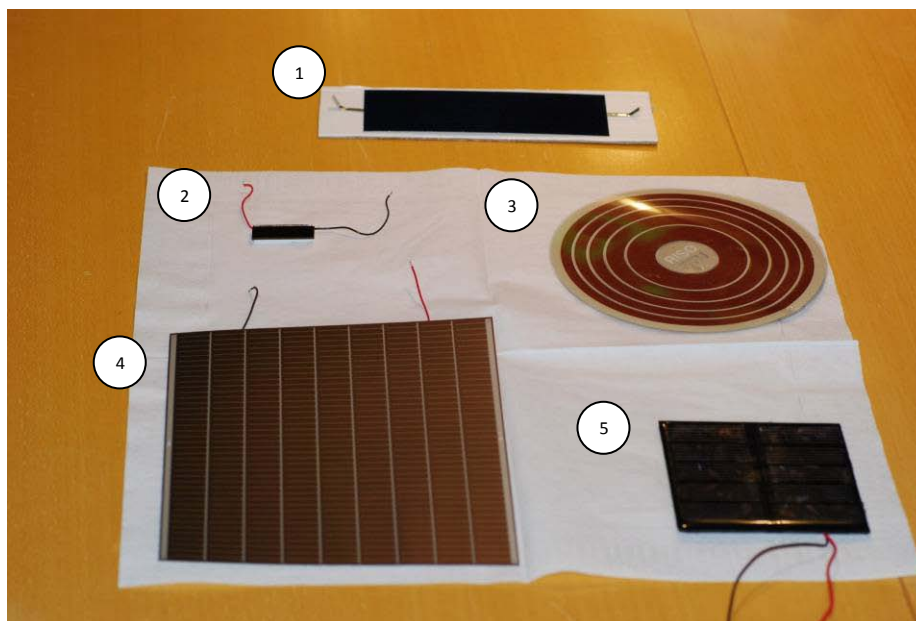
IEC standarden foreskriver et belysningsniveau på 1000 W/m² men det blev i projektet besluttet LED solen skulle kunne følge selve de spektrale krav - da det giver mulighed for at benchmarke LED solen op mod standard kunstige sole og er et bredt og fornuftigt bølgelængde interval, der kan tunes til at ligne de fleste andre lyskildefordelinger, man kunne ønske sig at teste solcellerne under. Endvidere kan systemet opskaleres til at imødekomme de 1000 W/m² blot ved at anvende omkring 8 af de valgte LED systemer i stedet for et. Så LED systemet er opfylder ønsket om mest muligt fleksibilitet på denne måde.

Det skal nævnes at LED systemet ikke er PWM styret, da solcellen vil opfatte pulserne og det vil give en helt forkert måling af denne karakteristika med alt under end værdi på 100. LED systemet er i stedet lineært strømstyret. Problemet ved at strømstyre LED'erne er, at de kan flytte sig lidt spektralt på de forskellig strøm niveauer. Da LED systemet er gennemkarakteriseret ved alle strømniveauer er det muligt matematisk at tage hensyn til dette, hvilket LED solen benytter sig af.

Solcellemålinger

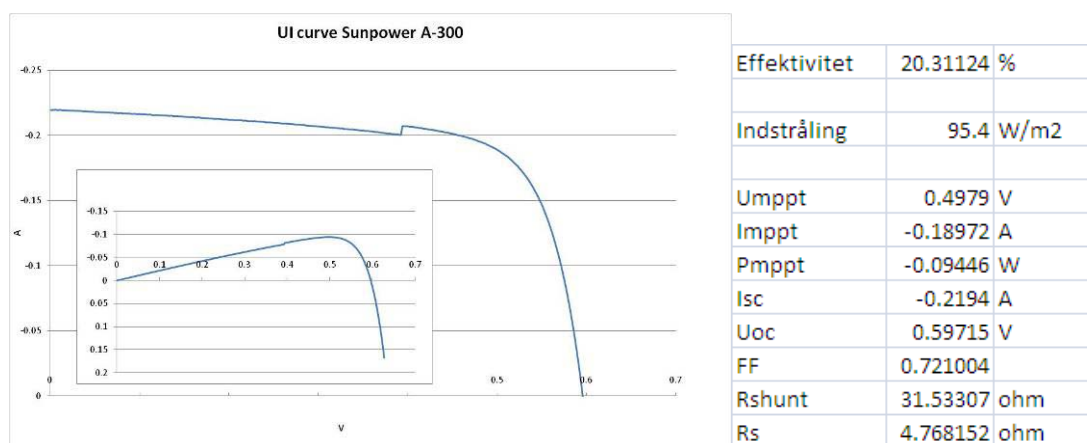
IV karakteristikker

For at kunne karakterisere solcellerne elektrisk anvendtes som tidligere nævnt et Kiethley 2400 sourcemeter i en 4 punkts måleopsætning. Målesudstyret styres af Labview via samme interface som styrer LED solen. Adskillige solceller af forskellig teknologi og fabrikat blev testes og neden for er vist nogle få eksempler.



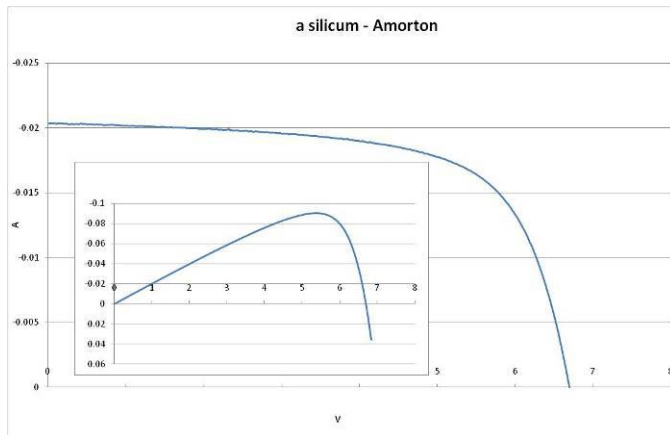
Et udvalg af de testede solceller

Solcellerne er 1) mc-Si Sunpower A-300 thirds cut, 2) amorphous silicon fra en lommeregner, 3) Polymer solcelle fra Dansk Polymer Center på RISØ, 4) amorf silicium solcelle, Amorton fra Sanyo og 5) et polykrySTALLINGSK siliciumpanel fra en billig solcellelampe. Karakteristikken af 1) ved AM1.5 95,4 W/m² irradians kan ses nedefor



Elektrisk karakteristisk af Sunpower A-300 mc-Si solcelle

Fra databladsværdier kan ses at solcellen skal have en effektivitet på omkring 20,9% ved 1000 W/m² under standardtest betingelserne og en ydeevne på 20,3% er ved under 100 W/m² er rigtig pænt for denne celletype. Data for en Amorton amorf silicium solcelle kan ses nedenfor.



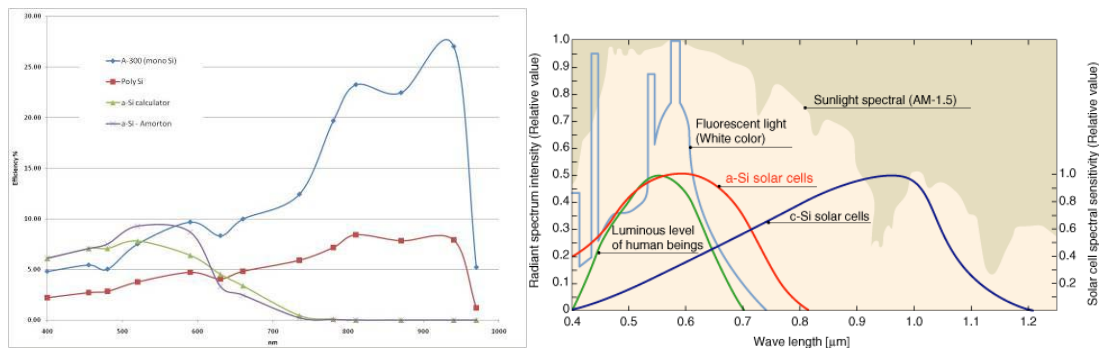
Effektivitet	4.138653	%
Indstråling	95.4	W/m ²
Umppt	5.3735	V
Imppt	-0.01687	A
Pmppt	-0.09063	W
Isc	-0.02034	A
Uoc	6.6955	V
FF	0.665645	
Rshunt	6877.504	ohm
Rs	0.028865	ohm

Elektrisk karakteristisk for en amorf silicium solcelle fra Sanyo

Data for denne er helt i overensstemmelse med databladet, der for lige præcis denne helt specielle solcelletype giver en værdi for 100W/m²

Responskurver

Ved at belyse solcellerne med de enkelte farver fra LED'erne kan opnås responskurver for cellerne. For 4 af solcellerne på billedet ovenfor er dette gjort med et irradiansniveau på 10 W/m² givende følgende kurver:



Målte spektrale responskurver for forskellige solcelletyper sammenlignet med litterære værdier. Kilde: <http://www.semiconductor-sanyo.com/images/amorton/feature/wavelength.gif> (9-9-2008)

De målte kurver til venstre viser fin overensstemmelse med de litterære værdier på figuren til højre. Man skal noteres sig, at det er de relative værdier, der er brugt til højre. I de målte spektre er taget fulde IV karakteristikker for alle lysmålingerne og effektiviteten i det maksimale arbejds punkt er fundet, hvilket er den benyttede værdi på y-aksen. Da arbejds punktet viser sig at have forskellig placering ved de forskellige lysbølgelængder havde en mere optimal værdi at anvende nok været kortslutningsstrømmen - hvilket i litteraturen gøres for at opnå responskurven i form af en IPCE måling (Incident Photon to Charge Carrier

Efficiency). Måleopstillingen kan dog også give denne kurve om ønsket ved at sætte parametrene anderledes.

Målinger af solceller i low-light conditions.

På baggrund af fastsættelsen af et krav på 2% dagslysfaktor på en kontorarbejdsplads, er der blevet lavet en række karakteriseringer af solceller på Statens Byggeforskningsinstitut. Lokaliteten er valgt, da testrummet bruges som reference af SBI, der i høj grad arbejder med dagslys og indeklimakomfort. En korrelation mellem dagslysfaktoren, der afhænger af placering i rummet samt omgivelserne, samt solcellens elektriske ydelse bruges til at dimensionere solcellearealerne til dækning af hæve-sænkebordets standby-forbrug.

Der er undersøgt 3 forskellige solcelleteknologier under både dagslys- og kunstlyspåvirkning, og resultatet har været meget vigtigt for at dimensionere solcellerne korrekt til de 3 prototyper af hæve/sænkebordet. Målingerne blev foretaget på en overskyet dag, så resultaterne angiver worst case – i mange tilfælde vil solcellerne yde højere end målt på den specifikke dag. I og med at målingerne er foretaget under disse forhold anses resultaterne at være repræsentative til dimensionering i kontormiljøer uafhængig af årstid, men med opfyldelse af Bygningsreglementets krav på en 2%'s dagslysfaktor.

Resultaterne, der angives i Bilag I, illustrerer at solcellens placering i rummet, teknologien og lyskvaliteten influerer på den elektriske ydelse, der alle er faktorer der skal overvejes ved integration.

Som forventet i vores ansøgningsmateriale, viste det sig, at RISØ's polymersolceller kan danne baggrund for en spændende og anderledes designløsning med danskproduceret solcelleteknologi.

Hæve-sænkebord med solceller

Refleksioner fra udviklingsprocessen

Første del af projektet omfattede primært en række dagslysmålinger, solcelleopkøb og –målinger. Derfor gik forprojektet primært med forberedelserne, før vi kunne komme i gang med den egentlige produktudvikling. Det var lidt frustrerende for projektdeltagerne. Men da der blev givet grønt lys til at gå videre med hovedprojektet i 2009, tog udviklingen hurtigt fart, og der skulle afholdes dels en stor designmesse CODE09 i BellaCentret i august 2009 og COP15 i december 2009. Derfor blev det i projektgruppen besluttet, at der skulle stå en række prototyper klar til at blive vist frem i sommeren 2009.

Der er blevet arbejdet effektivt i to spor: Teknik-gruppen arbejdede på udviklingen af den tekniske del af produktet sideløbende med design-gruppen, som stod for de konkrete designs, materialevalg og brugervenligheden. Grupperne mødtes dels selvstændigt, men også samlet, så der kunne deles erfaringer og tage beslutninger i fællesskab.

Resultater: Den tekniske del af produktet

LINAK's styrebox



LINAKs styrebox samt en stribe solceller, som her bliver testet sammen.

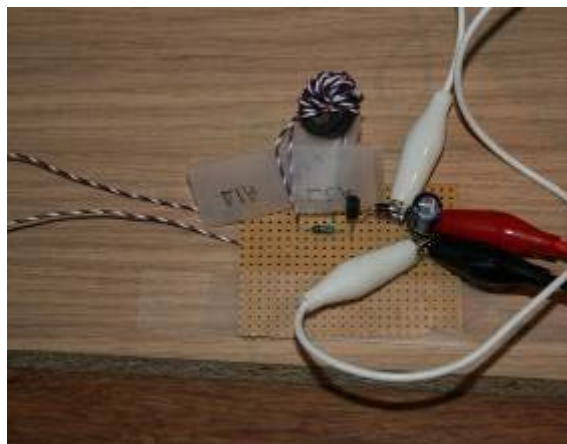
Der er blevet udviklet en ny aktuator med en strømfrkobling, som har gået fra at bruge 2W til 0W, når der bliver koblet solceller på. Derfor er selve standby-situationen med solceller i et hæve-sænkebord nu løst. Selve elektronikken er blevet udviklet og der er produceret 5 test-solcelleprint og 7 test-strømfrkoblinger.

Samtidig er det blevet undersøgt, hvad der skal til for at lave et bord, som i en driftssituation kan køre udelukkende på solceller. Dette kræver betydeligt mere energi end solcellerne kan levere, når de sidder indendørs. Derudover fandt man ud af, at strømforbruget til standby langt overstiger driftsforbruget. Projektgruppen besluttede derfor kun at arbejde med standby-situationen, som til gengæld giver en stor el-besparelse.

Solcelle-elektronik



Målinger af solceller, til brug i elektronikudviklingen.



De første prototype-forsøg med solcelle-elektronikken.

Der er blevet udviklet en ny styreenhed/strømforsyning med en strømfrikobling, som har gået fra at bruge 2W til 0W fra elnettet, når der bliver koblet solceller på. For at der kan kobles solceller på den nye styreenhed har det været nødvendigt at udvikle et elektronisk kredsløb, som konverterer energien fra solcellerne til en brugbar spænding for styreenheden.

Samtidig er det blevet undersøgt, hvad der skal til for at lave et bord, som i en driftssituation kan køre udelukkende på solceller. Driftssituationen kræver en meget stor mængde energi på kort tid, og giver derfor ikke mening med solceller, da dette kræver meget stort solcelleareal og urealistisk høj indendørs lysintensitet. Endvidere vil der skulle være et stort energilager i bordet, i form af et batteri eller anden teknologi, som vil være en unødigt stor belastning på miljø samt gøre ekstraomkostningerne på et bord urimelig høj.

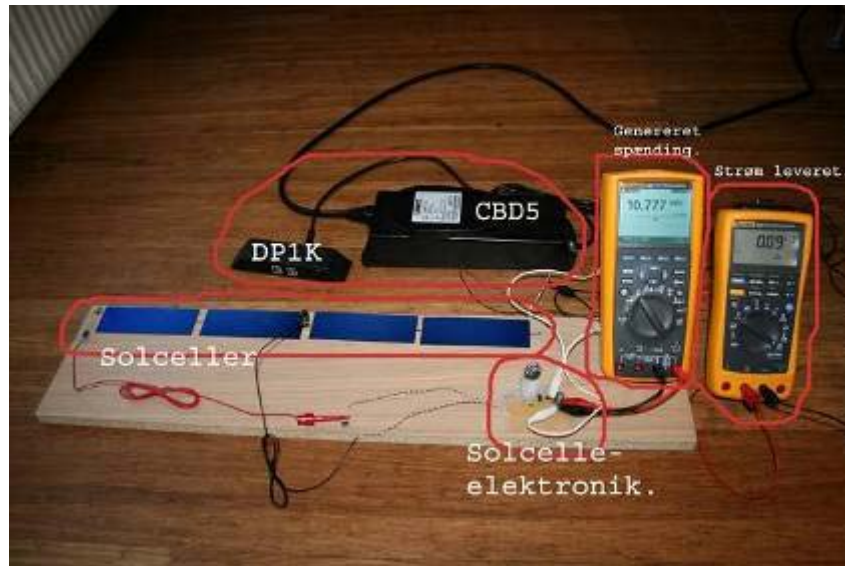
Projektgruppen har derfor besluttet at arbejde kun med standby-situationen, som til gengæld giver en større el-besparelse, end ved driftssituationen.

Vurdering af potentiale samt fravalg af MPPT:

Det er blevet undersøgt om der burde udvikles en MPPT (Maximum Power Point Tracker) til produktet, for at få solcelleanlægget til at yde i sit optimale arbejds punkt. Ved anvendelse i bygningsintegration anvendes en MPPT, for at få solcelleanlægget til at yde sit optimale arbejds punkt. Denne type komponent er umiddelbar ikke tilgængelig til anvendelse i laveffektsapplikationer af solceller, og potentialet for frembringelse og anvendelse af en sådan enhed er blevet vurderet. En oplagt risiko ved brug af en MPPT er, at den forbruger mere energi end den tilfører. Dette skyldes den meget lave generede energi som er en følge af at benytte solceller indendørs, og at en MPPT har et endnu ukendt energiforbrug. Der udførtes en række eksperimenter, for at kunne konkludere hvilken løsning der er mest optimal. Der var en vis forventning om at optimering af konverteringskredsløb og energilager ville være en bedre metode til optimal energiudnyttelse end MPPT.

Efter undersøgelserne har det dog vist sig, at det ikke kan betale sig at implementere en Maximum Power Point Tracker, da en sådan enhed bruger mere energi end den generer.

Solcelle-elektronikken er blevet udviklet som en separat enhed, som sættes i et stik på LINAK's styrebox igennem et specielt stik. Det er dog højst sandsynligt, at selve solcelle-elektronikken vil blive implementeret direkte ind i LINAK's box, hvis systemet bliver sat i produktion.



Endeligt design af solcelle-elektronikken ved siden af solceller og LINAK's styrebox CBD5.

Designresultater

Brugerundersøgelser

Indledningsvis er der foretaget en række forskellige brugerundersøgelser, som havde til hensigt at kortlægge, hvor meget eller lidt man bruger et hæve-sænkebord dagligt.

Den ene undersøgelse var et simpelt spørgeskema, som dag for dag bad brugeren om at sætte en streg, hver gang, man havde kørt bordet op eller ned. Der kom ca. 40 skemaer tilbage, og et gennemsnit på baggrund af disse viste, at en typisk bruger kun kører sin bordflade op en gang om ugen og ned en gang om ugen.

Det overraskede os en del at få det svar tilbage, men vi blev enige om, at det afspejlede vores egen brug af hæve-sænkebordet set over længere tid ganske godt.

Derved konkluderes det, at der bruges langt mere strøm på at have et hæve-sænkebord stående på standby, end på at have det i drift.

Sideløbende blev der i projektgruppen kigget meget på vores egne arbejdsborde og reflekteret over, hvordan man hver især forestillede os et hæve-sænkebord med solcelleintegration.

En anden form for brugerundersøgelse tog udgangspunkt i en række visualiseringer og 1:1 modeller, som kunne afprøves ved et arbejdsbord. Sammen kommenterede man på, om det skabte nogle spændende og inspirerende bordflader, og om brugervenligheden var god. Ved god brugervenlighed menes, at brugeren *ikke* skal ændre adfærd i retning af det mere besværlige, ved brug af det nye produkt.

I projektgruppen var der stor begejstring over alle de muligheder, der ligger i solcelleteknologien, og solcellerne blev opfattet som tilførende arbejdsbordet en æstetisk kvalitet. Brugernes feedback reflekteres i modelprocessen, idet de erfaringer, der blev gjort, igennem hele forløbet har været en del af en naturlig udvikling af designet og funktionaliteten. Alle vores modeller er blevet afprøvet hos en række forskellige brugere i projektgruppen:



Brugerundersøgelser med RISØ's polymersolceller integreret i et løst produkt, som f.eks. kan oplade mobiltelefonen. Her er idéen vist i en mock-up model. Produktet opfattes her som et løsrevet apparat på arbejdspladsen, som også ville kunne dække standbyforbruget i hæve-sænkebordet.

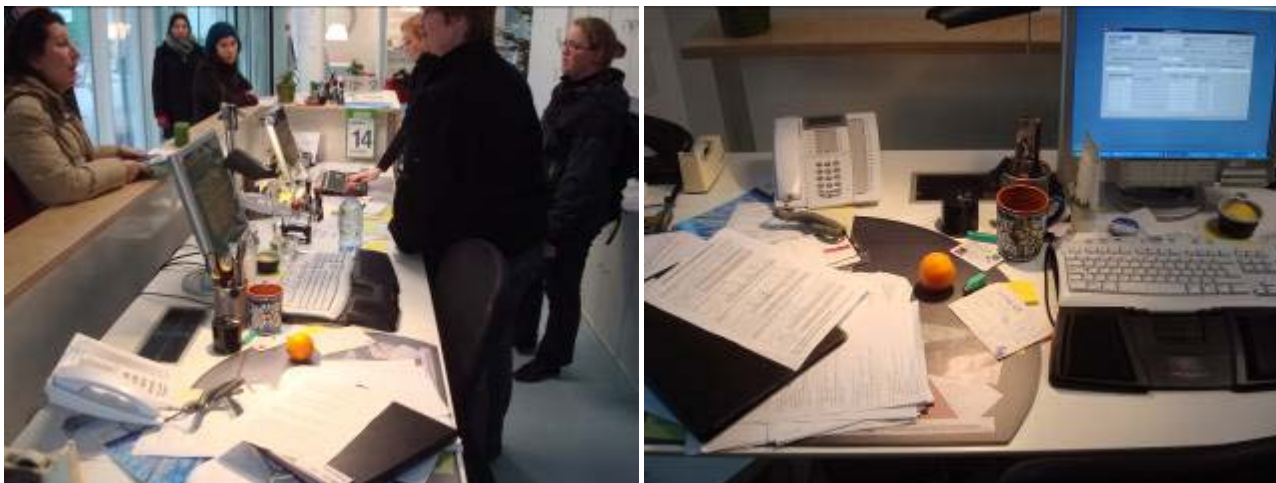


Brugerundersøgelse, som viser en anden mulig retning, vi kunne bevæge os i: Solcellen som "skriveunderlag". Her er det vist som en mock-up model med RISØ's polymersolceller, som udmærker sig ved at være flade, lette og nemme at integrere.

Til slut har projektgruppen udført en række empiriske undersøgelser, hvor to prototyper af hæve-sænkebordet blev opsat på en rigtig arbejdsplads. De blev taget i brug i det nyetablerede lavenergihus "Green Light House" på KU's campus i receptionen i november 2009 og står der endnu. De bruges begge dagligt af sekretærene, som ikke har skullet ændre deres adfærd og daglige rutiner for at bruge bordene efter hensigten.

Iagttagelser af sekretærene har vist, at bordene tit er dækket af kontorartikler, og periodevis har solcellepanelet sågar været halvt tildækket. Vores undersøgelser har vist, at de begge fungerer optimalt, og helt uden nogle former for "børnesygdomme", der måske ville have indebåret, at bordet af uforudsigelige

grunde kørte langsomt eller stoppede helt. Det ser projektgruppen som det endelige "proof of concept", som beviser, at produktet virker i en reel arbejdsituation:



Her ses de to hæve-sænkeborde med fuld solcelleintegration i bordfladen i receptionen i Green Light House. Som det tydeligt observeres på billedet bliver bordene brugt som ethvert andet bord, uden skelen til solcellerne. Og bordene virker alligevel.

Montanas hæve-sænkeborde

At arbejde med et integrere solceller i et designobjekt har været udfordrende. Under hele udviklingsforløbet har det været enormt vigtigt, at afstemme teknologi med design i en tæt dialog alle parterne imellem.

Montana har en stærk designprofil, hvor det generiske grundkoncept med geometrien skal implementeres i alle deres produktlinjer. Montanas designprofil har været dikterende for udvælgelsen af de forslag og ideer som projektgruppen har fremlagt. Det var meget vigtigt, at godt dansk design var i højsædet, og der ikke gik "smarte teknologi-løsninger" i udformningen af det endelige produkt.

Dialogen med Montanas egen udviklingsafdeling har derfor været meget tæt, og man har forsøgt ikke at lægge flere arbejdsprocesser ind i Montanas produktion. Det har været essentielt med et dynamisk samarbejde, og der har hele tiden været en gensidig forståelse for projektdeltagernes forskellige fagligheder.

De solcellemoduler, som gik videre i udvælgelsesprocessen (se næste afsnit) kan alle tilpasses eksisterende komponenter i Montanas sortiment, og der er derfor i designet taget højde for både de montage- og produktionsmæssige begrænsninger og muligheder.

Det har været ambitionen at skabe nye designvisioner, og for at dette har kunnet lade sig gøre, har det krævet talrige afprøvninger for at få funktionaliteten til at komplementere det valgte design. Mange af vores funktionsmodeller er tænkt integreret direkte i bordet, enten som stikbrønd eller bordskærm med

Montanas eksisterende monteringsbeslag, men der er også tænkt mere radikalt og ukonventionelt med løsrevne produkter, som ikke nødvendigvis har noget med Montanas borde at gøre, f.eks. "skriveunderlaget" (jf. afsnit om brugerundersøgelser).

Design med solceller

I forprojektet blev 3 solcelleteknologier udvalgt til den videre proces. Vi har arbejdet med at få dem til hver især at tilpasse sig bordet og dets bruger. Der har været fokus på et tæt samarbejde imellem teknologigruppen og designgruppen, for at alle beslutninger har høj kvalitet både design- og funktionalitetsmæssigt.



De 3 udvalgte teknologier: Japanske Kyosemi-celler, SunPower celler og RISØ's polymerceller

De 3 udvalgte teknologier repræsenterer 3 forskellige retninger indenfor solcelleteknologi og spænder derfor bredt:

- De innovative, nytænkende og med æstetisk kvalitet (Kyosemi)
- De konventionelle, højeffektive og billigste, set i forhold til ydelse (SunPower)
- De danske og billige i R2R produktion (RISØ's polymersolceller)

Det har givet 3 karakteristiske design, hvor designløsningerne er skabt i balance mellem den benyttede teknologi og hensynet til brugervenlighed.

Der arbejdes for øjeblikket på 3 forskellige bordtyper med solceller, som modulært kan indbygges i et hæve-sænkebord på en designmæssig og produktionsmæssig forsvarlig måde.

De 3 endelige designs

Efter adskillige designmodeller og forsøg er der blev udvalgt 3 endelige designs, som hver repræsenterer 3 vidt forskellige måder at integrere solceller i indendørs applikationer.

Vi har kaldt dem følgende:

- Den transparente skærm
- Fuld bordintegration
- Den fleksible løsning

Alle designs er vist i enten designmodeller 1:1 eller som velfungerende prototyper, alt efter hvad teknologien tillod på det givne tidspunkt. Energipotentiale, brugervenlighed og markedspotentiale er undersøgt på baggrund af modellerne.

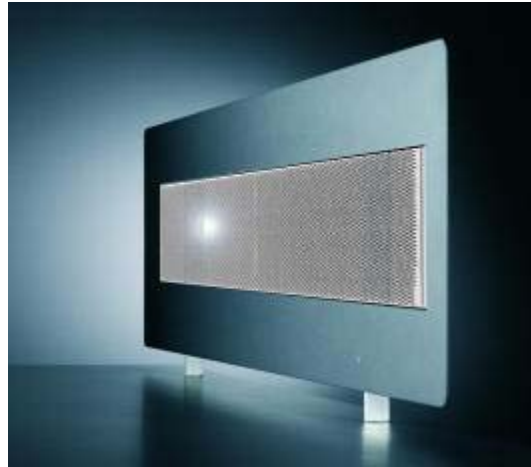
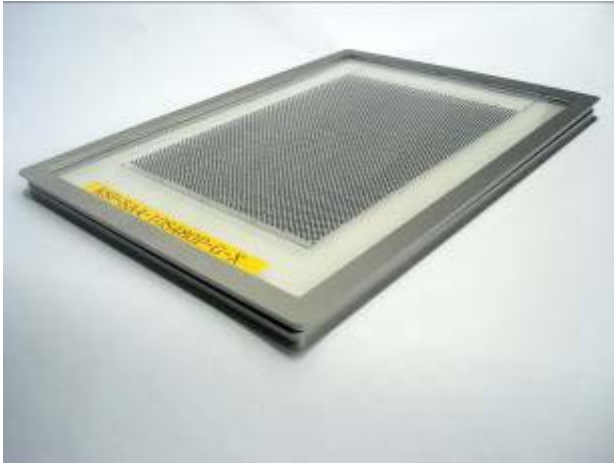
Den transparente skærm

Det er fascinerende at holde Kyosemi cellerne op imod lyset og kigge igennem det finmaskede net af silicium perler. Denne æstetik er blevet brugt som integration i en bagskærm, som kan sættes på som tillæg på Montanas borde.

De transparente "vinduer" skaber en visuel forbindelse mellem hæve-sænkebordets bruger og resten af kontoret. Rammen til "Den transparente skærm" er af samme materiale og form som de eksisterende beslag på bordet, og fandtes til dels i Montanas sortiment allerede. Årsagen til vi valgte at arbejde med skærmen og en lodret placering, kom af fascinationen af at holde solcellerne op foran lyset.

Kyosemi panelet nedfræses i MDF skærmen, og ligger helt i plan med resten af pladen. De holdes på plads af 2 alu-rammer, som spænder omkring pladen. Strømuttaget føres ned til undersiden af skærmen igennem én usynlig ledningskanal og trækkes hen til styringen. Kyosemi-panelerne havde dimensioner svarende til A4 format, og to paneler er placeret centeret i hver sin halvdel af skærmen. Det skaber en visuel kontakt til kontoret og et indirekte smukt lys igennem perlerne.

Med "Den transparente skærm" får brugeren en spændende og anderledes visuel kontakt med sin kollega overfor igennem de vinduesagtige paneler, og med denne fascinerende teknologi vil man dagligt blive mindet om fremtidens teknologi og det bæredygtige tiltag. Det vil være et godt valg, hvis en virksomhed vil skabe et stærkt visuelt budskab, som skaber nysgerrighed omkring en unik løsning til nedsættelse af energiforbruget. På den måde kan en virksomhed sende et budskab om, at vægt på æstetik og stil sagtens kan gå hånd i hånd med en reduktion af strøm- og CO₂ forbruget.



Her ses Kyosemi panelet i A4 format, samt en visualisering af panelet i en Montana skærm.



En visualisering af "Den transparente skærm" integreret i et sort Montana bord.



Det endelige design af "Den Transparente skærm". Bordet står i Montanas show room i Pakhus 48.

Fuld bordintegration

SunPower cellerne blev valgt på grund af deres høje effektivitet, og nemme tilgængelighed rent markedsmæssigt. De kunne derfor være en del af det design, som vil kunne være tættest på en markedsintroduktion. Derudover spillede deres designmæssige høje kvalitet med et mørkt uniformt udtryk en stor rolle.

SunPower cellerne er integreret i de allerede eksisterende stikbrønde, som de fleste Montana borde leveres med. Deres enkelthed og mørke nuance lamineret i glas skaber et simpelt panel, der kan vippes op, og samtidig fungere som stikbrønd til kabler. Med SunPower har vi den højeste effektivitet set i forhold til arealet. Stikbrøndens areal og cellerne effektivitet passede sammen således, at der var behov for 4 stk. third cut celler. Cellerne er lamineret i hærdet glas-glas eller glas-tedlar for at skabe et udtryk, der passer til

alu-rammen. Glasset kan derudover fungere som en hængslet plade, der kan åbnes og lukkes. Det giver mulighed for at vinkle solcellepanelet, så det orienteres optimalt i forhold til lysindfaldet.

Kontaktingen imellem cellerne viste sig at blive meget klodsede, hvis de blev udført med konventionelle tykke lederbaner til bygningsintegration. Derfor blev der lavet en række forsøg med tynd metaltråde, som bibringer til det simple udtryk. Det lykkedes at finde frem til en næsten usynlig kontraktering af cellerne med en minimal diameter på lederbanerne, og det har krævet nye beregninger af modstanden i lederbanerne for at bevise at dette kunne lade sig gøre. Disse designresultater har kun været mulige i et godt samarbejde med Montana omkring deres krav til designet og projektgruppens erfaring med solcelleteknologier.

Strømuttaget er placeret skjult under hængselprofilet. Ved strømuttaget har vi arbejdet med en løsning, som tillader bevægelse, uden at skabe løs forbindelse i de tynde lederbaner, som er sårbare overfor gentagne bevægelser.

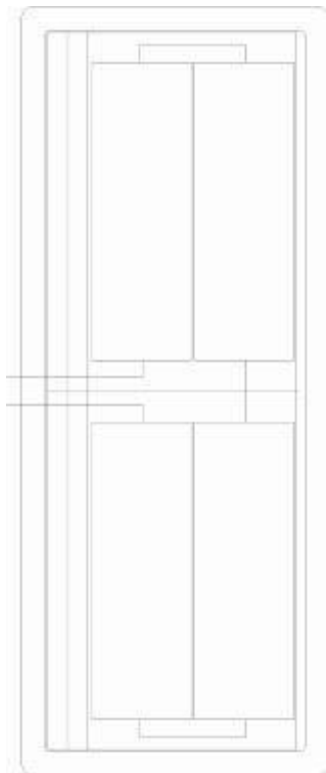
Ud fra undersøgelser og de erfaringer, man gjorde i tidligere faser og med de produktionsbegrænsninger, vi har skullet overholde, er det endelige design en transparent glas-tedlar løsning, som monteres i eksisterende ramme fra en stikbrønd. Rammen nedfræses i bordpladen og ligger plant med bordpladen uden anden fastmontering. Det gør montering enkelt og kan sågar foretages efter hæve-sænkebordet er opstillet i kontoret.



Forsøg med laminering af SunPower cellen, samt forsøg med forskellige tynde metaltråde, som lederbaner.



Her ses vippefunktionen i en af prototyperne. Til højre ses det meget transparente look, som tilstræbtes i designprocessen.



Tekniske tegninger af solcellemodulerne til integration i bordfladen.

Med den fuldt bordintegrerede løsning, har vi skabt en funktionsdygtig løsning, som også har en pris, som ligger i et område, som gør den tilgængelig rent kommercielt, da solcellen ikke vil kræve den store merudgift til bordets samlede pris.

Derfor besluttede projektgruppen at opsætte denne version af hæve-sænkebordet, dels i Montanas show room, hvor det står i dag, samt i Green Light House og på LINAKs stand i BellaCentret.



Her ses det endelige design af det bord, som har det største kommercielle potentiale.

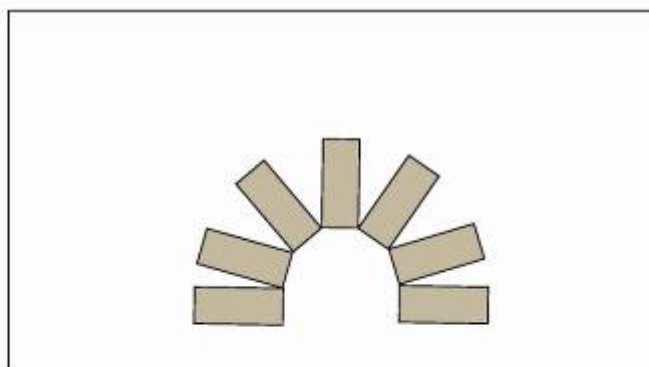
Den fleksible løsning

RISØ's polymerceller er karakteristiske pga. deres tynde plastik-laminering og bøjelige materiale, der minder om et stykke papir. De er meget lette og billige i R2R produktion. For øjeblikket forskes der i at få opskaleret solcellen til masseproduktion, hvorfor det var naturligt at bruge disse solceller i det sidste designforslag, da det giver muligheden for et 100% dansk produkt.

Der er arbejdet med at skabe et underlag som er fladt og kan rulles ud, som en dug, der placeres øverst på bordet eller et "skriveunderlag". Det skaber en sammenhæng mellem papirsager og andre dokumenter som ligger fladt på bordet. Med disse celler har arealet været styrende for designet, da arealet stadig kunne levere den nødvendige strøm. Derfor er arealet forholdsvis stort på nuværende tidspunkt, dog er det et parameter, som kan ændres hurtigt, i takt med at RISØ udvikler en mere effektiv celle. Derfor er

designarbejdet tænkt generisk og med mulighed for at variere solcellearealet, så det leverer strøm nok til et givent standby-forbrug, som kan variere, ligeså vel som cellens størrelse. I forbindelse med teknologiens potentiale som billig solcelle, er det oplagt, at se det som et fremtidigt produkt, der købes separat. I dette design er cellerne monteret med en elektronisk ledende tekstilsyning på en gummimembran, der ligesom en musemåtte ligger sig fladt på bordet, og giver en fleksibel og billig fremstillingsproces.

Det er vigtigt at brugeren kan identificere sig med produktet, da det skal være en del af personens hverdag, og vedkommende skal se og bruge det hver dag. Ud fra beregningerne kalkuleres der med, hvor mange celler der skal bruges til at dække et hæve-sænkebords standbyforbrug eller f.eks. oplade en mobiltelefon. Ud fra disse beregninger, er der foretaget en idégenerering på forskellige "mønstre". På baggrund af disse er der udformet 3 funktionsmodeller. De 3 modeller er vidt forskellige, og der prøves herigennem at ramme 3 forskellige målgrupper. Robotten er til personen, der vil udstråle teknisk snilde. "Øjet" er til den mere filosofisk anlagte person, der gerne vil udstråle at livet kan anskues fra mange forskellige vinkler. Den sidste model er en tredimensionel model, der er meget markant på skrivebordet. Denne er udført til brugeren, der gerne vil udstråle at hun/han fokusere på miljøet og være lidt anderledes.



Inspiration: solopgang. Solens står op, energien er på vej. Solens stråler rammer solcellerne og mobilen kan nu lades. Computeren er placeret i midten af solopgangen. Udformningen gør at man kan have mobilen lige ved hånden.

	dato : 18.02.10	Øwg.no.
	initiat. : RBK	scale : 1:10
subjekt : Solopgang		
project : CO2 neutral by		
Faktor 3 A/S	Arbejdsgade 10 Ind 9	T +45 88 22 22 22
Csv. Nr. 28.61.02.05	Øst. 1520 Copenhagen V	T +45 33 20 32 56

Se flere designforslag i Bilag H.

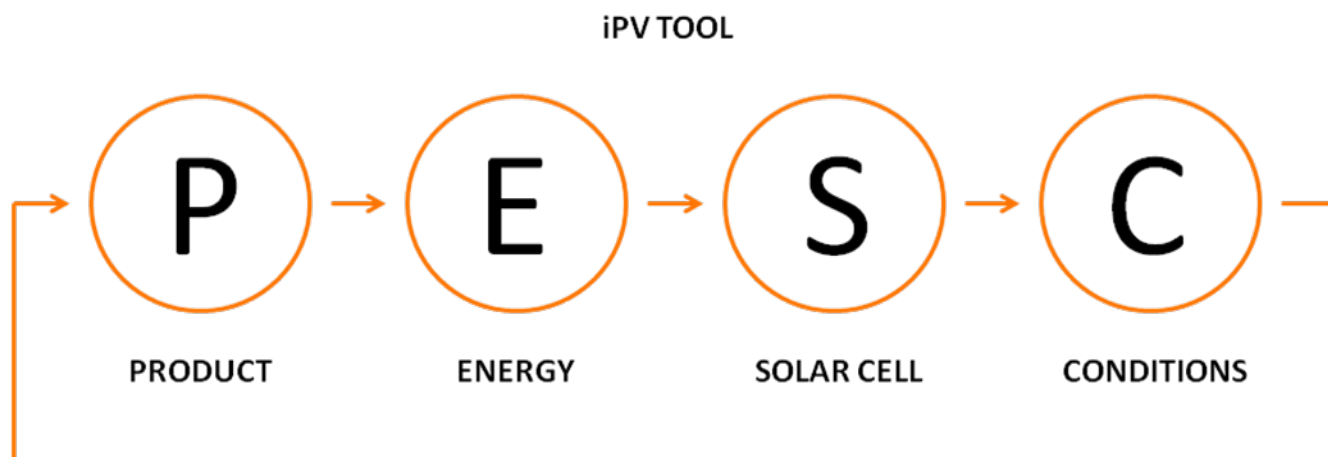


RISØ's polymersolceller er oplagte til fleksible designløsninger.

iPV TOOL

Præsentation af værktøjet

Projektet har dannet basis for at skabe et nyt værktøj "iPV TOOL", som er et redskab, som skal gøre det tilgængeligt for producenter og udviklere at integrere solceller i deres produkter med henblik på at nedsætte standby-forbruget i morgendagens strømforbrugende apparater:



PRODUCT: What product are we working with?

ENERGY: How much energy does the product consume?

SOLAR CELL: Can a solar cell produce that amount of energy?

CONDITIONS: In what surrounding conditions is the product typically placed?

Præsentation af modellen

PRODUCT: Modellen skal forstås sådan, at det er vigtigt altid at tage udgangspunkt i produktet: Finde ud af, hvad det er for et produkt, vi gerne vil integrere solceller i. Hvordan ser det ud? Hvad bruges det til? Hvilket design har det?

ENERGY: Derefter er det vigtigt, at se på, hvor meget energi produktet bruger, som det ser ud nu. Hvor meget bruger det, når det står standby og hvor meget bruger det i drift? I hvilken situation spares der mest strøm? Dernæst skal der kigges på om det er muligt at reducere energiforbruget, dvs. elektronikken skal modificeres. Underleverandøren af komponenterne eller producenten skal derfor i spil (i dette tilfælde:

LINAK) eller en ekstern udviklingsinstans (i dette tilfælde: Faktor 3), for at der bliver optimeret på elektronikdesignet.

(Det er vores erfaring, at det i 99% af nutidens produkter vil være nødvendigt at reducere strømforbruget, da man tidligere har været vant til at strøm ikke kostede noget, og bare kunne hives ud af stikkontakten i lange baner. I dag er der helt andre krav til elektronikprodukter, men det lave strøm- og standby-forbrug er i langt de fleste tilfælde ikke implementeret endnu på markedet).

SOLAR CELL: Nu skal der vælges solcelleteknologi. De data angivelser, man typisk får fra producenterne kan desværre meget sjældent bruges, da de kun giver information om solcellens maksimale effektivitet ved 1000 W/m². Derfor er det vigtigt at få tal, som viser, hvad solcellen kan yde i lowlight conditions, f.eks. ved 200 W/m². I dette projekt er der netop blevet udviklet en LED sol, som nu står hos DTU Fotonik, som kan levere disse målinger.

På baggrund af målingerne skal solcellen dimensioneres, så den har det rette areal i forhold til ydeevne og brugervenlighed. Dette er en kompetence, som i dette projekt, har ligget hos Faktor 3 og DTU Fotonik.

Designet af solcellen har stor betydning for, hvor vellykket den bliver integreret i produktet, og her spiller både laminering og materiale-overgange en meget vigtig rolle. Dette arbejde er blevet udført af Faktor 3 og Montana i dette PSO projekt.

CONDITIONS: Når produktet er blevet designet, skal specifikationerne fastsættes for, hvor og hvordan produktet kan tages i brug for at fungere, som det skal. Når der er tale om produkter med solceller, handler det om at vide, hvor meget lys, der er i et givent rum eller område, hvor produktet skal tages i brug.

I dette projekt har det handlet om at lave lysmålinger i almindelige kontorer (f.eks. ved DTU Fotonik) samt i SBI's dagslyslaboratorium. En anden måde at definere specifikationer, kan være via lovgivningen. F.eks. viste det sig i forbindelse med hæve-sænkebordet, at det fungerer, når dagslysfaktoren overholdes i forhold til den danske lovgivning.

PRODUCT (igen): Når alle 4 punkter er gennemarbejdet, og de forskellige dele er færdigudviklet, skal de samles til et nyt produkt. Her er design og brugervenlighed af yderste vigtighed for at få en vellykket integration i produktet. I projektet har det primært været Montanas, LINAKs og Faktor 3s rolle.

"iPV TOOL" blev første gang defineret i udgivelsen "*The Carbon Neutral Workspace – a Platform for Reducing the Standby Consumption*", som vakte international interesse på EUPVSEC 2009. Da vi formulerede værktøjet første gang, tænkte vi det omvendt:

"A general approach for integrating PV (in indoor appliances) is set up:

- a) Definition of surrounding conditions (light quality and intensity)*
- b) Energy consumption of appliance determined*
- c) Can the energy consumption be reduced?*
- d) Type of PV chosen on basis of a) and b)*
- e) Dimensioning of PV*
- f) Modification of electrical circuit*

g) Integration in product"

Som det ses har vi vendt rækkefølgen om i dag. Den ovenstående rækkefølge afspejler den kronologiske udviklingsproces, vi gennemgik på det tidspunkt. I dag kan vi se, at det giver mere mening, at arbejde med solcelleintegration ved at tage udgangspunkt i selve produktet, samt reducere energiforbruget tidligt i processen.

Formidling af projektet: Nationalt og internationalt

Udstillinger, konferencer og messer

InterSolar 2009

München, Tyskland. Maj 2009.



Faktor 3s stand på verdens største kommercielle solcellemesse InterSolar 2009. Her præsenteres en række innovative solcelleprodukter fra Faktor 3s portefølje, hvoriblandt hæve-sænkebordet især vakte interesse.

CODE09

København, BellaCentret & Montana, Pakhus 48, Nordhavnen. August 2009.



På CODE09 viste nogle af Danmarks mest toneangivende indretningsvirksomheder deres nyeste produkter og møbler frem. Derudover fremvistes midlertidige prototyper ved CODE09 i BellaCentret på LINAK's stand.

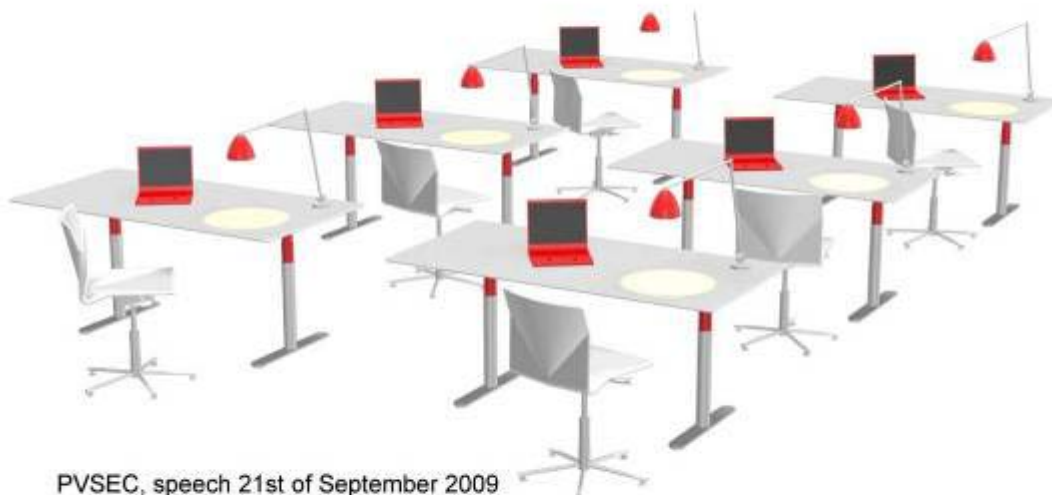
Montanas showroom ligger i den nyetablerede designzone i Københavns Frihavn ved siden af firmaer som Kvadrat, Erik Jørgensen, VOLA og Luceplan. På udstillingen blandede de første prototyper af hæve-sænkebordet sig med andre international kendte designprodukter. For mange besøgende havde det stor interesse, at høre hvordan hæve-sænkebordet kunne køre på solceller. To af prototyperne udstilles nu permanent i Montanas show room som bl.a. besøges af mange turister, der kommer til København med krydstogtskib, og derved opnås en international eksponering, som kan skabe endnu mere udenlandsk interesse for projektet.

EUPVSEC 2009

Hamborg, Tyskland. September 2009.

THE CARBON NEUTRAL WORKSPACE

- A platform for reducing the standby consumption



PVSEC, speech 21st of September 2009



Verdens største videnskabelige solcellekonference og –messe. På baggrund af det EUPVSEC "paper", som omtales forinden, blev vi inviteret til at præsentere "The Carbon Neutral Workspace" i september 2009 i Hamborg.

Projektet og dets hovedresultater blev præsenteret ved verdens største årlige solcellekonference EUPVSEC 2009 i Hamborg. En konference, hvor mere end 44000 gæstede såvel konferenceindlæggende som den parallelle industrimesse. Peter Poulsen fra DTU Fotonik holdt oplægget, hvor omkring 1000 tilhørere var mødt op til denne session. Foredraget blev vel modtaget grundet den store innovationshøjde og kreative tilgang i en ellers ekstremt konservativ solcellebranche. Foredraget delte vandende som så ofte før ved præsentation af en ny indgangsvinkel til anvendelse af solcelleteknologi. Den visionære del af teknikerne samt brugersiden repræsenteret ved fx arkitekter og designere syntes projektet var enormt spændende og en vigtig del af den løsningsportefølje, som solceller udgør i det grønne globale regnskab. Den lidt mere konservative og mere teknisk betonedede del af konferencedeltagerne ytrede en relativ negativ holdning overfor denne anvendelsesprofil af solceller og mente en bedre og mere energibesparende løsning kunne være et hæve-sænkebord uden elektronik fx med et håndsving. Nærværende indlæg blev derfor omdrejningspunkt for en interessant og vigtig debat i en ekstremt konservativ solcellebranche, der er præget af en avanceret teknisk faglig tilgang til teknologien og et svigtende fokus på brugerne og deres behov.

Se præsentationen i Bilag J.

COP 15

Ørestaden ved BellaCentret, København.

Montana, Pakhus 48, Københavns Nordhavn.

Green Light House, KU's campus, København.

December 2009 og frem:

ELFORSK udstillingen "Better Living with Efficient Energy", Ørestad ved BellaCentret. 23. november 2009 – 18. december 2009:



ELFORSK udstillingen ved BellaCentret: På billedet til venstre ses hæve-sænkebordet, og to simple foranstaltninger, som gav kommende brugere mulighed for intuitivt at undersøge, hvordan solceller fungerer i indendørs omgivelser.

Hæve-sænkebordet blev udstillet på ELFORSK udstillingen sammen med en række komponenter, som viste udviklingstrinene på vejen til et færdigt produkt. Der blev opstillet en velfungerende prototype af hæve-sænkebordet med solcellen fuldt integreret i bordfladen med SunPower celler. De besøgende kunne afprøve bordet, og derved forstå funktionaliteten og solcelleteknologien. Derudover havde projektgruppen fundet på to enkle foranstaltninger, som på en pædagogisk måde skulle visualisere, hvad der sker i bordet. Dels et multimeter, der viste hvor meget strøm solcellen i bordet generede "lige nu", når man bevægede hånden henover solcellen. Dels en LED-lampe, der lyste kraftigt eller svagt for at visualisere besparelsen i elforbruget – dvs. forskellen fra elforbruget før vores løsning og efter integrationen af solcellen.

Green Light House, Københavns Universitets campus. Fra November 2009 og frem.



I Green Light House står to velfungerende hæve-sænkeborde med solceller integreret i bordfladen. De blev stillet op lige inden COP 15, hvor Green Light House nød stor presseomtale. De står der til stadighed, og bliver brugt hver dag af de to sekretærer, som fortæller, at de virker fint.

Artikler og anden presseomtale

August 2009:

Paper til EUPVSEC 2009. På baggrund af denne artikel blev projektet udtaget til præsentation på verdens største videnskabelige solcellekonference i Hamborg i september 2009, EUPVSEC:

"The Carbon Neutral Workspace – a platform for reducing the standby consumption" af Katrine Flarup Jensen, Barbara Bentzen, Faktor 3 og Peter Poulsen, Carsten Dam-Hansen, DTU Fotonik.

Læs artiklen i Bilag A.

August 2009:

"Nyt kontormøbel med solceller" og *"Ny messe kom godt fra start"*. Wood Supply.

Se Bilag B.

September 2009:

"The Carbon Neutral Workspace" af Katrine Flarup Jensen, Faktor 3.

Intelligent Glass Solutions (iGS), engelsk magasin, den 25. september 2009, England.

Læs artiklen i Bilag C.

The carbon neutral workspace

Katrine Flarup Jensen, Faktor 3 Aps, MSc in Engineering



The new workspace

Abstract
The new workspace presents a new way of working. The Carbon neutral workspace will use smart lighting systems. The objective of the project is to reduce the energy consumption of the workspace by 50% compared to a standard office space.

The new workspace will use smart lighting systems. The objective of the project is to reduce the energy consumption of the workspace by 50% compared to a standard office space.

The new workspace will use smart lighting systems. The objective of the project is to reduce the energy consumption of the workspace by 50% compared to a standard office space.

The new workspace will use smart lighting systems. The objective of the project is to reduce the energy consumption of the workspace by 50% compared to a standard office space.

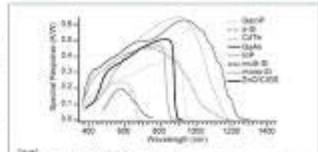


Figure 1: Power consumption of different lighting systems over a 24-hour period.

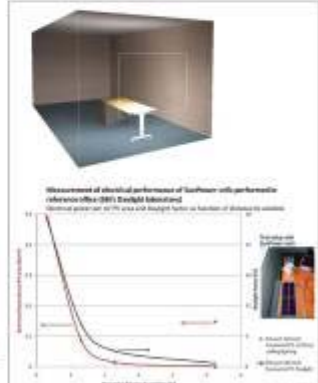
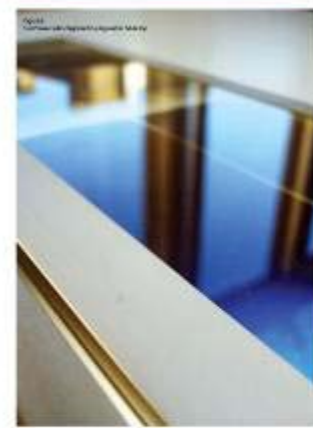


Figure 2: Measurement of electrical performance of different lighting systems.



The new workspace will use smart lighting systems. The objective of the project is to reduce the energy consumption of the workspace by 50% compared to a standard office space.

The new workspace will use smart lighting systems. The objective of the project is to reduce the energy consumption of the workspace by 50% compared to a standard office space.

The new workspace will use smart lighting systems. The objective of the project is to reduce the energy consumption of the workspace by 50% compared to a standard office space.



The new workspace will use smart lighting systems. The objective of the project is to reduce the energy consumption of the workspace by 50% compared to a standard office space.

November 2009 og frem:
Montana folder til præsentation af projektet under COP15 og i øvrigt i deres show room.
Se Bilag D.

making room for development



Montana
www.montana.dk

CO₂-fri arbejdsplads
Montana

Montana lancerer nyt hæve-sænke-bord - med solceller



I august 09 præsenterede Montana en verdensnyhed med prototypen på det nye H82 hæve-sænke-bord, der med indbyggede solceller er et ledtæg af den CO₂- og energieffektive arbejdsplads. For udviklerne, Design, Design & Kommunikation hos Montana, der var med til at sætte projektet i gang for at få skabt, er det nye H82 solcellebord resultatet af en idé, som han har haft siden han fandt ud af hvor meget strøm, der bruges på elektriske standby-funktioner.

"Den store, der anvendes til standby på enhver arbejdsplads i f.eks. computere, tv-skærm og de store sænke hæve-sænke-borde, er et overbetydligt forbrug. Hæve-sænke-borde har en positiv ergonomisk effekt på brugerne, og når et stort søjle af hæve-sænke borde sæt vi os i Montana håbede vi også at være et positiv bidrag til klimastyringen. Derfor gik vi i 2008 i partnerskab med LINAK, Faktor 3, Gas Solar og DTU Fotonik, der er hns. leverandører af hæve-sænke-mekanismer og skuffer inden for hvert af felt af elektronikkens. Næst med projektet var at reducere den CO₂ emission elektronisk, hvilket er ELFORSK udvalgte under Dansk Energi og frede ud af, om solceller kan løse problemet. Et af hæve-sænke-bord, fortæller Jørgen Lassen.

H82 solcellebordet er et særligt bord på, at skubber nu kan have standby funktionen i hæve-sænke-borde. Det over, udsætte for det nye arbejdsbord også en ny styringsteknik, som bruger i alt mindst otte års ved anvendelse hæve-sænke-borde.

Prototypen er et overblik, at det er formålet. H82 bordet med solceller er, der er udvalgt til i to installationer i energiforskningscenteret i Green Light House og København Universitet, i båret i Energy Research ved Teknologisk Institut samt i bord på LINAKs stand 04-131 på Strandvejen Træcenter i Bella Center.

"Vi arbejder videre med projektet og forventer, at bordet vil være færdigudviklet og i salg i starten af 2010. Med denne type borde er vi et stort nært samarbejde klimavenligt arbejdsplads", siger Jørgen Lassen.

Spør CO₂ udledning

Det nye solcellebord hæve-sænke bordet vil reducere en reduktion af energiforbrug i kontorarbejde. Det vil optimere af elektriske komponenter og dele ved at standby-forbrugene sænke på arbejdsplads. Projektet vurderer, at der findes ca. 500.000 hæve-sænke borde i Danmark. Standby forbrug ved ved projekts start i 2008 ca. 2.400, hvilket svarer til 17,5 kWh pr. bord pr. år. Dette betyder, at der bruges ca. 8.700.000 kWh pr. år i Danmark. Dette kWh-forbrug kan omregnes til 4300 ton CO₂, som solceller anvendt til standby funktionen på de anslåede 500.000 store hæve-sænke borde ville kunne spare verden for.

Samarbejdspartnere

Samarbejdspartnerne i udviklingen af solcellerne og det nye hæve-sænke-mekanisme i Montana H82 solcellebord er LINAK hæve-sænke-mekanisme, Faktor 3 design og udvalgt af skuffer og styringsteknik, Gas Solar solcellekomponenter og DTU Fotonik, LED teknologi og forskning indenfor lysledning, og Montana møbelproducent.



December 2009:

Inform 0409 - temanummer om bæredygtighed:

"Smart teknologi og godt design kombineres med bæredygtighed" af Helle Lorenzen.



2009:
ELFORSK Nyt nr. 8.
Bilag G.

Perspektivering

Potentielle iPV applikationer



Solceller i indendørs applikationer er endnu et fuldstændigt uberørt marked. Projektgruppen har kun kunnet finde frem til ét andet (forsknings)projekt i Europa, som beskæftiger sig med noget lignende. iPv (indoor Photo Voltaics) er derfor meget interessant at kigge på i forbindelse med nye markedsområder.

Mange små apparater har et lille, men konstant elforbrug. Det gælder f.eks. antenneforstærkere, telefonsvarere, transformere til halogenlampe, bevægelsesmeldere, trådløse telefoner, opladere til diverse små-apparater (som mobiltelefoner, ministøvsugere, barbermaskiner, boremaskiner, elektrisk tandbørste, m.v.). Enhver husstand i Danmark og lande som Danmark har som minimum en medieafspiller. Der ses derfor et enormt stort marked for at nedsætte standby-forbruget, ikke mindst i kontorer, i disse apparater på en simpelt og fuldt integreret måde, og dermed have markedsfordele, da der kan reklameres med produkter, som har et lavere strømforbrug og kan spare slutbrugeren mange penge.



Sensorer og integrerede solceller har også et stort markedspotentiale. Der findes bl.a. lyssensorer, lydsensor, varmesensorer, elektricitet sensorer, mekaniske sensorer, RFID sensorer, hastighedsmålings-sensorer osv.

I vores markedsundersøgelser har vi ikke fundet mange velfungerende produkter med solceller. Vi ser derfor et stort uudnyttet potentiale for at bruge solceller i alverdens (design)produkter med iPV-løsninger i fremtidens kontormiljøer og hjem. Elektronikkomponenter bliver i dag mere og mere energieffektive, og forprojektet har vist, hvordan en nytænkning af energivejene og anvendelse af solcelleteknologi kunne bringe en markant energibesparelse med sig. Fra et standby-forbrug for et hæve-sænkebord på 1,5-2W til 350 μ W, hvilket reelt er 0W i bygningens energiregnskab, da det kommer fra solcellerne.


Lignende besparelser i andre produkter er nærliggende at forestille sig. Udover alle disse tekniske potentielle iPV perspektiver, som kan ligge i forlængelse af dette PSO-projekt, ser projektgruppen mange muligheder i integration af solceller i designprodukter, hvor solcellen kan bidrage med et mindsket CO₂ udslip, og en øget æstetik i produktet. En fremtidens æstetik, som viser vejen for morgendagens bæredygtige løsninger.

Markedspotentiale

Standby forbruget vokser dag for dag i verden, i takt med at der kommer flere og flere strømforbrugende apparater til. Det er uundgåeligt i en verden i udvikling, men det er ikke nødvendigvis ensbetydende med, at fremtidens produkter skal være uintelligente produkter, som bare bidrager til forbruget. Vi har med dette projekt vist vejen frem imod mere intelligente og grønne produkter.

Der er blevet udarbejdet en simpel SWOT analyse, for at visualisere mulighederne for en videre proces efter PSO projektet er fuldendt:

SWOT analyse

<p>Strengths</p> <p>Innovativ nedsættelse af standby-forbruget</p> <p>God brug af solceller som energiproducent</p> <p>Nedsættelse af omkostninger og CO₂</p> <p>Fungerer uden oplæring af brugeren</p> <p>Der skal ikke slukkes på stikkontakten for at spare strøm – høj brugervenlighed</p>	<p>Weaknesses</p> <p>Merpris på solceller må ikke overstige prisen for elforbruget (el er stadig billigt)</p> <p>Måske for tidligt ude</p> <p>Det er ikke velkendt at anvende solceller fuldt integreret produkter, oven i købet indendørs</p>
<p>Opportunities</p> <p>First-mover advantage</p> <p>Elegant løsning af et problem</p> <p>Kilowatt-prisen er stigende</p> <p>Solcelle-prisen er faldende</p>	<p>Threats</p> <div style="text-align: center;">  <p>El-spareskinnen</p> </div> <p>Andre produkter, som nemt og billigt kan nedsætte standby-forbruget i apparater</p>

Analysen har vist os, at der er mange faktorer, som er på plads allerede i dag, for at en produktion ville kunne give mening, og antallet af udfordringer måske ikke overstiger antallet af muligheder.

Derudover har vi foretaget nogle simple beregninger på, hvor meget der kan spares:

Et typisk hæve-sænkebords standby-forbrug er 17,5 kWh. Hvilket svarer til 10 kg CO₂ udslip om året pr. bord. På baggrund af et estimat ud fra Danmarks statistik findes der 650.000 elektroniske hæve-sænkeborde. Dette betyder, hvis alle arbejdspladser skifter deres nuværende borde ud med et nyt solcelledrevent bord, at der på årsbasis i Danmark vil reduceres med 5.659.500 kg CO₂ udslip.

På baggrund af det store besparelspotentiale og den drivkraft, der ligger i forhold til at kunne blive "first-mover" på et ellers konservativt marked, diskuteres der på nuværende tidspunkt på ledelsesplan i LINAK og Montana, hvorvidt man skal gå videre med at sætte et hæve-sænkebordet med solceller i produktion. De ønsker begge at styrke deres grønne profil som to ansvarlige og trendsettende virksomheder. Især Montana og LINAK anser det for af stor værdi at kunne tilbyde deres kunder et flot designprodukt, som har en flot grøn profil på en anderledes måde. Markedspotentialet er stort!

Bilag A

Artikel til EUPVSEC 2009

**THE CARBON NEUTRAL WORKSPACE
- A PLATFORM FOR REDUCING THE STANDBY CONSUMPTION**

THE CARBON NEUTRAL WORKSPACE - A PLATFORM FOR REDUCING THE STANDBY CONSUMPTION

Jensen, K. F¹, Bentzen, B¹, Poulsen, P², Dam-Hansen, C.²

[1] Faktor 3, Vesterbrogade 76 3rd, 1620 Copenhagen V Denmark, T. + 45 2684 4698, katrine.fj@faktor-3.dk

[2] DTU Fotonik, Department of Photonics Engineering, Technical University of Denmark

ABSTRACT: This article presents the work process and results gained in the ongoing project ‘The Carbon neutral workspace’, which was started up in 2008. The objective of the project is focused on elucidating and uncovering the great potential for usage of PVs to power the standby electric consumption in indoor applications.

The work performed in the project evolves on an electrical adjustable table used in office spaces, where the result is three functional showcases of the table with photovoltaic cells implemented to power the standby consumption. In this case the standby energy consumption is estimated to be 15 times greater than the in operation energy consumption. The work carried out involves investigation of light in office spaces where light measurements were conducted, dimensioning of PV cells under indoor, lowlight conditions, redesign of the electrical configuration in order to reduce the standby consumption as well as consideration of materials and integration of the photovoltaic cells.

Keywords: Indoor PV potential, design, R&D and Demonstration Program

1 BACKGROUND

As the world develops, the requirement for more electrical equipment in everyday life is increasing rapidly. The power consumption of electrical appliances both in operation and in standby mode therefore greatly contributes to our total energy consumption. When regarding the energy lifetime of an electrical product, the amount of energy used for standby cannot be neglected and will in many cases exceed the power used in operation. The potential of photovoltaics (PV) used indoor to supply the standby power is a fairly unexploited field, but can have a revolutionary effect on the total energy consumption worldwide.

2 THE PROJECT

The project was initiated by the manufacturer of electrical adjustable tables, Montana Group and electrical actuators, Linak, who found interest in integrating photovoltaic cells in the desk top. An interdisciplinary project group was formed, with competences ranging from the optics research institution (DTU Fotonik), representatives of the end-use product (Montana Group and Linak) and producer of photovoltaic cells, Gaia Solar, as well as the designers and engineers from Faktor 3, who all joined in the project, funded by the Danish Energy Association.

The project was divided into different phases, where a research survey with regards to different PV technologies as well as actual light measurements in a representative office environment was carried out. This was followed by work concerning reduction of standby consumption and redesign of the electrical configuration to match the PV chosen and electrical need for the actuators. Further, a design process concerning integration of PV cells into the table was conducted.

The phases will be described in the following.

2.1 Technical survey of PV and light measurements in an office space

It is well known that the electrical characteristic of a PV depends on the chosen technology (eg. Crystalline silicon, amorphous silicon, organic PV etc.), see Figure 1, with parameters like, cell temperature, spectral light distribution and irradiation intensity, influencing the overall performance. It is therefore crucial to have knowledge about the electrical behavior of different types of PV under relevant conditions in order to choose and dimension the PV for the specific application and energy consumption.

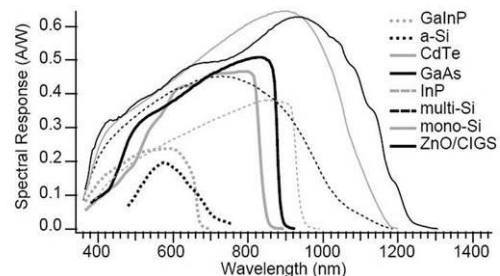


Figure 1: Spectral response of different PV technologies [1]

A technical survey of different PV technologies has been carried out with the aim to identify strengths and weaknesses with regards to electrical performance under lowlight, indoor conditions in a typical office. Indoor conditions calls for attention to spectral distribution, as this differs greatly from standard test conditions (STC), [2]. Experimental measurements have been carried out at a representative office to correlate PV performance to the light level as function of room depth and orientation. The PV cells chosen to implement in the electrical tables have therefore been dimensioned based on measurements of electrical performance under realistic conditions.

The Danish Building Code [3] contains regulations to ensure good indoor climate in office spaces, and prescribes that the Daylight Factor (DF) in work space level of 0.85 m above floor level, must be a minimum of 2%.

The Daylight Factor at a given point, is calculated as the relation between illuminance measured horizontal indoor, E_{in} to outdoor illuminance measured at a CIE clouded sky, E_{ext} , see Figure 2:

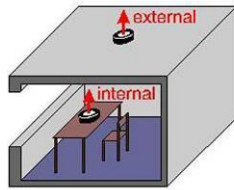


Figure 2: Daylight Factor [4]

$$DF [\%] = \frac{E_{in}}{E_{ext}} \cdot 100$$

The dimensioning of PV cells for the electrical adjustable table is therefore based on a DF at minimum 2%; otherwise it is assumed that the daylight is supplemented by an artificial light source.

A simulation of DF for the test room, performed in ReluxPro as well as the test setup is illustrated in Figure 3, where a graph illustrating the result of measurement for a mono-crystalline PV panel is shown as function to placement in room, DF and lighting source.

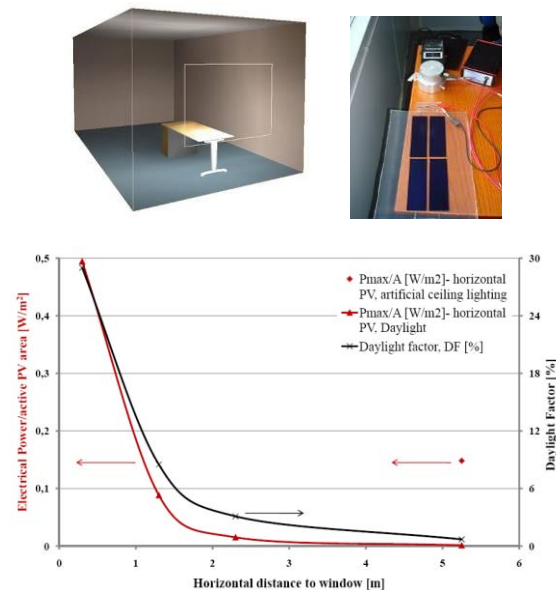


Figure 3: Correlation between electrical power per m^2 of SunPower® cells measured indoor, as function of distance to window and Daylight Factor

From Figure 3, it is seen that Daylight Factor in correspondence with the electrical performance P_{max}/m^2 is greatly reduced as a function of the distance to window.

The electrical performance was determined with an electronic load, Kikusui - PLZ-164WA, and a self-manufactured software.

The measurements on the daylight showed a correlated color temperature (CCT) of approx. 7000 K, whereas the CCT from the illumination by the artificial light source was approx. 3000 K, measured with the AvaSpec-2048 Fiber Optic Spectrometer.

The illuminance (in the visible area) with artificial lighting was equivalent to daylight in 1.2 meters distance from the window which was data used to dimension the PV cells for the table. Hereby the PV cells were dimensioned for electrical performance with an overlay of artificial lighting starting 1.2 meters in the room.

2.2 Electrical configuration

Traditional control devices operating electrical adjustable tables have a standby consumption of 1-2 W, corresponding to an energy consumption of minimum 24 Wh per day. This was reduced markedly to less than 1mW by integrating a powerless coupling; meaning that the table will be operational at all times, but only has a power consumption from the grid under operation. The electrical control has to be modified to the output of the PV as well as the requirement for the actuator, so this is tailored to support the chosen PV cell.

Even though the standby consumption has been greatly reduced, a survey of operational patterns for the electrical table indicated that the standby consumption is up to 15 times greater than used for operation.

2.3 The design process

Based on the investigations performed concerning the electrical behavior of solar cells under indoor conditions as well as aesthetic conditions for integration, three types of PV cells were selected. The required PV area was considered with regards to the user behavior and experience for the end-user, in order to create a well-designed product without high requirements and discomfort for the user. In order to integrate the solar cells, work with different expressions of lamination, integration and assembly has been considered. The final design integrations of the three different PV cells are:

- A mono-crystalline silicon panel integrated in a plug well at the table top, Figure 4:

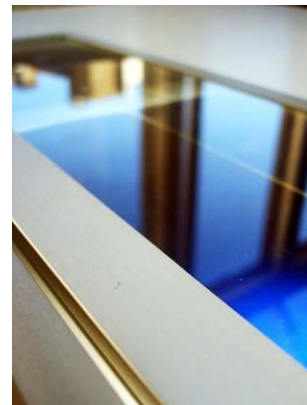


Figure 4: SunPower® cells integrated in plug well in table top

The Sunpower® cells are characterized by their dark, uniform appearance and with the highest conversion efficiency of commercial available products, the required PV area is well suited to integrate directly into the table surface. The cells are laminated in tempered glass with thin conductor lines in order to enhance the simplicity and beauty of the very clean materials.

- Two solar cell windows of small silicon spheres integrated in a dividing wall, Figure 5:



Figure 5: Kyosemi Sphelear® panels integrated in dividing wall

The Kyosemi Sphelear® panels are fascinating to hold up against the light and look through the fine network of silicon spheres. As a supplement to the electrical table, two panels have been integrated into a dividing wall which creates privacy, yet a visual link between the work space and the rest of the office.

- A blotting pad with flexible organic solar cells, Figure 6:



Figure 6: Blotting pad with Risoe DTU flexible organic cells

The organic solar cells fabricated at Risoe DTU are characteristic in their thin flexible plastic laminate, resembling a piece of paper. The blotting pad has been designed to be an additional element to the table top, which can easily be rolled out and integrate well with documents and other paper cases. Consideration to partial shadowing as well as the relatively low conversion efficiency has been taken when dimensioning the required solar cell area.

The design concepts all supports the existing aesthetic of the table and adds an important futuristic prospect: a huge leap towards a Carbon neutral workspace without compromising the design. The three functional prototypes of an electrical adjustable table with standby consumption covered by solar cells are to be exhibited in December 2009 at COP 15 in Copenhagen, Denmark.

2.4 Potential energy saving

A hypothetic calculation of potential energy savings related to electrical adjustable tables in Denmark could look like this:

Montana Group estimates that approx. 500.000 electrical tables are placed in Danish office spaces. When the project started in 2008, the actuator used 2 W in standby, resulting in a yearly energy consumption of $(2W \times 24h/day \times 365 \text{ days/year}) = 17520 \text{ Wh}$ for one table. For all 500.000 electrical tables in Denmark, this would amount to a yearly energy consumption of 8.760.000 kWh. This amount of energy is also equivalent to 4380 ton of Carbon exhaust on a yearly basis ($0.5 \text{ kg carbon}=1 \text{ kWh}$ [5]).

3 PROVISIONAL CONCLUSION

On the basis of actual light measurements in a representative office, it has been proven that the standby consumption of an electrical adjustable table can be covered by PV cells integrated in the table. Three different prototypes with focus on design, PV technology and the end-user are developed.

A general approach for integrating PV (in indoor appliances) is set up:

- a) Definition of surrounding conditions (light quality and intensity)
- b) Energy consumption of appliance determined
- c) Can the energy consumption be reduced?
- d) Type of PV chosen on basis of a) and b)
- e) Dimensioning of PV
- f) Modification of electrical circuit
- g) Integration in product

During the project, it has been realized that a test setup to characterize solar cells under low light conditions with variable spectrum is needed in order to dimension PV cells for indoor use.

4 FUTURE OUTLOOK

The work carried out in the project is not bound to the specific product, but is seen as a platform to exhibit the enormous potential for usage of PV indoor.

Other appliances characterized by a relative low energy consumption but with a need to be turned on continuously, have great potential to reduce their total energy consumption by solar cell powering .

The further work in the project involves development of an artificial solar simulator based on LEDs, which will provide a test facility to characterize solar cells under low light conditions ($0-200 \text{ W/m}^2$). An added future to the LED Sun will be the possibility to change spectral distribution of the light, which enables testing of the solar cell under resembling conditions to that, the solar cell will be subjected to.

This test facility will create possibility to systematically measure different solar cell technologies and collect data for electrical response, so a design tool with regards to surrounding light conditions, PV technology and energy consumption of the specific appliance can be developed.

5 ACKNOWLEDGEMENTS

The work described in this paper is funded by the Danish Energy Association, project no: 340-047.

6 REFERENCES

[1] H. Field: "Solar Cell Spectral Response Measurement Errors Related to Spectral Band Width and Chopped Light Waveform", 26th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, September 29-October 3, 1997, Anaheim, California

[2] N.H.Reich et al., "Weak light performance and spectral response of different solar cell types", Proceedings 20th European Photovoltaic Solar Energy Conference (2005).

[3] Bygningsreglementet 2008, ch. 6.5.2, Erhvervs- og Byggestyrelsen, København d.12. december 2007. ISBN: 978-87-91340-88-8

[4] R. Marsh et al., Arkitektur og energy, Statens Byggeforskningsinstitut (2006).

[5] Danish saving trust, www.savingtrust.dk

Bilag B

"Nyt kontormøbel med solceller" og "Ny messe kom godt fra start". Wood Supply.

CODE09: Nyt kontormøbel - med solceller

27. august 2009 - Af Rasmus Gregersen

[Linak](#), [Montana](#)

Montana og Linak er blandt virksomhederne bag et helt nyt hæve-sænke-bord, hvor standby-forbruget dækkes af solenergi.

Nutidens hæve-sænke-borde er en strømsluger.

Bordets ledning sidder konstant i stikkontakten og trækker strøm, kun med det formål at give brugeren muligheden for at trykke på op-/ned-knappen, og se bordet køre sekundet efter, vel at mærke uden først at skulle kravle ind under bordet og sætte kontakten i stikket først.

Under CODE09 udstiller Montana og Linak en helt ny type hæve/sænkeborde, som viser, at det kan lade sig gøre at kombinere nutidens brugervenlighed med ansvaret for en bæredygtig fremtid.

- Den strøm, der anvendes til standby på enhver arbejdsplads i fx computere, diverse opladere og fra vores verden hæve-sænke-borde, er et overflødig forbrug. Derfor gik vi i 2008 i partnerskab med Linak, Faktor 3, Gaia Solar og DTUFotonik. Målet med projektet var at udvikle den CO2-neutrale arbejdsplads, støttet af Dansk Energi, og finde ud af, om solceller kan levere nok strøm til et hæve-sænke-bord, fortæller Joakim Lassen, kreativ direktør hos Montana.

HS2 solcellebordet er et synligt bevis på, at solceller nu kan klare standby funktionen i hæve-sænke-borde:

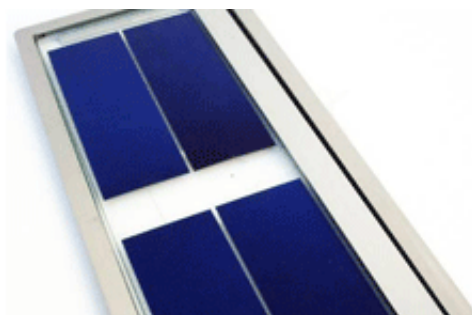
- Vi har i projektet testet mange forskellige solceller for at finde den type, som fungerer bedst i den slags lavtlysområder, som et kontormiljø typisk er. Ud over solcellerne får det nye arbejdsbord også en ny styringselektronik, som bruger markant mindre strøm end almindelige hæve-sænke-borde, siger Joakim Lassen, der forventer, at bordet vil være færdigudviklet og til salg i starten af 2010.

HS2-prototypen præsenteres i Montanas showroom i Pakhus 48 samt hos Linak (B4-131) i Bella Center.

[Tip redaktionen om en historie](#)

[Send til en kollega](#)

[Skriv en kommentar til artiklen](#)



Ny messe kom godt fra start

27. august 2009 - Af Rasmus Gregersen

[Linak](#), [Montana](#)

Masser af fagfolk lagde vejen forbi Bella Center, da CODE 09 åbnede torsdag. Såvel arrangør som udstillere melder om en god indledning på designmessen.

Torsdag klokken 10.00 lød startskuddet til CODE 09, og det tog ikke lang tid at konstatere, at ganske mange fagfolk havde valgt at lægge vejen forbi designmessen i Bella Center på Amager.

Både i den store messehal ved indgangen og i området omkring de permanente showrooms på første sal var der masser af liv, og det glædede udstillingschef, Lone Ann Disch:

- Der er kommet masser af besøgende i løbet af de første timer, og indtil videre er det gået, som vi havde håbet. Kritikerne har anklaget os for blot at være møbelmessen i ny forklædning, men vi har hele tiden sagt, at det her er et anderledes koncept – en helt ny designoplevelse, lød det fra udstillingschefen.

Hun vil ikke sætte tal på sine forventninger til antallet af besøgende men satser på, at årets messe kan give arrangørerne et godt afsæt til den videre udvikling af CODE.

Bekymringer gjort til skamme

Blandt de i alt 281 udstillere var hæve-/sænke-specialisten, Linak, som havde prototypen på et helt nyt produkt med sig på messen.

Sammen med virksomhederne Montana, Faktor 3, Gaia Solar og DTUFotonik har Linak over de seneste to arbejdet på at udvikle et hæve-sænke-bord, hvor standby-forbruget dækkes af solenergi. HS2, som bordet kaldes, var med til at give Linak-repræsentanterne en hæsblesende start på de fire dage i Bella Center:

- Det har været en forrygende dag, og havde vi på forhånd nogle bekymringer, er de i hvert fald blevet gjort til skamme. Vi har haft mange interesserede forbi, og det er blevet til flere konkrete henvendelser, sagde marketingchef Hanne Jørgensen.

Torsdag var CODE forbeholdt fagfolk, og det samme gør sig gældende for fredag og lørdag. Søndag, der er messens sidste dag, åbnes dørene til gengæld for alle.

[Tip redaktionen om en historie](#)

[Send til en kollega](#)

[Skriv en kommentar til artiklen](#)



Bilag C

"The Carbon Neutral Workspace" af Katrine Flarup Jensen, Faktor 3.

Intelligent Glass Solutions (iGS), engelsk magasin, den 25. september 2009, England.

The carbon neutral workspace

Katrine Flarup Jensen, Faktor 3 Aps. MSc in Engineering



The power consuming workspace

Abstract

This article presents the work process and results gained in the ongoing project 'The Carbon neutral workspace', which was started up in 2008. The objective of the project is focused on elucidating and uncovering the great potential for usage of Photovoltaics (PV) in indoor applications to power the standby electricity consumption.

The work performed in the project evolves on an electrical adjustable table used in office spaces, where the result is 3 functioning showcases of the table with photovoltaic cells implemented to power the standby consumption. In this case the standby energy consumption is estimated to be 15 times greater than in operation. The work carried out involves investigation of light in office spaces where light measurements have been

conducted, dimensioning of photovoltaic cells under indoor, lowlight conditions, redesign of the electrical configuration in order to reduce the standby consumption as well as consideration of materials and integration of the PV.

Background

As the world develops, the requirement for more electrical equipment in everyday life is

increasing rapidly. The power consumption of electrical appliances both in operation and in standby mode therefore greatly contributes to our total energy consumption. When regarding the energy lifetime of an electrical product, the amount of energy used for standby cannot be neglected and will in many cases exceed the power used in operation. The potential of PV used indoor to supply the standby power is a fairly unexploited field, but can have a revolutionary effect on the total energy consumption worldwide.

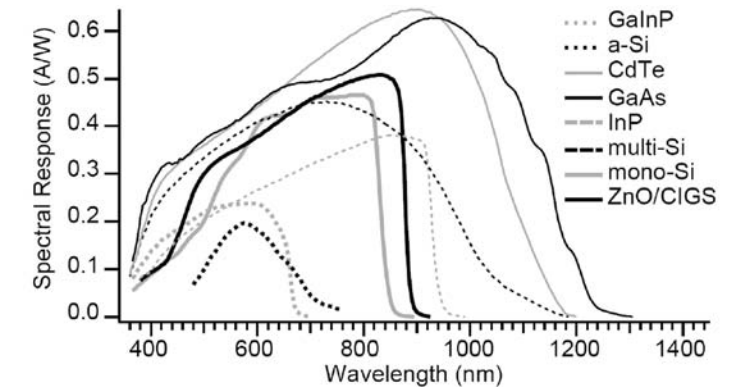
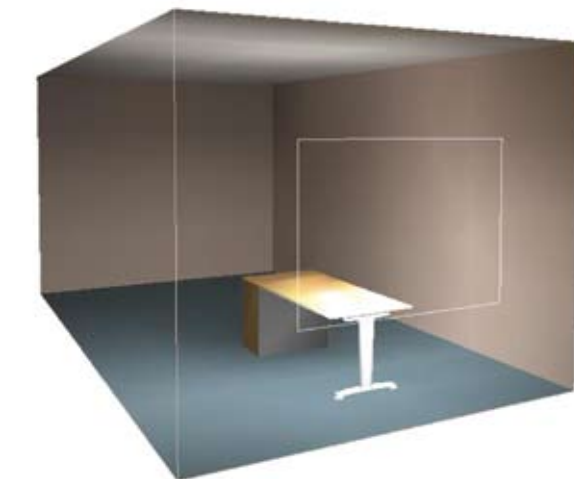


Figure 1: Electrical response of different types of Photovoltaic technologies
Reference: H. Field: "Solar Cell Spectral Response Measurement Errors Related to Spectral Band Width and Chopped Light Waveform", 26th IEEE Photovoltaic Specialists Conference, September 29-October 3, 1997, Anaheim, California



Measurement of electrical performance of SunPower cells performed in reference office (SBI's Daylight laboratory)

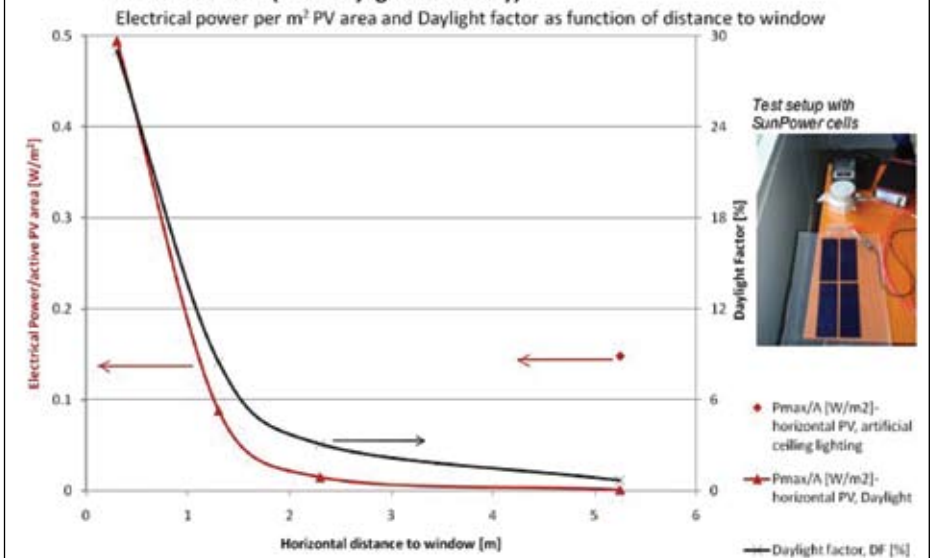


Figure 2: Correlation between measurements indoor of electrical performance of SunPower cell as function of distance to window and Daylight Factor

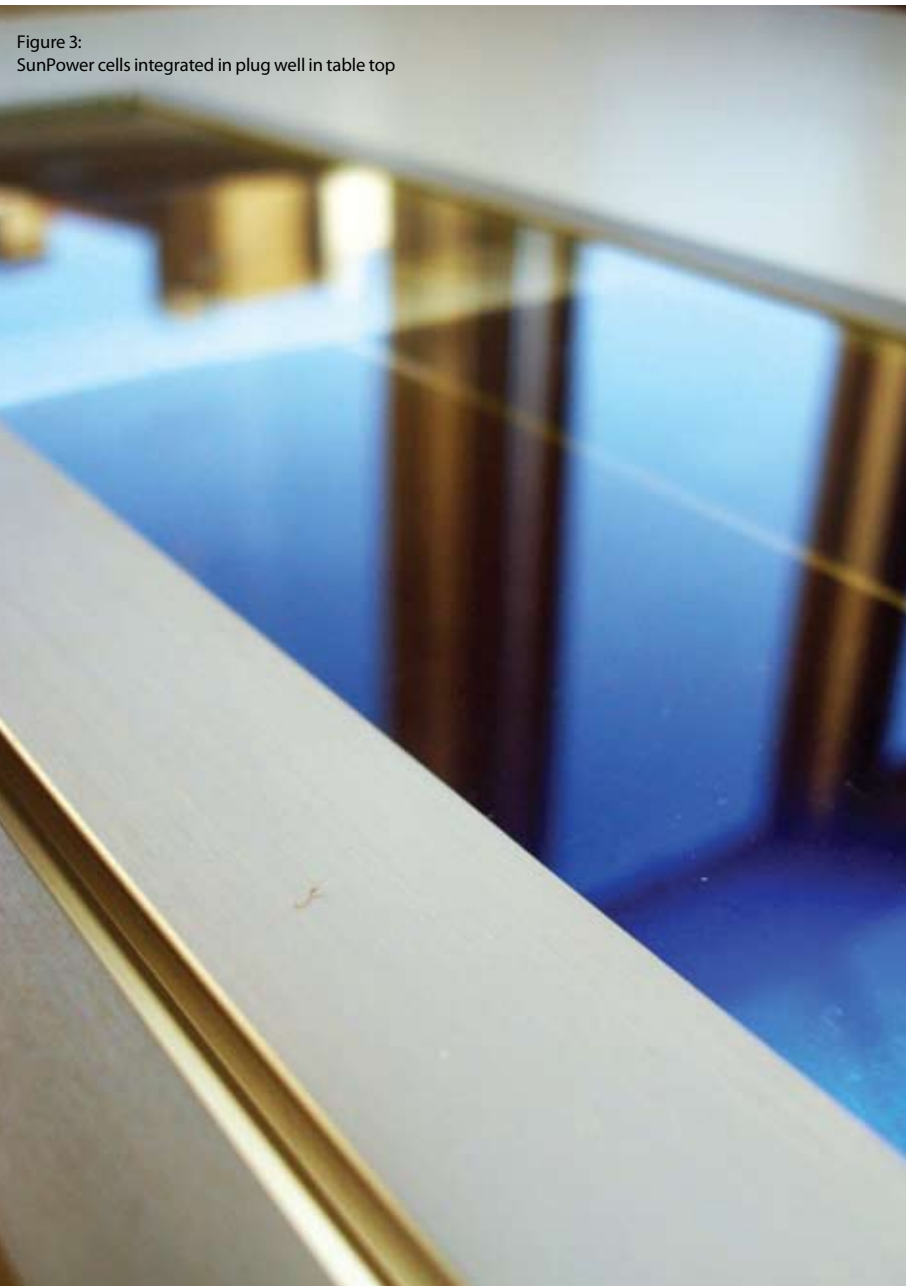


Figure 3:
SunPower cells integrated in plug well in table top

The project was divided into different phases, where a research survey with regards to different PV technologies as well as actual light measurements in a representative office environment was followed by work concerning reduction of standby consumption and redesign of the electrical configuration. Further a design process concerning integration of PV cells into the table was conducted. The phases will be described in the following.

Technical survey of PVs and light measurements in an office space

It is well known that the electrical characteristic of a photovoltaic cell depends on technology (eg. Crystalline silicon, amorphous silicon,

organic PV etc.), with the variables: cell temperature, spectral light distribution and irradiation intensity, that all influence the overall performance. It is therefore crucial to have knowledge about the electrical behavior of different types of PV under relevant conditions in order to choose and dimension the PV for the specific application and energy consumption (Figure 1, previous page).

A technical survey of different PV technologies has been carried out with the aim to identify strengths and weaknesses with regards to electrical performance under lowlight, indoor conditions in a typical office. Experimental measurements have been carried out

at a representative office to correlate PV performance to the light level as function of room depth and orientation. The solar cells chosen to be implemented in the electrical tables have therefore been dimensioned based on measurements of electrical performance under realistic conditions.

The Danish Building Code contains regulations to ensure good indoor climate in office spaces, and prescribes that the Daylight Factor (DF) in work space level of 0.85 m above floor level, must be minimum 2%. The dimensioning of solar cells for the electrical adjustable table is therefore based on a DF at minimum 2%; otherwise it is assumed that the daylight is supplemented by an artificial light source. A simulation of DF for the test room, performed in ReluxPro, is illustrated in (Figure 2, on previous page) where a graph illustrating the result of measurement for one PV is shown as function to placement in room, DF and lighting source.

From Figure 2, it is seen that Daylight Factor in correspondence with the electrical performance P_{max}/m^2 greatly reduces as function to window distance. The illuminance (in the visible area) with artificial lighting was equivalent to daylight in 1.2 meters distance from the window which was data used to dimension the PV cells for the table. Hereby the PV cells were dimensioned for electrical performance with an overlay of artificial lighting starting 1.2 meters in the room.

Electrical configuration

Traditional control devices operating electrical adjustable tables have a standby consumption of 1-2W, corresponding to an energy consumption of minimum 24 Wh per day. This was reduced markedly to less than 1mW by integrating a powerless coupling; meaning that the table will be operational at all times, but only has a power consumption from the grid under operation. The electrical control has to be modified to the output of the PV as well as the requirement for the actuator, so this is tailored to support the chosen solar cell.

Even though the standby consumption has been greatly reduced, a survey of operational patterns for the electrical table indicated that the standby consumption is up to 15 times greater than used for operation.

Design process

Based on the investigations performed

concerning the electrical behavior of PV cells under indoor conditions as well as aesthetic conditions for integration, 3 types of PV were selected. The required PV area was considered with regards to the user behavior and experience for the end-user, in order to create a well-designed product without high requirements and formation of genes for the user. In order to integrate the solar cells, work with different expressions of lamination and montage has been considered. The final design integrations of the three different PV cells are:

- A mono-crystalline silicon panel integrated in a plug well at the table top, figure 3.
- The Sunpower cells are characteristic by their dark, uniform appearance and with the highest conversion efficiency, the required PV area is well suited to integrate directly into the table surface. The cells are laminated in tempered glass with thin conductor lines in order to enhance the simplicity and beauty of the very clean materials.
- Two PV windows of small silicon spheres integrated in a dividing wall, figure 4.
- The Kyosemi Sphelar panels are fascinating to hold up against the light and look through the fine network of silicon spheres. As a supplement to the electrical table, two panels have been integrated into a dividing wall which creates privacy, yet a visual link between the work space and the rest of the office.
- A blotting pad with flexible organic solar cells, figure 5.

- The organic solar cells fabricated at DTU Risoe are characteristic in their thin flexible plastic laminate, resembling a piece of paper. The blotting pad has been designed to be an additional element to the table top, which can easily be rolled out and integrate well with documents and other paper cases. Consideration to partial shadowing as well as the relatively low conversion efficiency has been taken when dimensioning required solar cell area.

The design concepts all supports the existing aesthetic of the table and adds an important futuristic prospect: a huge leap towards a Carbon neutral workspace without compromising with the design.



Figure 4:
Kyosemi panels integrated in dividing wall



Figure 5:
Blotting pad with Risoe flexible organic cells

The three functioning prototypes of a electrical adjustable table with standby consumption covered by solar cells are to be showcased in December at the COP 15 in Copenhagen, Denmark.

Future outlook

The work carried out in the project is not bound to the specific product, but is seen as a platform to showcase the enormous potential for usage of PV indoor.

Other appliances characterized by relative low energy consumption but in need to be turned on continuously, have great potential to reduce their total energy consumption by powering of PV cells.

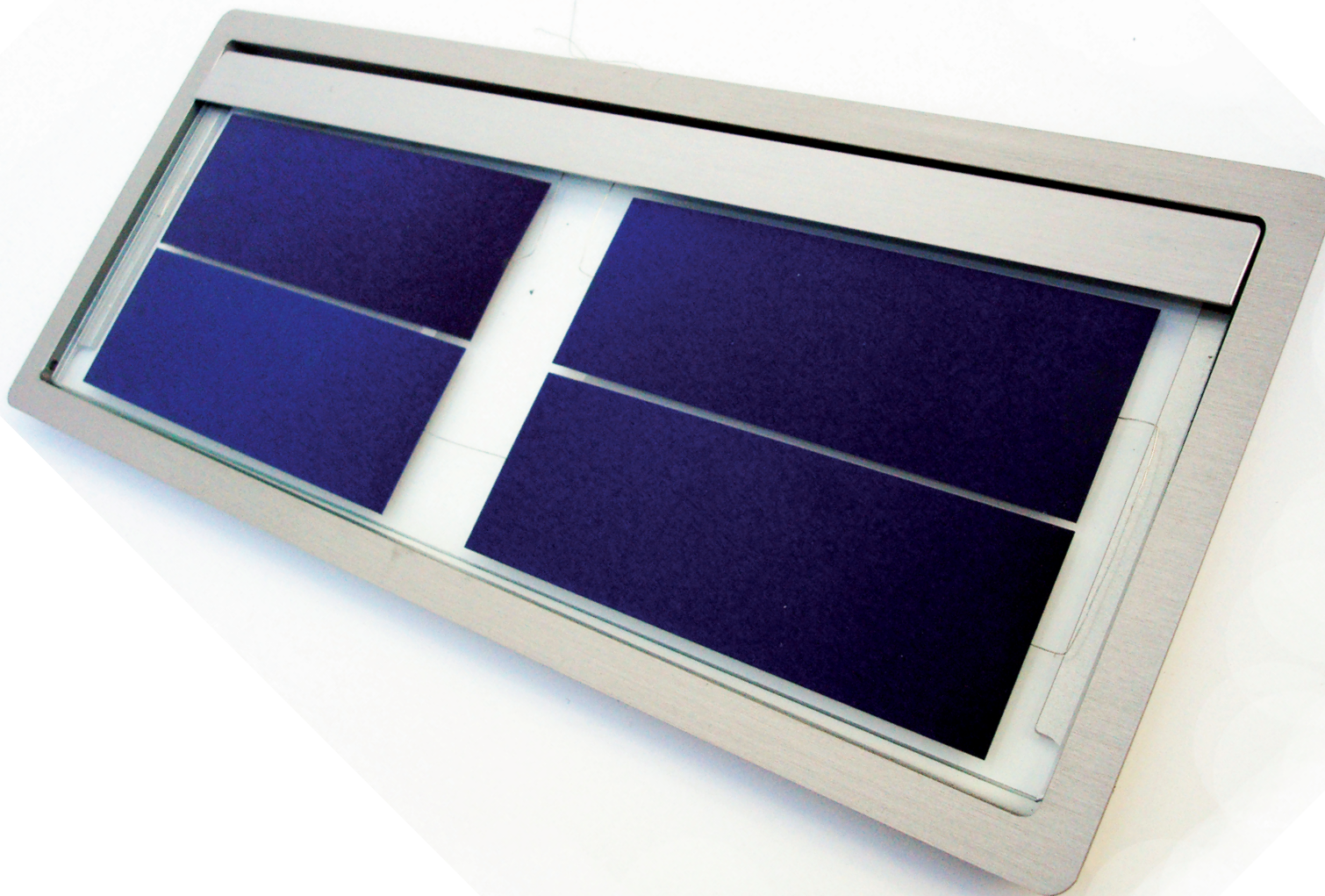
The further work in the project involves development of an artificial solar simulator based on LEDs, which will provide a test facility to characterize solar cells under low light conditions (0-200 W/m²). An added future to the LED Sun will be the possibility to change spectral distribution of the light, which enables testing of the solar cell under resembling conditions to that, the solar cell will be subjected to.

This test facility will create possibility to systematically measure different solar cell technologies and collect data for electrical response, so a design tool with regards to surrounding light conditions, PV technology and energy consumption of the specific appliance can be developed.

Bilag D

Montana folder til præsentation af projektet under COP15 og i øvrigt i deres show room.

making room for development



CO₂-fri arbejdsplads

Montana
www.montana.dk

Montana

Montana lancerer nyt hæve-sænke-bord - med solceller



I august 09 præsenterede Montana en verdensnyhed med prototypen på det helt nye HS2 hæve-sænke-bord, der med indbyggede solceller er et bidrag til den CO₂- og energineutrale arbejdsplads. For Joakim Lassen, Direktør, Design & Kommunikation hos Montana, der var med til at sætte projektet i gang for et år siden, er det nye HS2 solcellebord resultatet af en idé, som han har haft siden han fandt ud af hvor meget strøm, der bruges på elektriske standby funktioner.

"Den strøm, der anvendes til standby på enhver arbejdsplads i f.eks. computere, diverse opladere og fra vores verden hæve-sænke-borde, er et overflødigt forbrug. Hæve-sænke-borde har en positiv ergonomisk effekt på brugerne, og med et øget salg af hæve-sænke-borde følte vi os i Montana kaldet til også at sikre et positivt bidrag til klimaregnskabet. Derfor gik vi i 2008 i partnerskab med LINAK, Faktor 3, Gaia Solar og DTUFotonik, der er hhv. leverandører af hæve-sænke-mekanismer og eksperter inden for hvert sit felt af solcelleteknologien. Målet med projektet var at udvikle den CO₂ neutrale arbejdsplads, støttet af ELFORSK ordningen under Dansk Energi, og finde ud af, om solceller kan levere nok strøm til et hæve-sænke-bord," fortæller Joakim Lassen.

HS2 solcellebordet er et synligt bevis på, at solceller nu kan klare standby funktionen i hæve-sænke-borde. Ud over solcellerne får det nye arbejdsbord også en ny styringselektronik, som bruger markant mindre strøm end almindelige hæve-sænke-borde.

Resultatet er så overbevisende, at der er fremstillet fire HS2 borde med solcellepanelerne, der aktuelt står i tre interessante energihuse/udstillinger: 2 borde i Green Lighthouse på Københavns Universitet, 1 bord i Energy Flexhouse ved Teknologisk institut samt 1 bord på LINAKs stand B4-131 på Scandinavian Trademart i Bella Center.

"Vi arbejder videre med projektet og forventer, at bordet vil være færdigudviklet og til salg i starten af 2010. Med denne type borde er vi et skridt nærmere den klimaneutrale arbejdsplads", siger Joakim Lassen.

Spær CO₂ udledning

Det nyudviklede hæve-sænke-bord vil medføre en reduktion af energiforbruget i kontormiljøer, dels ved optimering af elektroniske komponenter og dels ved at standby-forbruget kører på solcelleenergi. Projektets vurdering er, at der findes ca. 500.000 hæve-sænke-borde i Danmark. Standby forbruget var ved projektets start i 2008 ca. 2 watt, hvilket svarer til 17,5 kWh pr. bord pr. år. Dette betyder, at der bruges ca. 8.760.000 kWh pr. år i Danmark. Dette kWh-forbrug kan omregnes til 4380 ton CO₂, som solceller anvendt til standby funktionen på de antagede 500.000 danske hæve-sænke-borde ville kunne spare verden for.

Samarbejdspartnere

Samarbejdspartnerne i udviklingen af solcellerne og den nye hæve-sænke-mekanisme i Montana HS solcellebord er: LINAK (hæve-sænke-mekanisme), Faktor 3 (design og udvikling af solceller og styringselektronik), Gaia Solar (solcellekomponenter) og DTU Fotonik (LED teknologi og forskning indenfor lysmåling), og Montana (møbelproducent).



Bilag E

Inform 0409 - temanummer om bæredygtighed:

"Smart teknologi og godt design kombineres med bæredygtighed" af Helle Lorenzen.

Faktor 3 har i vor mere og mere miljøbevidste verden fundet sig til rette i en god niche. Designeren, civilingeniøren, teknologiudvikleren og arkitekten er nemlig udelukkende involveret i projekter, der har solceller som teknologisk omdrejningspunkt.

Smart teknologi og godt design kombineres med bæredygtighed

Faktor 3 har lige dele opmærksomhed på design, teknologi og bæredygtighed og arbejder på at få de tre faktorer til at hænge sammen – med specielt fokus på integrering af solceller i deres projekter og produkter.

Siden virksomhedens start for cirka tre år siden har både besætningen og indgangen til arbejdet med solceller ændret sig.

“I starten tænkte vi stort set kun i solceller isoleret set, nu forsøger vi at anlægge et større perspektiv,” siger industriel designer mDD Barbara Bentzen, som var med til at etablere Faktor 3. Hun uddyber:

“Vi tænker på de mennesker, der skal bruge produktet, hvor bor de, og i hvilken sammenhæng skal produktet fungere. Fx arbejder vi i øjeblikket med en lampe til afrikanske lande, så det bliver muligt at læse, når mørket er faldet på. Det nytter jo ikke i sådan et projekt at komme med noget vildt avanceret. Brugervenlighed er også en vigtig del af bæredygtigheden. Vi tænker i produktionen, kan lampen eventuelt samles lokalt på stedet, så vi kan være med til at skabe arbejdspladser, mindske transporten samt åbne mulighed for

en mere ligeværdig dialog. Endelig tænker vi på bortskaffelsen af produktet, hvordan undgår vi at svine, hvordan kan enkeltdele genbruges.”

Faktor 3 ved godt, at de ikke redder verden med solceller, selvom de er med til at reducere strømforbruget i vores del af verden eller forbedre nogle forhold for mennesker i udviklingslande, men:

“Vi tror på, at vi kan få en mere bæredygtig verden, når vi kombinerer de smarte vedvarende teknologier i et godt design. Og det er vigtigt, at designet ikke er en “add on” ting – det skal integreres helt fra starten.”

Penge til research og udvikling

For halvandet år siden fik møbelproducenten Montana og LINAK, som producerer aktuatorerne til hæve/sænkeborde (mekanismen, der får bordet til at køre op og ned) en god idé. Var det mon muligt at bruge solceller til at drive noget af strømmen i bordene? Gaia Solar, Faktor 3 og Risø DTU kom med i projektet, som fik bevilget penge fra Dansk Energis pulje til udvikling af vedvarende energi. I første omgang

skulle pengene bruges til at bevise, at projektet overhovedet havde livets ret. Så gik målearbejdet i gang. Man målte, hvor meget lys, der er til rådighed i kontormiljøer alt efter afstand til vinduer, og der blev udarbejdet parametre for, hvilke felter det var muligt at arbejde i. Dernæst målte man en række solceller på Risø for at finde den mest velegnede type til indendørs brug. Tre solcelleteknologier blev udvalgt – alle kan placeres hvor som helst i lokalet, hvis de to procents lysindfald, der er lovfæstet, er opfyldt.

Standby-forbrug er det største

Montana har vurderet, at der står cirka 500.000 hæve/sænkeborde rundt om på danske kontorer. Og alle trækker de strøm ud af stikkontakterne i standbytilstanden (se regnestykke i box side 54, red.).

Projekt deltagerne fandt ud af, at hvis solcelleenergien skal dække selve hæve/sænkefunktionen, vil det kræve, at hele bordpladen plastres til med solceller.

Og da brugerundersøgelsen viste, at hæve/sænkeborde bruges meget

forskelligt – nogle personer står op flere gange om dagen, andre kun et par gange om ugen – vurderede man, at det er mest hensigtsmæssigt at fokusere på standby-forbruget, som faktisk også sammenlagt er større, end de gange hæve/sænkemekanismen aktiveres.

“Vi bruger jo rask væk strøm og er meget forventende. Når vi trykker på en knap, skal det virke inden for et sekund, ellers tror vi, at noget er i stykker. Og der er ingen af os, der har disciplin til at sætte bordets ledning i stikkontakten, når vi har brug for at hæve eller sænke bordet – og tage den ud bagefter. Det ville i øvrigt kræve, at vi ofte skulle ligge og rode under bordet..... Derfor er bordene altid sat til og bruger dermed strøm hele tiden,” forklarer Barbara Bentzen.

Et LINAK system brugte 2 w i standby-funktion. Faktisk så meget, at solceller ikke kunne dække behovet. LINAK koncentrerede sig derfor om at udvikle en ny styreenhed, og det lykkedes at nedsætte strømforbruget til 1,4 w. Solcellen kan nu oplade et energilager og dække det behov, der er for strøm i standby-tilstanden, så forbruget nu er på 0 w.

“Det var sådan set et projekt i sin helhed. Ingen har gjort det før, så det sætter også nye standarder for hæve/sænkeborde,” siger Barbara Bentzen.

En solcelle er ikke bare en solcelle

Projektets deltagere havde nu bevist, at det var muligt at lade solceller give strøm til standby-funktionen i hæve/sænkeborde, og det udløste i 2009 en ny portion penge fra Dansk Energi. Nu kom Faktor 3 – sammen med Montana – for alvor på banen, da de udvalgte solcelleteknologier skulle integreres i tre godt designede borde.

“Vi ønskede at vise, at en solcelle ikke bare er en solcelle. Der er en lang række muligheder, de har hver sit udtryk og kan integreres på vildt mange måder.



Montana hæve/sænkebord med solceller integreret i bordfladen

Derfor har vi designet tre borde, hvor solcellearealet er placeret forskellige steder, og hvor hvert areal er beregnet ud fra, hvilket strømbehov der er,” fortæller Barbara Bentzen.

Bordene vil blive sat i produktion af Montana. I det første bord er solcellerne integreret i en ganske fin og tynd glasoverflade i en eksisterende stikbrønd. Det andet bord, som bliver sat i produktion, når det første bord er færdigudviklet, er udstyret med en skillevæg, hvori der er monteret transparente solceller, så det er muligt at se igennem væggen. Den sidste variant er stadig under udvikling og bliver højst sandsynlig en oplade-unit, som kan købes løst og, som er baseret på Risø DTU's lette og fleksible plast-solceller.



Close up af solcellepanel til integration i bordfladen

Montana hæve/sænkebord med transparent solcellepanel

Mindre CO2 udledning

Montana Group vurderer, at der findes ca. 500.000 hæve/sænke-borde i Danmark. Da projektet startede i primo 2008 brugte strømfrikoblingen i aktuatoren, ifølge LINAK 2W, dvs. 17.520 Wh pr. bord pr. år (2W x 24 timer x 365 dage). Bliver dette beløb ganget op med 500.000 hæve/sænke-borde lander vi på 8.760.000 kWh/år i Danmark. I CO2-besparelser svarer det til en besparelse på 4.380 tons CO2 pr. år, hvis 1 kW er det samme som 500 g. CO2 (ifølge Elsparefonden).



Samarbejdspartnere

Projektet er støttet af Dansk Energi igennem ELFORSK ordningen. Samarbejdspartnere er LINAK (hæve/sænke-mekanisme), Faktor 3 (design og udvikling af solceller og styringselektronik), Gaia Solar (solcellekomponenter) og Risø DTU (LED teknologi og forskning inden for lysmåling) og Montana (møbelproducent).

På vej mod det CO2 neutrale kontor?

Godt nok er man ikke kommet så langt endnu i udviklingen af solceller, at de kan anvendes til strømforbruget på indendørs belysning, men ellers er der rigeligt med standby-funktioner at kaste sig over både på kontoret og i privaten: printere, computere, tv, dvd- og cd-afspillere, kaffemaskiner....

"Jeg håber da, at hæve/sænkebordene bare er starten, for det er en fin måde at kombinere vores forvante verden med bæredygtighed. Der er nogle teknologiske muligheder, som gør, at vi kan bevare vores bekvemme levestil

og samtidig få bedre samvittighed, når vi passer bedre på verden. Desuden er solceller jo nu et helt andet sted i dag, og er ikke længere kun berettigede på tage. Det er i høj grad muligt at integrere teknologien på en smuk måde – også i arkitekturen, hvor man kan bruge solceller som et spændende arkitektonisk element," mener Barbara Bentzen.

Og måske bliver et samarbejde mellem Faktor 3 og nogle arkitekter snart en mulighed. Designvirksomheden bor i hvert fald hos Henning Larsen Arkitekter, som er meget interesseret i Faktor 3's arbejde.

INDEX

DESIGN

TO IMPROVE

LIFE

p. 46

Design thinking must be linked to hardcore knowledge

The designers are getting themselves into trouble, because if they want to work seriously with viability it requires large amounts of exact knowledge. One obvious solution is to collaborate with experts at universities and business schools. This statement comes from the chairman of the INDEX: jury, architect MAA Nille Juul-Sørensen. The problem is how to link that knowledge to our fantastic design thinking, and

an obvious solution is to collaborate with experts from universities and business schools, who can measure the importance, the effect, the advantages and the disadvantages of various viable solutions and the resulting consequences for the businesses. It irritates the chairman of the INDEX: jury to see so many good and skilful Danish designers wasting their time and talent on designing hostess gifts and day-to-day design, when they can contribute to solving some of the world's problems with their design-thinking. Designers and their methods are obvious contributors to viable solutions and strategies, because they can think ahead, develop scenarios and visualise things that do not exist. Not many other people can do that. Nille Juul-Sørensen believes that design thinking is the only way out of the world's problems, but as he emphasizes: it does not have to be the

designers, who do this thinking alone. It is the method, the thinking in itself, that is important.

We in the Western world continue to spew out more or less useful products for ourselves. How viable is that? Why do we not design for the millions of people around the world, who really need to have their basic conditions improved?

Because Western designers in general have not understood that another design philosophy is needed. We have to get used to the fact that what we design is unfinished. Instead of designing completely finished products we should design systems that enable the product to be specifically shaped according to the culture in which it will be used. You can choose only to design for those you know already, but if you really want to make a difference, you have to look elsewhere and stop being so sensitive.

04
09
65

p. 52

Smart technology and good design in combination with viability

Faktor 3 has – in a world that becomes more and more environmentally conscious – found its place in a good niche. The design office is only involved in projects where solar cells are the main technological focus, and it focuses equally on design, technology and viability – 3 factors that the company wishes to combine into a whole. During the past couple of years Faktor 3 has worked on the integration of solar cells in hydraulic tables in collaboration with the furniture manufacturer Montana, LINAK – that produces the actuators for hydraulic tables (the mechanism that makes the table go up and down) – Gaia Solar and Risø DTU. The project has been granted

money from Danish Energy's pool for development of renewable energy. There are app. 500,000 hydraulic tables in Danish offices. They all require large quantities of electricity from the outlets in their standby mode. A consumer survey showed that a hydraulic table is not activated more than twice per week in average, which is why it was thought to be more suitable to focus on the standby consumption – which is also larger than the number of times the hydraulic mechanism is activated. A hydraulic table with solar cells integrated in a fine and thin glass surface in an existing plug can now be bought via Montana. If sales prove to be good, another type is ready with transparent solar cells attached in the partition of the table. A third type is still being developed, and it will most likely

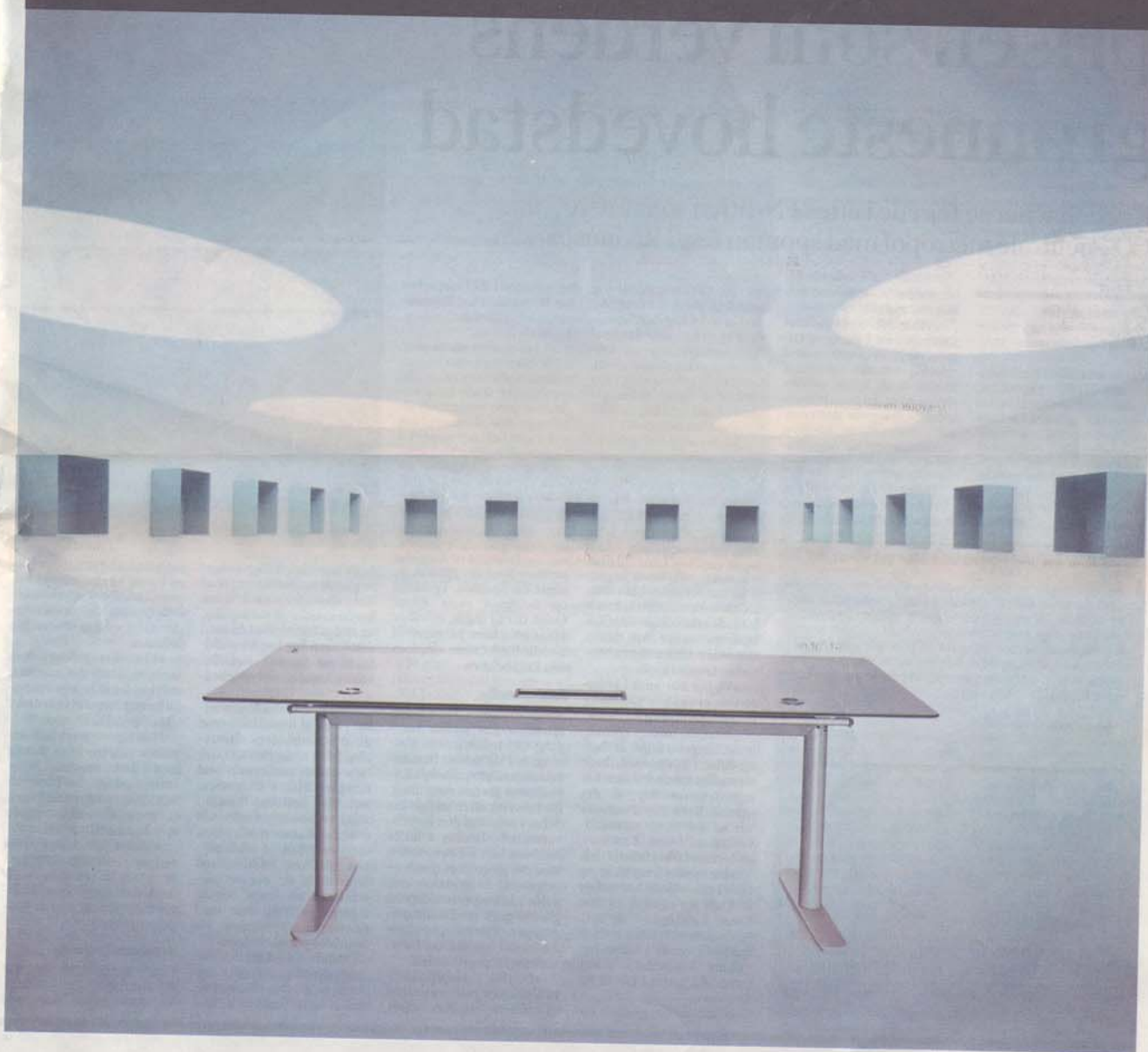


come with a charging unit that can be bought separately and that is based on the light and flexible plastic solar cells invented at Risø DTU. With the hydraulic tables it will be easier to operate all other machines with a standby mode, both at the office and in the home: printers, computers, television, DVD and CD players, coffee machines.

Bilag F

Stor annonce i Information, udarbejdet af Montana

MAKING ROOM FOR DEVELOPMENT

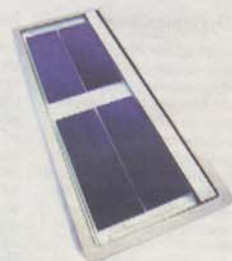


CO₂ - NEUTRAL ARBEJDSPLADS

MONTANAS NYE HÆVE-SÆNKE-BORD - MED SOLCELLER

Montana

DESIGN PETER J. LASSEN OG JOAKIM LASSEN
WWW.MONTANA.DK



Bilag G

ELFORSK Nyt nr. 8.



Den klimavenlige familie

”Her er tale om et helt nyt projekt, der går ud på via web, DR og andre populærmedier at kommunikere til Familien Danmark, hvordan en helt almindelig dansk familie kan lære at leve klimavenligt og godt.

Der skal bl.a. udarbejdes et webbaseret katalog med klimavenlige tiltag, der er relevante for en almindelig dansk familie, som så derefter testes i 100 udvalgte familier – og der er også en konkurrence om at blive bedst. Men desuden er DR inddraget i projektet og vil producere tv-indslag, som sætter fokus på familiernes tiltag samt deres virkning på familiernes hverdag, økonomi, samvittighed og samfundsfølelse.

Ud over **Teknologisk Institut**, som er projektleder, **Lokalenergi**, **Statens Byggeforskningsinstitut**, **Danmarks Radio** og **de udvalgte familier**, deltager en **enkeltperson, Christine Feldthaus**, livsstilseksperter som I kender fra tv, også aktivt i projektgruppen. Christine's rolle i teamet er - som forfatter til bogen: **Feldthaus skruer ned/En dagbog om at spare på miljøet** plus hendes erfaringer som mangeårig projektleder i reklamebranchen - at være med til at sikre, at budskabet om den klimavenlige familie bliver overbragt så bredt og effektivt som muligt i de forskellige medier.

Mere solcelledreven udvikling til belysning m.v.

”To projektledere har fået midler til at videreudvikle allerede afsluttede projekter. Det er firmaet **Out-sider**, som i samarbejde med bl.a. **FAKTOR 3**, **Kunstakademiets Arkitektskole** og **DONG Energy** vil udvikle og designe nye gadelygter, der kører på 100% grøn energi på basis af en kombination af solceller, LED-lyskilder, intelligent elektronik og en nyudviklet inverter til netkobling.

FAKTOR 3 kan desuden gå videre med at udvikle indendørs løsninger til Den CO² Neutrale Arbejdsplads – altså brug af solceller i lowlight conditions. Andre projektdeltagere er her **LINAK**, **DJOB Montana Group**, **DTU Fotonik** og **Gaia Solar**. Det er en fortsættelse af et forprojekt, som har på-



vist, at der faktisk er potentiale i at anvende solceller indendørs til fx standbyforbrug - nu kan man komme i gang med at designe solcelledrevne hæve/sænkeborde.

Målet er at præsentere 3 forskellige borde til Klimatopmødet/COP 15 i december – heraf bl.a. en prototype med de første 100% danskproducerede solceller fra RISØ/DTU's polymerafdeling!



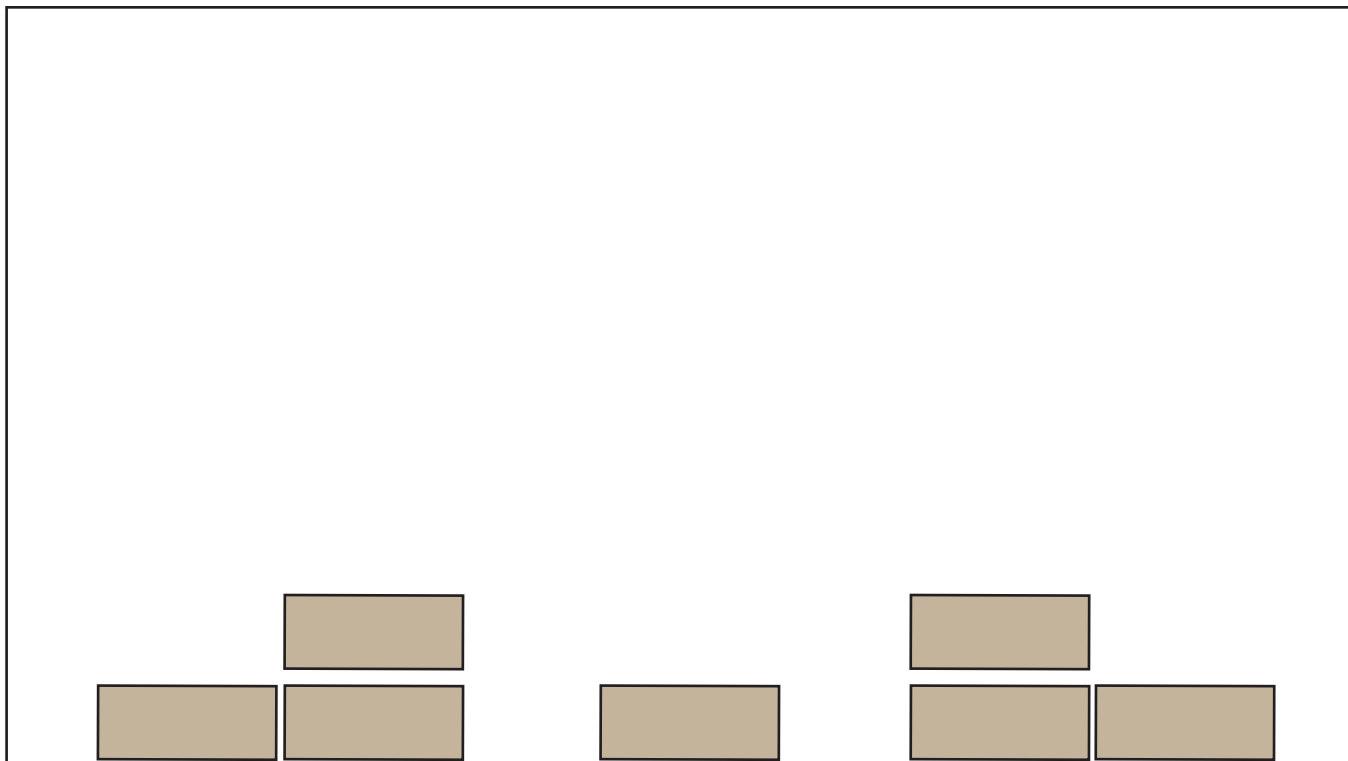
Første skridt mod hybrid fiber belysning

”DTU Fotonik arbejder målrettet med at udvikle de mest moderne belysningsteknologier og har som projektleder fået støtte til at afdække mulighederne for hybrid belysning – altså systemer, der direkte flytter solens lys indendørs via lysledere.

Der er tale om et projekt, som både vil forsøge at indkredse de teknologisk optimale løsninger, bl.a. hvad angår fibre – og derefter udvikle og afprøve de mest brugervenlige løsninger, bl.a. i samarbejde med **RUC** og **Designskolen i Kolding**.

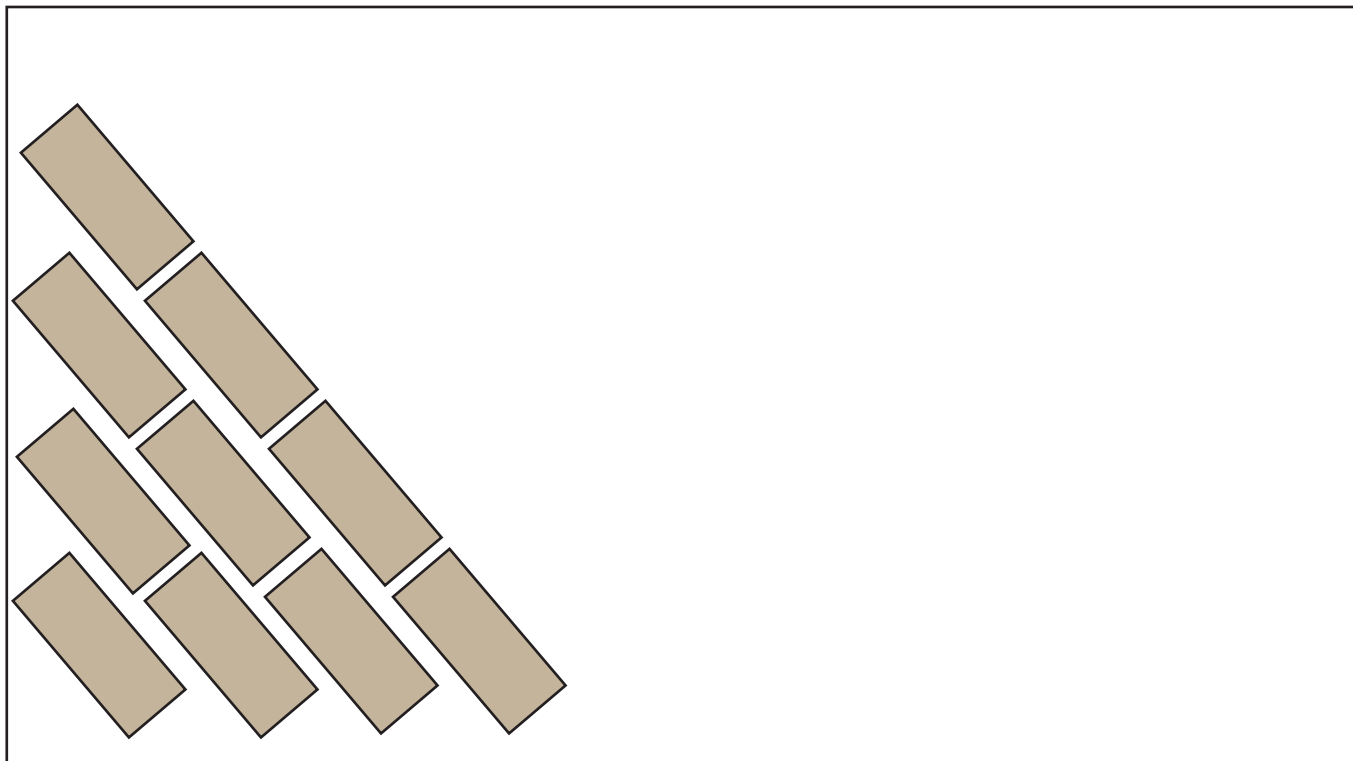
Bilag H

Flere designforslag



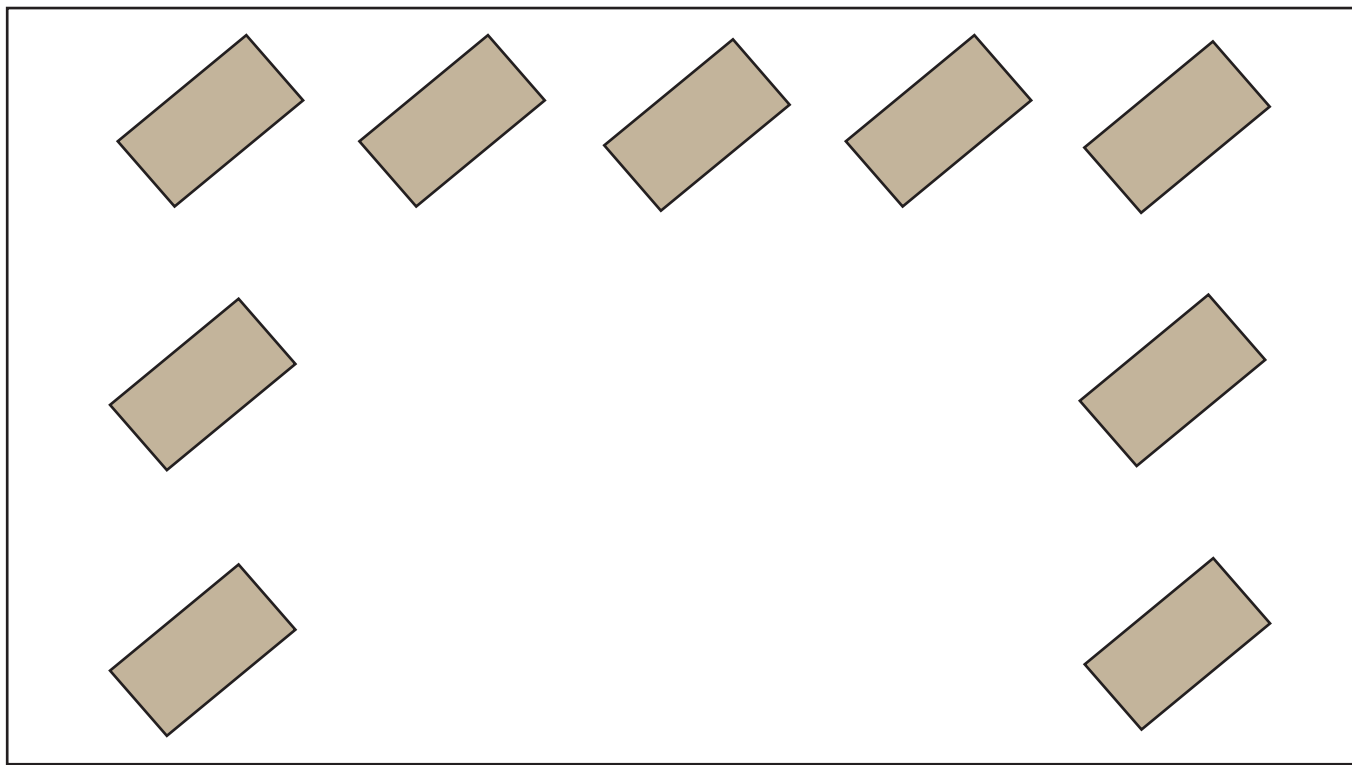
Her er der tænkt i grad-stigninger, som et træningsprogram på løbebåndet, hvilket betyder der ydes forskelligt. Solen yder ligeledes differentieret energi til solcellen. De to "punkter" der er frie, er til armene. Hvilket gør du ikke blokerer for solcellerne. Meningen er at det rulles ud fra venstre mod højre, hvilket gør at det kun fylder 20 cm i bredden. Tanken er at man skal/kan bruge "underlaget" som musemåtte, formen gør at du kan bruge musemåtten uanset om du er højre- eller venstrehåndet.

	date : 18.02.10	dwg no. :	
	initials : RIK	scale : 1:10	
subject :			
project : CO2 neutralitet			
Faktor 3 Aps Cvr. Nr. 28 65 60 68	Vesterbrogade 76 3rd fl. DK - 1620 Copenhagen V	T (+45) 88 20 02 20 F (+45) 33 22 22 56	www.faktor-3.dk kontakt@faktor-3.dk



Det skæve look. Designet er udformet således det kan lægges i alle 4 hjørner alt efter hvad der passer brugeren bedst. Ligeledes har man mobilen lige ved hånden i dette design.

	date : 18.02.10	dwg no. :
	initials : RIK	scale : 1:10
subject : Flexible		
project : CO2 neutralitet		
Faktor 3 Aps Cvr. Nr. 28 65 60 68	Vesterbrogade 76 3rd fl. DK - 1620 Copenhagen V	T (+45) 88 20 02 20 F (+45) 33 22 22 56 www.faktor-3.dk kontakt@faktor-3.dk




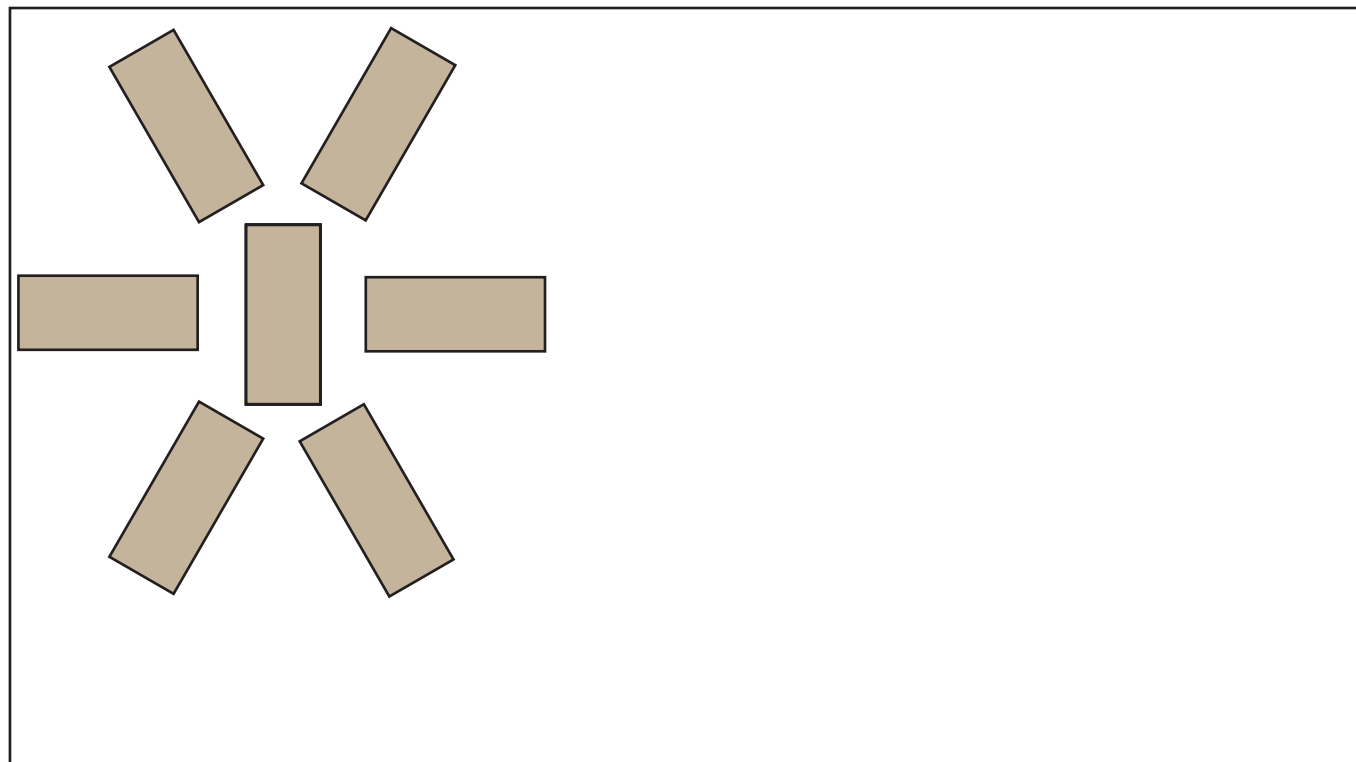
Her er der tiltænkt et design der passer rundt i bordets kant. Dette betyder at mobilen oplades lidt væk fra hånden. Men stadig i en human afstand der gør at du uden at skulle bevæge dig for meget rundt

	date : 18.02.10	dwg no. : -
	initials : RIK	scale : 1:10
subject : Kanten		
project : CO2 neutralitet		
Faktor 3 Aps Cvr. Nr. 28 65 60 68	Vesterbrogade 76 3rd fl. DK - 1620 Copenhagen V	T (+45) 88 20 02 20 F (+45) 33 22 22 56 www.faktor-3.dk kontakt@faktor-3.dk



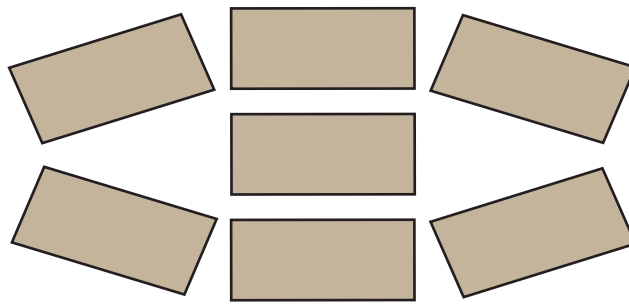
Kan placeres hvorsom helst på skrivebordet. Inspiration, robot/teknologi.
Under hovedet (i åbningen) lægges eks. mobil telefonen. Købes i et plakat-rør.

	date : 18.02.10	dwg no. :
	initials : RIK	scale : 1:10
subject :Robert robot		
project : CO2 neutralitet		
Faktor 3 Aps Cvr. Nr. 28 65 60 68	Vesterbrogade 76 3rd fl. DK - 1620 Copenhagen V	T (+45) 88 20 02 20 F (+45) 33 22 22 56 www.faktor-3.dk kontakt@faktor-3.dk




Energi fra solen er – bl.a. i form af sollys – afgørende for næsten alt liv på Jorden. Lige så vel er solens stråler vigtige for solcellerne - for at generere energi. Herpå opstod ovenstående design. Det skal virke inspirerende for brugeren og sætte tankerne i gang hos den enkle.

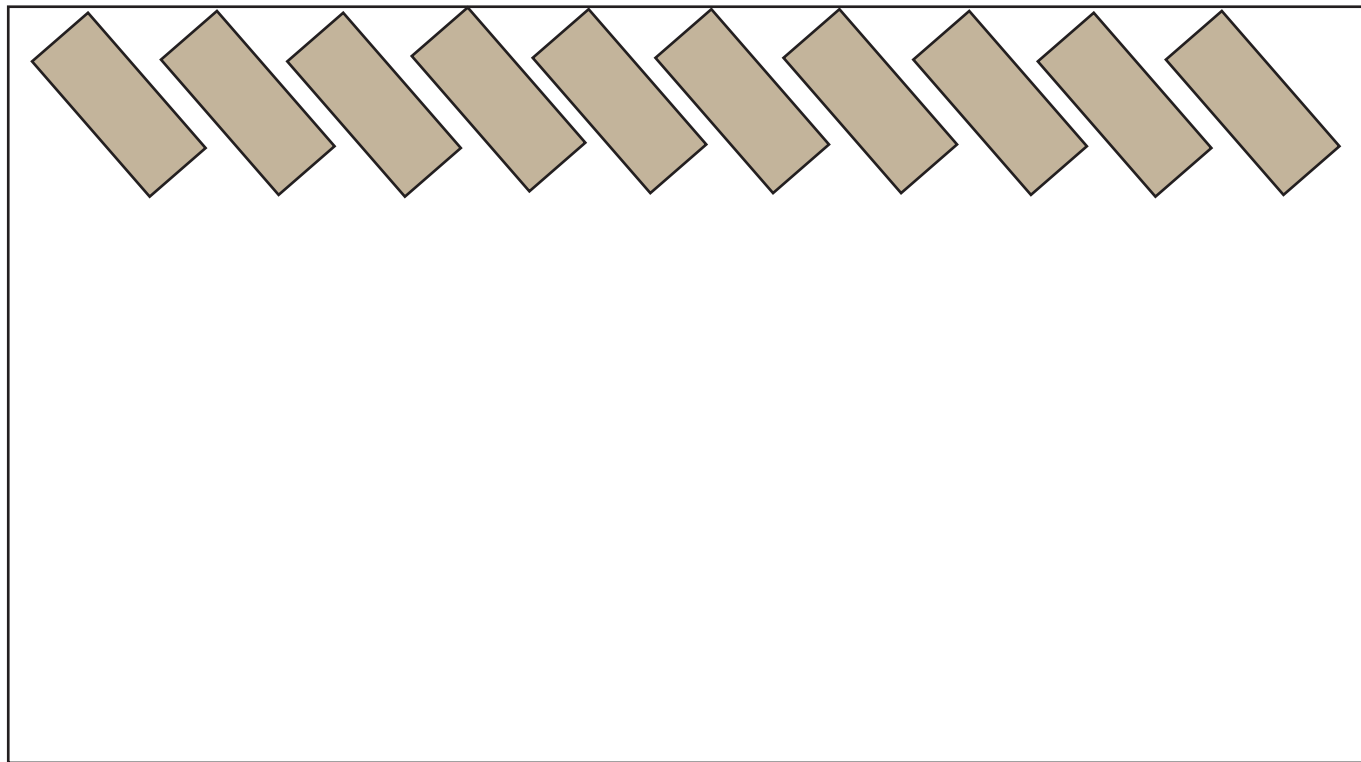
	date : 18.02.10	dwg no. : -
	initials : RIK	scale : 1:10
subject : Solen		
project : CO2 neutralitet		
Faktor 3 Aps Cvr. Nr. 28 65 60 68	Vesterbrogade 76 3rd fl. DK - 1620 Copenhagen V	T (+45) 88 20 02 20 F (+45) 33 22 22 56 www.faktor-3.dk kontakt@faktor-3.dk



Øjet ser alt, Nethinden udgøres af 10 lag, der dannes af sanseceller, nerveceller og støttceller, som indbyrdes danner et meget fint netværk. De kan opfange lys og farver og omdanne lysenergien til elektriske impulser. Dette overføres til solceller, de har også en form for lag. Som omdannerne solens stråler til energi.

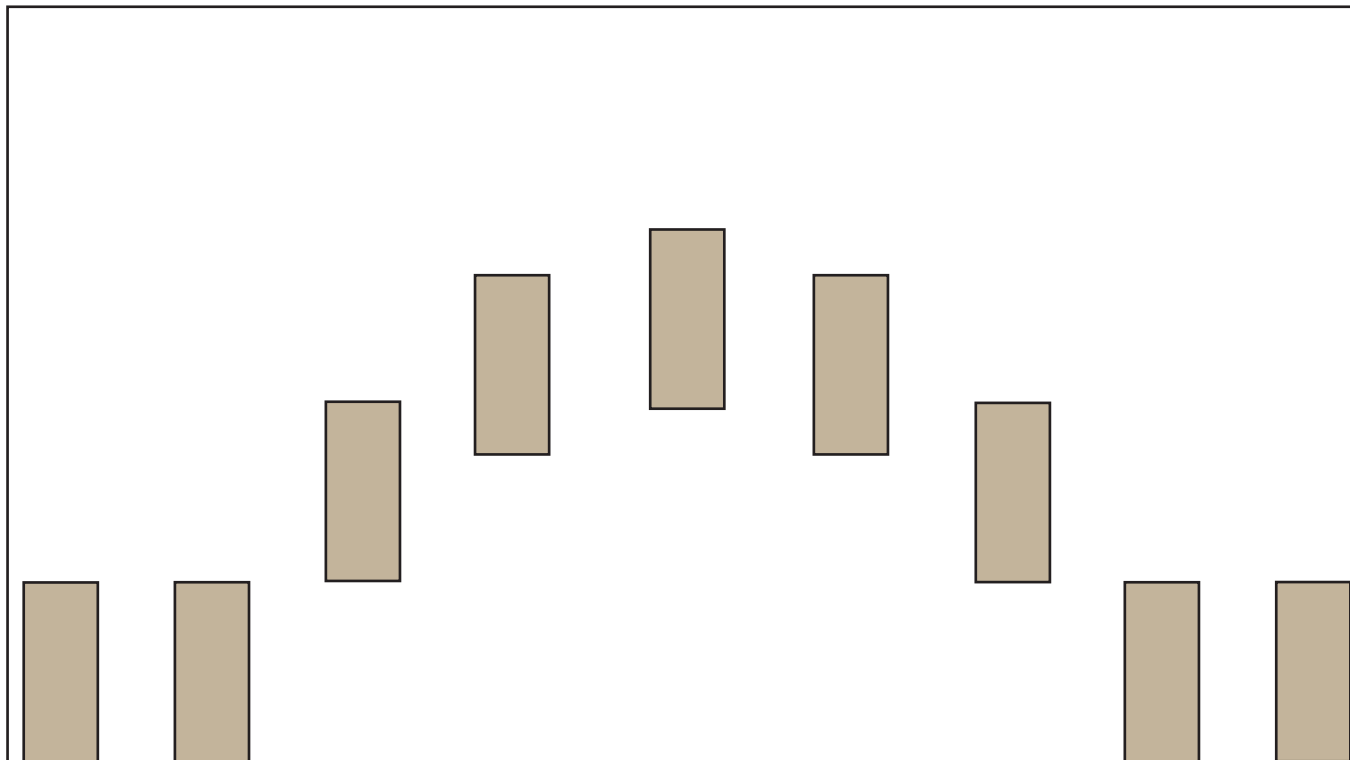
Stråle legemet i øjet er til for at regulere produktionen af væsken i øjet og dermed øjets tryk, dette overføres til solcellen, der har brug for solens stråler men som dermed kan regulere på elforbruget, eks. strømforbrug.

	date : 18.02.10	dwg no. : -
	initials : RIK	scale : 1:10
subject : Øjet		
project : CO2 neutralitet		
Faktor 3 Aps Cvr. Nr. 28 65 60 68	Vesterbrogade 76 3rd fl. DK - 1620 Copenhagen V	T (+45) 88 20 02 20 F (+45) 33 22 22 56
		www.faktor-3.dk kontakt@faktor-3.dk




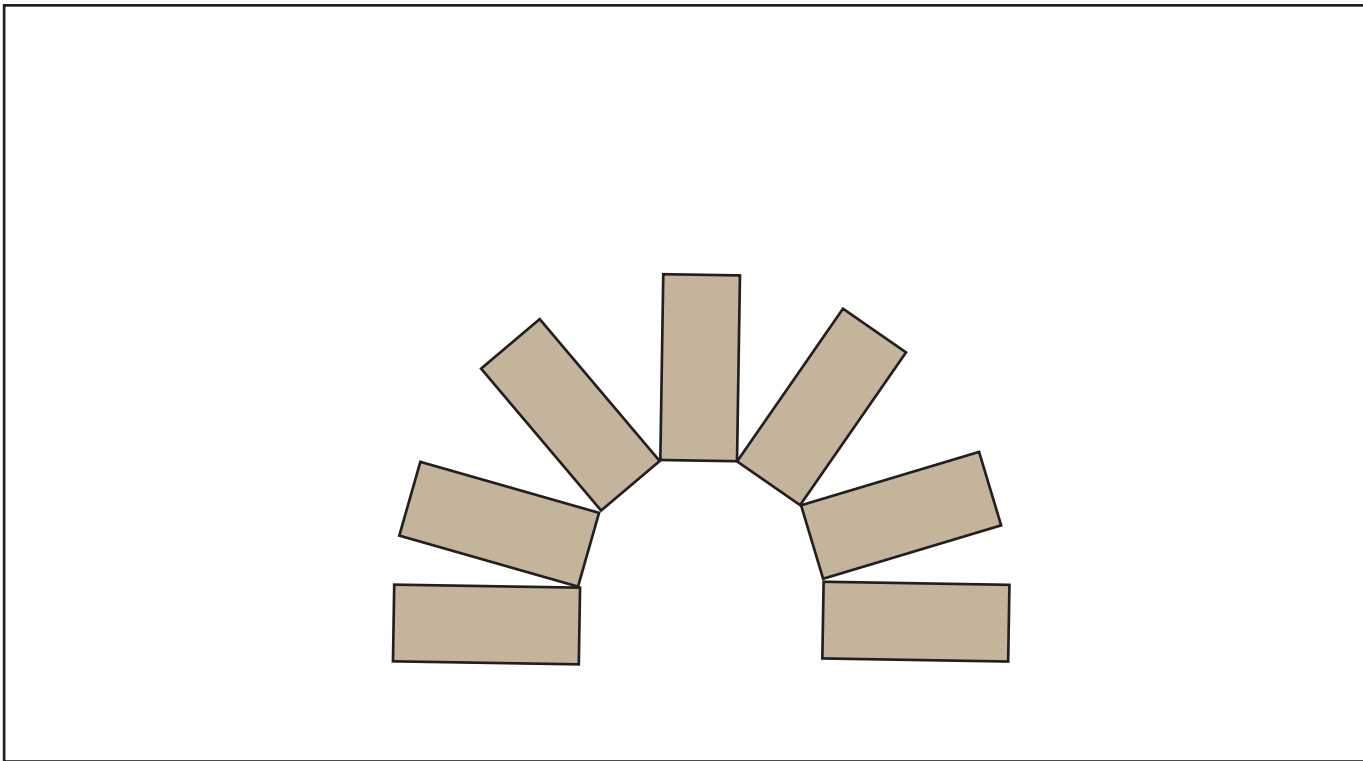
Her er der leget med solcellerne i en skæv form. Panelet kan lægges hvor det nu engang passer brugeren bedst ifb. med opladning af mobil telefonen.

	date : 22.02.2010	dwg no. : -
	initials : RIK	scale : 1:10
subject : Panelet		
project : CO2 neutralitet		
Faktor 3 Aps Cvr. Nr. 28 65 60 68	Vesterbrogade 76 3rd fl. DK - 1620 Copenhagen V	T (+45) 88 20 02 20 F (+45) 33 22 22 56 www.faktor-3.dk kontakt@faktor-3.dk




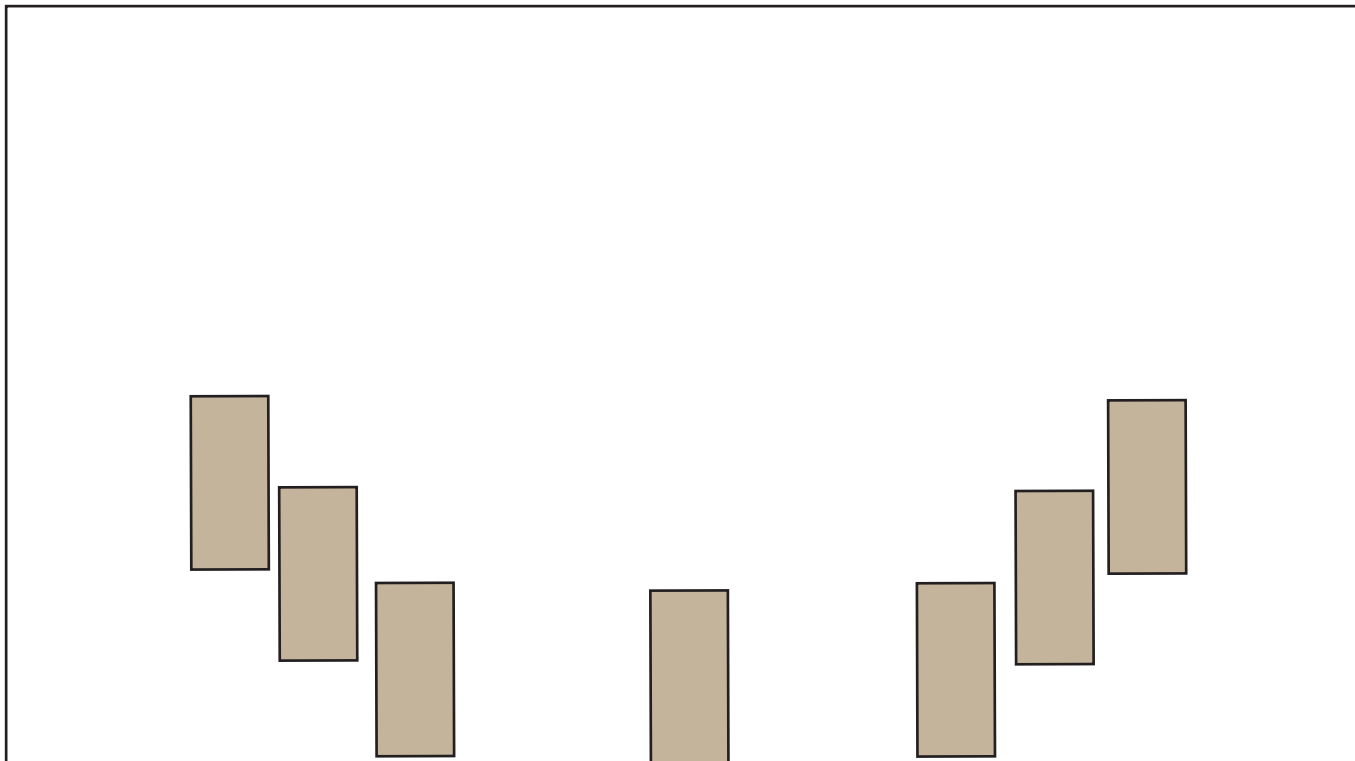
Inspiration: Raket. Tanken var at få et dynamisk design. Designet fylder stort set hele bordpladen. Brugeren er omgivet af solceller.

	date : 18.02.10	dwg no. :	
	initials : RIK	scale : 1:10	
subject : Raketten			
project : CO2 neutralitet			
Faktor 3 Aps Cvr. Nr. 28 65 60 68	Vesterbrogade 76 3rd fl. DK - 1620 Copenhagen V	T (+45) 88 20 02 20 F (+45) 33 22 22 56	www.faktor-3.dk kontakt@faktor-3.dk



Inspiration: solopgang. Solens står op, energien er på vej. Solens stråler rammer solcellerne og mobilen kan nu lades. Computeren er placeret i midten af solopgangen. Udformningen gør at man kan have mobilen lige ved hånden.


	date : 18.02.10	dwg no. :
	initials : RIK	scale : 1:10
subject : Solopgang		
project : CO2 neutralitet		
Faktor 3 Aps Cvr. Nr. 28 65 60 68	Vesterbrogade 76 3rd fl. DK - 1620 Copenhagen V	T (+45) 88 20 02 20 F (+45) 33 22 22 56 www.faktor-3.dk kontakt@faktor-3.dk

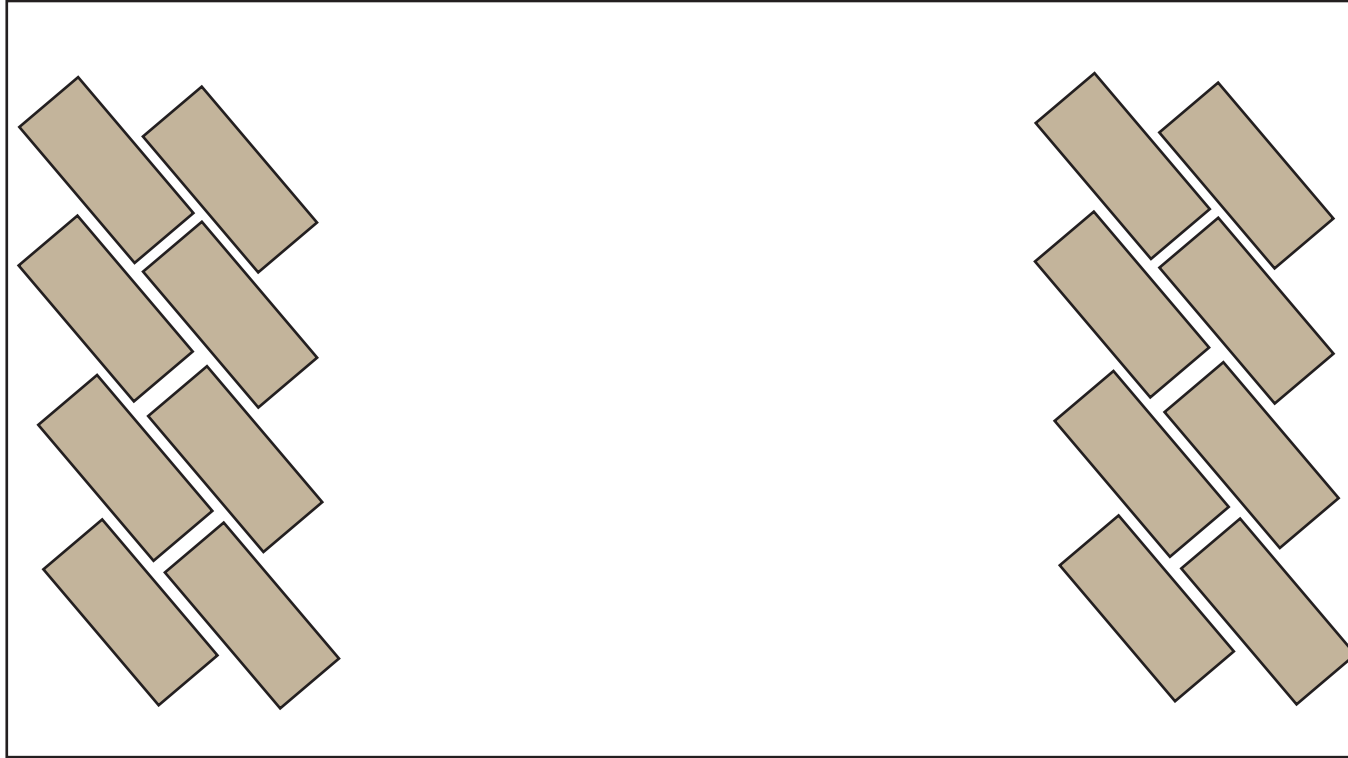


Inspirationsord: Space.

Fokus: Placere brugeren "inde" i mønsteret.

Med ordet space i baghovedet samt at integrere brugeren i mønsteret, dukkede denne udformning op. Mobilen kan placeres tæt på brugeren.

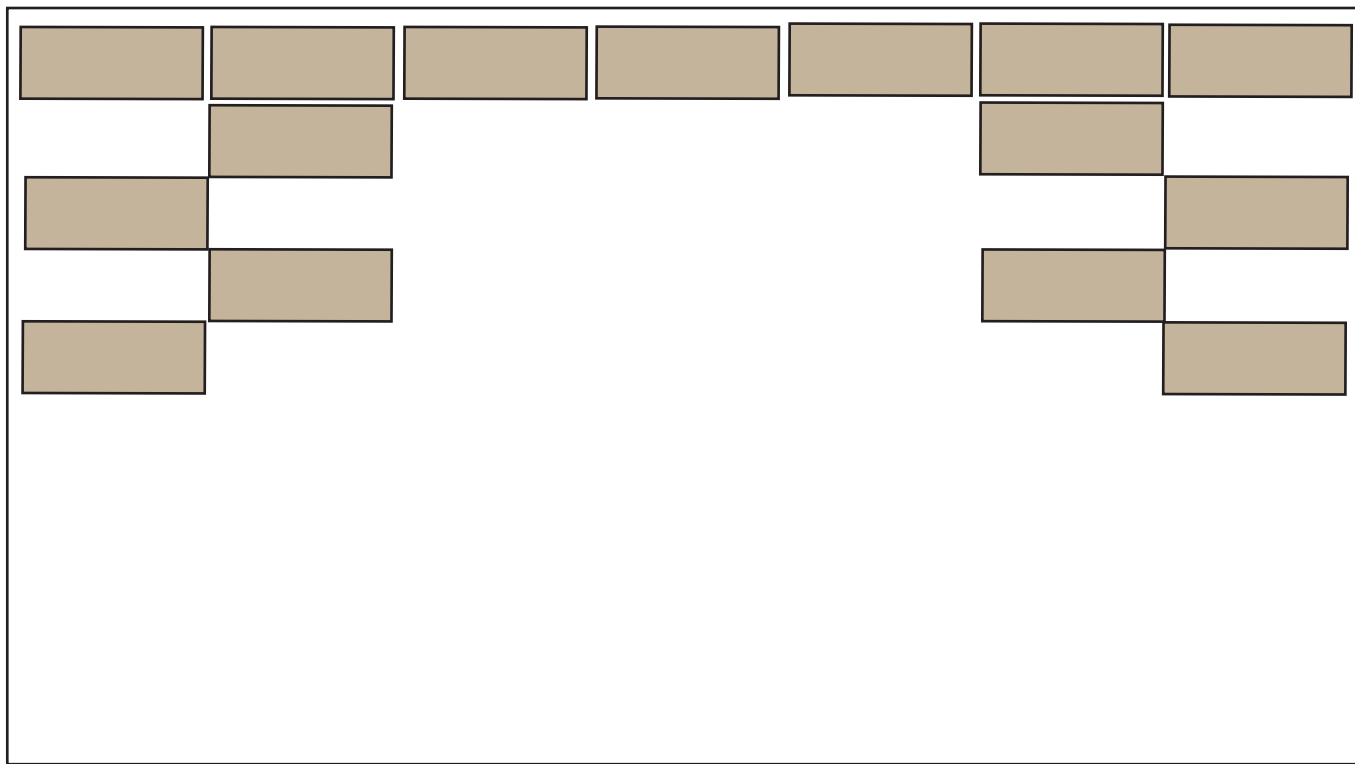
	date : 18.02.10	dwg no. :
	initials : RIK	scale : 1:10
subject : Space		
project : CO2 neutralitet		
Faktor 3 Aps Cvr. Nr. 28 65 60 68	Vesterbrogade 76 3rd fl. DK - 1620 Copenhagen V	T (+45) 88 20 02 20 F (+45) 33 22 22 56 www.faktor-3.dk kontakt@faktor-3.dk



inspiration: Mursten-udspring på mur.

For at få ligevægt i det overordnede billede, vælges der at parrer mønsteret. Således fremspringer der et "tvillinge" mønsteret.

	date : 18.02.10	dwg no. :
	initials : RIK	scale : 1:10
subject : Tvillingen		
project : CO2 neutralitet		
Faktor 3 Aps Cvr. Nr. 28 65 60 68	Vesterbrogade 76 3rd fl. DK - 1620 Copenhagen V	T (+45) 88 20 02 20 F (+45) 33 22 22 56 www.faktor-3.dk kontakt@faktor-3.dk



Mønsteret kan vendes , så personen sidder "midt" i det. Det har ingen betydning at personen dækker for nogle af solcellerne, da der er anvendt flere celleark end nødvendigt.

	date : 18.02.10	dwg no. :
	initials : RIK	scale : 1:10
subject : tæppet		
project : CO2 neutralitet		
Faktor 3 Aps Cvr. Nr. 28 65 60 68	Vesterbrogade 76 3rd fl. DK - 1620 Copenhagen V	T (+45) 88 20 02 20 F (+45) 33 22 22 56 www.faktor-3.dk kontakt@faktor-3.dk

Bilag I



Solcellemålinger på SBI


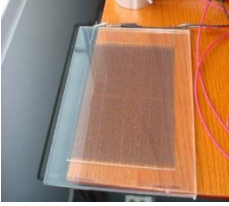

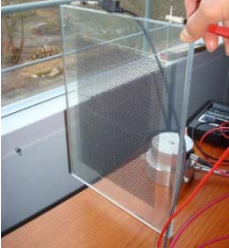


Solcellemålinger på SBI

10.02.2009

Der er foretaget målinger af de tre udvalgte solceller til dækning af hæve-sænkebordets standbyforbrug.

De 3 undersøgte celler er:

Celle	Ydelse ved STC	Målinger
<p data-bbox="392 593 517 622">Sunpower</p> 	<p data-bbox="687 593 826 658">Dimension: [cm x cm] 12,5 x 4</p> <p data-bbox="687 734 852 799">$I_{mpp}=1,85$ A $V_{mpp}=0,575$ V</p> <p data-bbox="687 842 836 907">$I_{SC}=2,03$ A $V_{OC}=0,680$ V</p> <p data-bbox="687 949 887 978">$P_{max}= 1,0$ W\pm 5%</p> <p data-bbox="687 1021 831 1050">$\eta_{STC}=20,8$ %</p>	<ul data-bbox="978 593 1126 622" style="list-style-type: none">• Vandret 

<p>Kyosemi</p> 	<p>Dimension: 315 cm²</p> <p>$I_{mpp}=0,34$ A $V_{mpp}=4,74$ V</p> <p>$I_{SC}=0,35$A $V_{OC}=5,88$ V</p> <p>$P_{max}=1,59$ W</p> <p>$\eta=4,9$ %</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vandret  • Lodret, parallel med vindue  • Lodret, vinkelret på vindue 
<p>Risø polymer celle</p> 	<p>Dimension: [cm x cm] 1,0 x 25,0</p> <p>$I_{mpp}=0,1$ A $V_{mpp}=0,5$V</p> <p>$P_{max}=0,05$ W</p> <p>$\eta=1,5$ %</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Vandret 

Der foretages målinger i SBI's dagslyslaboratorium, for at skabe et grundlag for at sammenkæde solcellens elektriske ydelse og lysrespons, spektralfordeling af lys, lysintensitet og dagslysfaktor.

SBI's dagslyslaboratorium, se Figur 1 og Tabel 1, er veldokumenterede rum hvor der bl.a. foretages målinger af arbejdspladskomfort. Det er muligt at variere på vinduesarealet ved at afskærme vinduesfacaden.

Tabel 1 Information om SBI's dagslyslaboratorium

- *Location: latitude 55.86degN, longitude 12.49degE*
- *Orientation 7deg east of due south.*
- *Internal reflectance: wall: 0.62, ceiling: 0.88, floor: 0.11*
- *Geometrical features 3.5 m wide, 6 m deep, 3 m high.*
- *Glazing is Low-E double-glass with a light transmission of T= 72%, u-value of 1.1 W/m²degC and a total solar energy transmission of 59%.*
- *The window area for small window: $A_{\text{glas}}/A_{\text{facade}} = 25\%$. Placed in the center of the facade, sill height at workplane.*



Figur 1 Dagslyslaboratorium på SBI

Målingerne foretages i 72 cm's højde på et vandret plan. Den vandrette afstand fra vinduet måles fra midten af cellen og målinger er foretaget i 0,3 m, 1,3 m, 2,3 m og 5,25 m's afstand fra vinduet. Målingerne blev foretaget d. 10. Februar 2009, og vejret var overskyet og gråt. Derfor forekom der ikke nogen direkte solindstråling.

Følgende måles:

- Lysintensitet
- Solcellens elektriske ydelse
- Farvetemperatur af lys
- Illuminans (Intensitet i det synlige spektrum)

I første omgang bruges måleresultaterne til at definere de solcellearealer der er behov for, for at dække standbyforbruget af hæve-sænkebordet.

Standbyforbruget af hæve-sænkebordet kan inddeles i 3 scenarier:

- 1) Systemer hvor der kun bruges en almindelig passiv betjening. Her er der ikke brug for nogen energiforsyning til betjeningsenheden, så det eneste forbrug der er fra energilageret er læg strømme $< 0,1\mu\text{A}$.
- 2) Systemer med betjeningsenheder der bruger op til $50\mu\text{A}$.
- 3) Systemer med betjeningsenheder der bruger op til $150\mu\text{A}$.

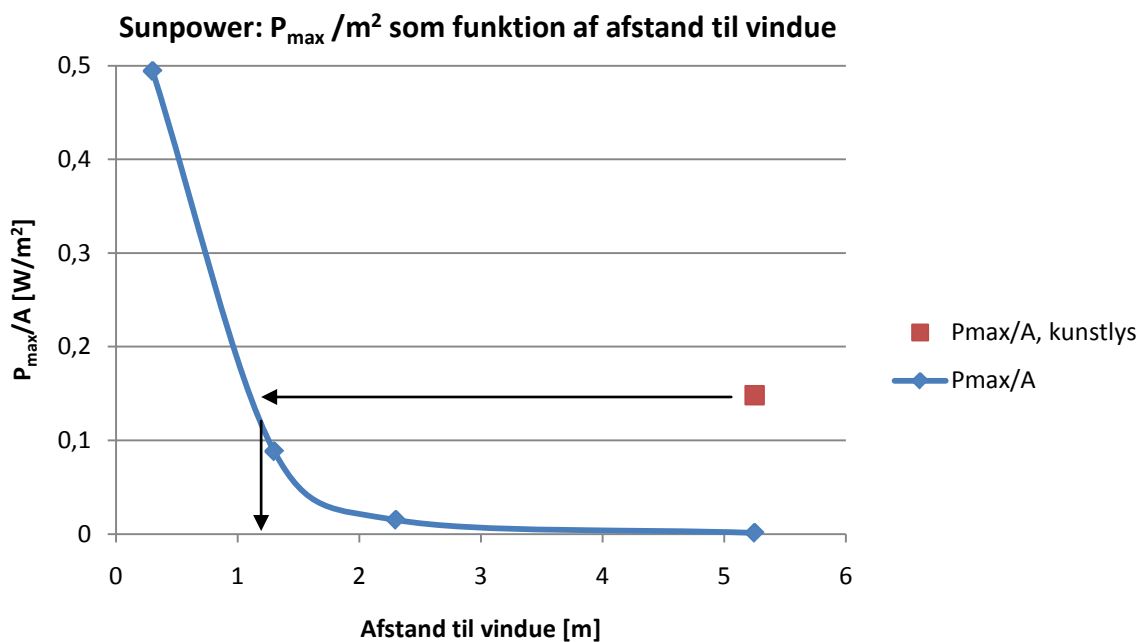
Standbyforbruget for de tre scenarier angives i Tabel 2.

Tabel 2 Standbyforbrug – de 3 scenarier

Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
0,024 mWh	12 mWh	36 mWh

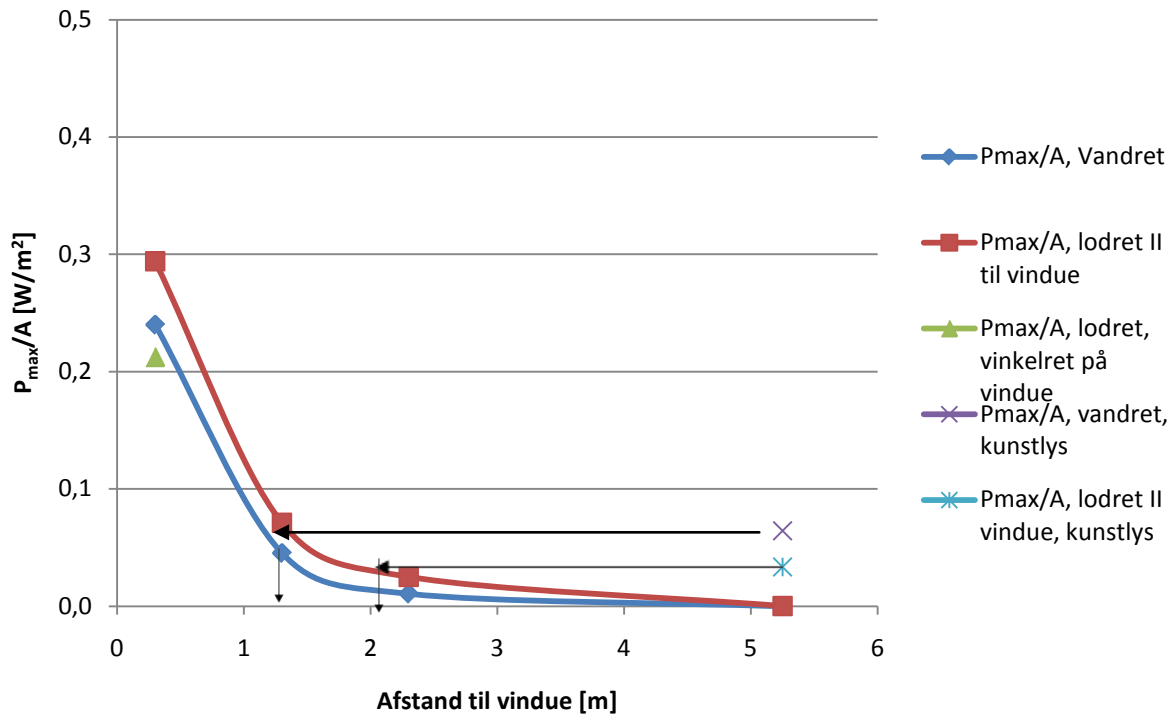
Ved det seneste projektmøde (januar 2009) blev det besluttet at der arbejdes med scenarie 2, svarende til et standbyforbrug på $0,05\text{ mA}$ ved 10 V og et forbrug hele døgnet, svarende til 12 mWh .

I det følgende angives måleresultater for Sunpower, se Figur 2, og Kyosemi, se Figur 3. Det var desværre ikke muligt at karakterisere Risø cellen, da denne var defekt. Resultaterne angives som maksimal effekt sat i relation til celleareal, P_{max}/A , og illustreres som funktion af afstand til vinduet. Længst inde i rummet blev cellens ydelse både målt ved tilgængeligt dagslys samt under kunstbelysning fra loftslamperne.



Figur 2 Sunpower: P_{max}/A som funktion af afstand til vindue

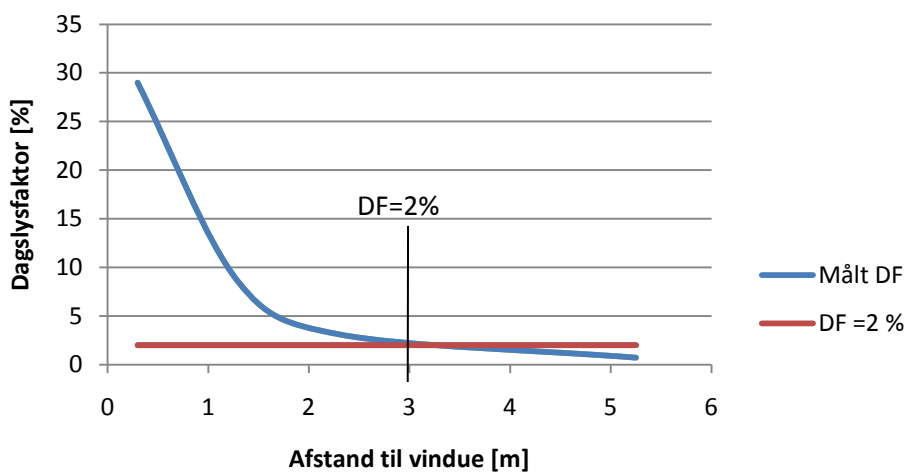
Kyosemi: P_{max} / m^2 som funktion af afstand til vindue



Figur 3 Kyosemi: P_{max} / m^2 som funktion af afstand til vindue

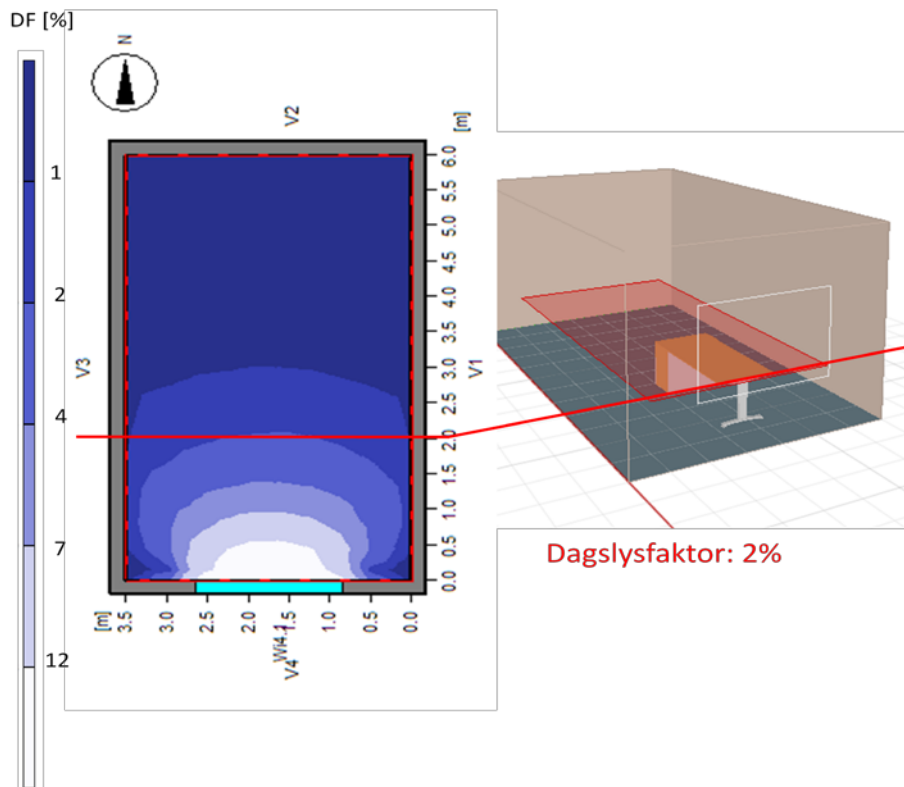
Dagslysfaktoren, DF, er blevet målt i slutningen af februar 2009 under de krævede forhold til overskyethed, og angives i Figur 4. Desuden angives DF=2 %, der er minimumskrav for en kontorarbejdsplads. Af figuren ses det, at DF ligger under minimumskravet på 2 %, når vi befinder os ca. 3 m inde i rummet.

Dagslysfaktor, SBI's dagslyslaboratorium



Figur 4 Dagslysfaktor som funktion af afstand til vindue - udmålt

Der er ligeledes lavet en teoretisk simulering af dagslysindfaldet i testrummet med programmet ReluxPro, hvor det ses, at en dagslysfaktor på 2 % forekommer 2 m inde i rummet, se Figur 5. Der er derfor ikke overensstemmelse mellem hhv. den målte og teoretiske dagslysfaktor. I de fremtidige betragtninger benyttes de værdier for dagslysfaktoren, der er udmålt i testrummet.



Figur 5 Simulering af dagslys i SBI's testrum d. 10-02-09, kl. 15 - ReluxPro

Ud fra Figur 2 og Figur 3 ses en markant nedgang i solcelleydelse, når afstanden til vinduet øges.

Ved at sammenholde målinger af Sunpower cellen foretaget med og uden kunstbelysning ses et sammenfald i ydelse omkring 1,1 m inde i rummet. Dette betyder, at solcelleydelsen er omtrent lige stor hvis solcellen placeres 1,1 m inde i rummet uden kunstbelysning, som helt bagerst i rummet med tændt ovenlys. Derfor antages det, at hvis solcellen placeres længere inde i rummet end 1,1 m, svarende til en DF på 8,5 %, vil solcellen belyses med kunstbelysning enten i form af en skrivebordslampe eller ovenlys.

For Kyosemi cellen er det ikke muligt at lave samme antagelse, da det afhænger af hvordan cellen placeres. Hvis cellen placeres lodret vil den yde bedst tæt på vinduet, og derfor er der ikke behov for et så stort areal som hvis solcellen placeres plant. Hvis cellen derimod flyttes længere ind i rummet og primært belyses vha. kunstig belysning vil cellen yde mere hvis den placeres vandret. Derfor ses sammenfald i ydelse for cellen placeret vandret omkring 1,2 m (DF=8 %), hvorimod dette ses ved ca. 2 m (DF=3 %) inde i rummet for den lodret placerede celle.

De nødvendige solcellearealer til dækning af de tre scenarier af standbyforbrug, se Tabel 3, beregnes ud fra målingerne, med ovenstående antagelse mht. kunstbelysning.

Solcellearealet dimensioneres efter en forventet belysningstid på 7 timer, og beregnes vha. følgende relation:

$$A_{\text{solcelle}} \left[\text{m}^2 \right] = \frac{\text{standbyforbrug [Wh]}}{\frac{P_{\text{max}}}{A} \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2} \right] \cdot \text{belysningstid}}$$

Tabel 3 Solcelleareal

	Solcelleareal [cm²] til dækning af standbyforbrug:		
	Scenarie 1	Scenarie 2	Scenarie 3
Sunpower, vandret	0,4	200 (4 celler)	600 (12 celler)
Kyosemi, vandret	0,8	400 (1,25 paneler)	1200 (3,8 paneler)
Kyosemi, parallel med vindue	1,0	500 (1,6 paneler)	1600 (5 paneler)

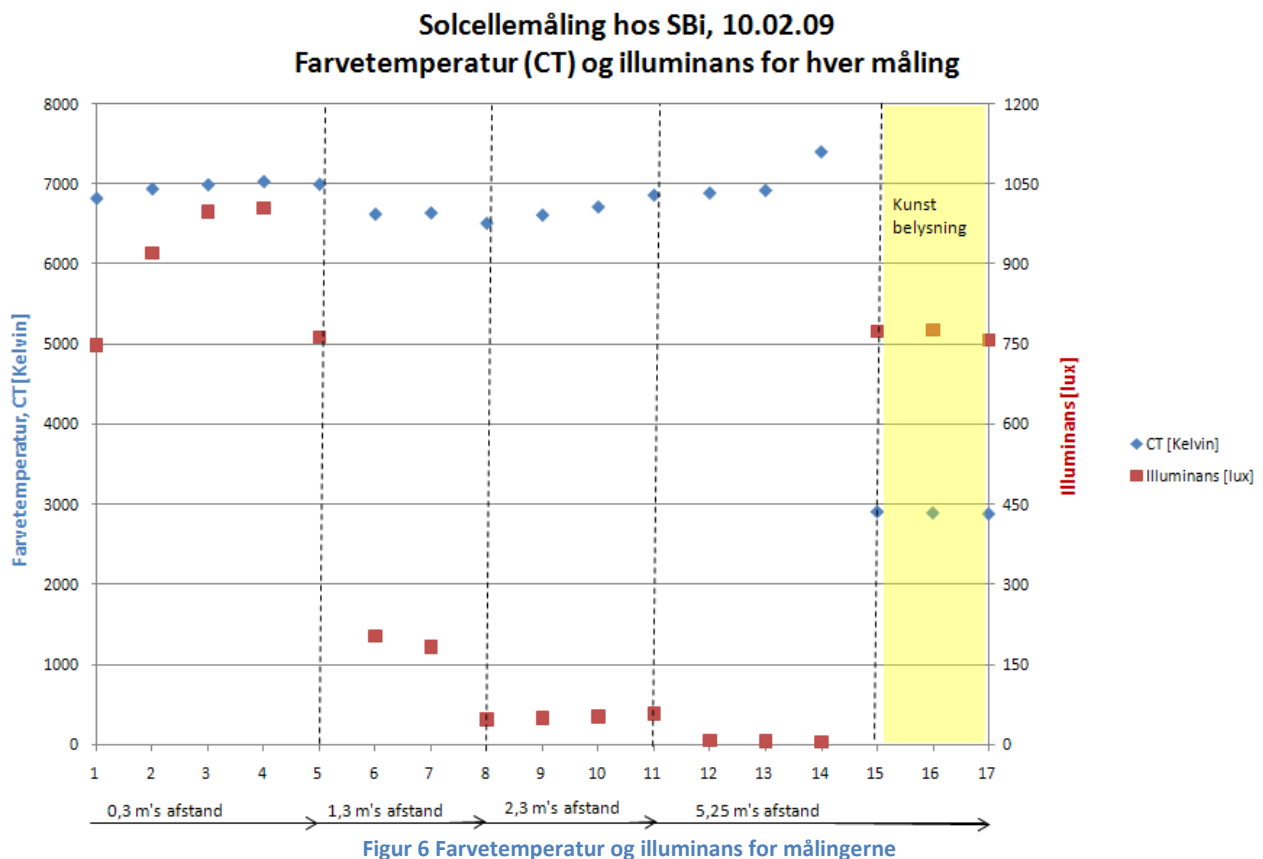
Som det ses af Tabel 3, er der stor forskel på solcelleareal, afhængigt af standby forbrug. Desuden har placering af Kyosemi-panelet også betydning for arealbehov.

Verificering af målinger

Der blev i alt foretaget 17 solcellemålinger, hvor der ved hver måling blev registreret farvetemperatur og intensitet af lys i det synlige spektrum, illuminans. Dette er illustreret i Tabel 4 samt på Figur 6 samt, hvor afstand til vindue er angivet, samt hvilke målinger der blev foretaget under kunstbelysning.

Tabel 4 Oversigt over målinger

Måling	Celle	Identifikation
1	Sunpower	Vandret - 0,3 m's afstand til vindue
2	Kyosemi	Vandret - 0,3 m's afstand til vindue
3	Kyosemi	Lodret, parallel med vindue - 0,3 m's afstand til vindue
4	Kyosemi	Lodret, vinkelret på vindue - 0,3 m's afstand til vindue
5	Risø	Vandret - 0,3 m's afstand til vindue
6	Sunpower	Vandret - 1,3 m's afstand til vindue
7	Kyosemi	Vandret - 1,3 m's afstand til vindue
8	Kyosemi	Lodret, parallel med vindue - 1,3 m's afstand til vindue
9	Sunpower	Vandret - 2,3 m's afstand til vindue
10	Kyosemi	Vandret - 2,3 m's afstand til vindue
11	Kyosemi	Lodret, parallel med vindue - 2,3 m's afstand til vindue
12	Sunpower	Vandret - 5,25 m's afstand til vindue
13	Kyosemi	Vandret - 5,25 m's afstand til vindue
14	Kyosemi	Lodret, parallel med vindue - 5,25 m's afstand til vindue
15	Sunpower	Vandret - 5,25 m's afstand til vindue, tændt loftsbelysning
16	Kyosemi	Vandret - 5,25 m's afstand til vindue, tændt loftsbelysning
17	Kyosemi	Lodret, parallel med vindue - 5,25 m's afstand til vindue, tændt loftsbelysning



Som det ses af Figur 6 er farvetemperaturen ved målingerne rimelig konstant ved hhv. dagslys og kunstbelysning, men der ses en stor nedgang i farvetemperatur når belysningen går fra dagslys til kunstlys.

Der ses for målingerne foretaget i samme afstand til vinduet en forholdsvis konstant illuminans, dog med undtagelse for målingerne foretaget tæt ved vinduet. Her ligger den målte illuminans fra 5000 lux til 7000 lux, og det er svært at angive grunden til dette. Generelt er der god samhørighed med reduktion i illuminans som afstanden til vinduet øges, hvilket kan kædes sammen med den reducerede dagslysfaktor, se Figur 4.

Videre arbejde

Generelt er det svært at dimensionere solcellerne, da de lysforhold solcellen udsættes for, kan være meget varierende. Der er i det foregående estimeret solcellearealer til dækning af standby-forbrugets 3 scenarier og der vil ligeledes være tab i elektronik mm der kan regnes til 5-10%'s tab. Desuden skal der tages hensyn til evt. reduktion i transmittans hvis der lægges glas/yderligere laminat over solcellerne. En reel test af solcellerne er påkrævet for at eftervise, at det påkrævede standbyforbrug kan dækkes.

Det vil ligeledes være påkrævet at få udmålt solcellernes spektrale respons for at klarlægge ydelsen under forskellige belysningsforhold. Målingerne foretaget i SBIs dagslyslaboratorium skaber grundlag for, hvordan

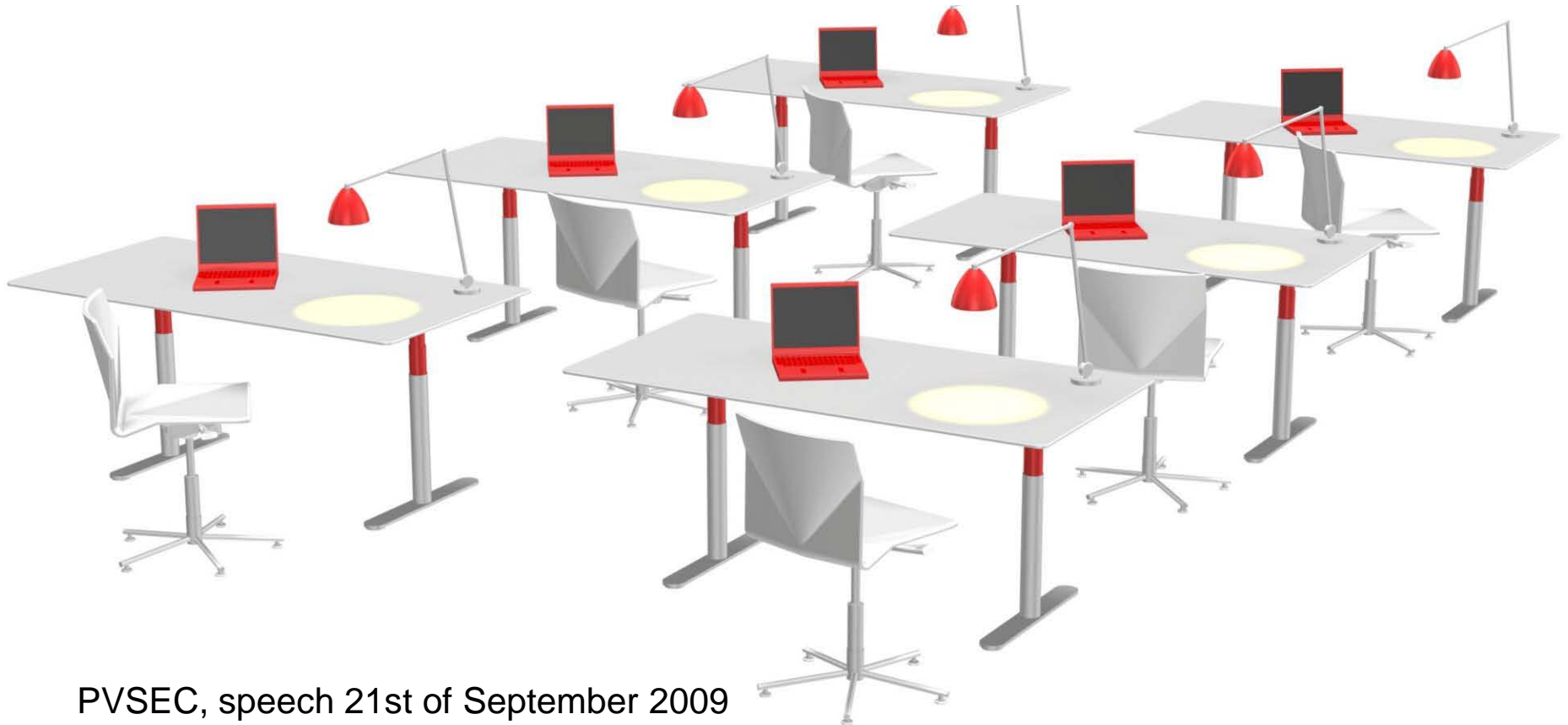
et link mellem dagslysfaktor, farvetemperatur og påkrævet solcelleareal kan udformes. I de foretagne målinger mangler bestemmelse af den fulde spektralfordeling.

Bilag J

Præsentation af projektet ved EUPVSEC 2009

THE CARBON NEUTRAL WORKSPACE

- A platform for reducing the standby consumption



PVSEC, speech 21st of September 2009



The Carbon Neutral Workspace | Authors



Main author:
Katrine Flarup Jensen
M. Sc. In Engineering
Faktor 3 ApS



Barbara Bentzen
Industrial Designer
Faktor 3 ApS



Peter Poulsen
M. Sc. Materials Science
Risoe DTU Fotonik



and Carsten Dam-Hansen
Senior Scientist
Risoe DTU Fotonik



The Carbon Neutral Workspace | Background

Several studies have shown that the standby power consumption in accounts for about 10% of house-hold electrical energy consumption in the western countries.

For US – This amounts to about 20 typical power stations

Can PV do something?

The Carbon Neutral Workspace| Case: The electrical table



Always ON

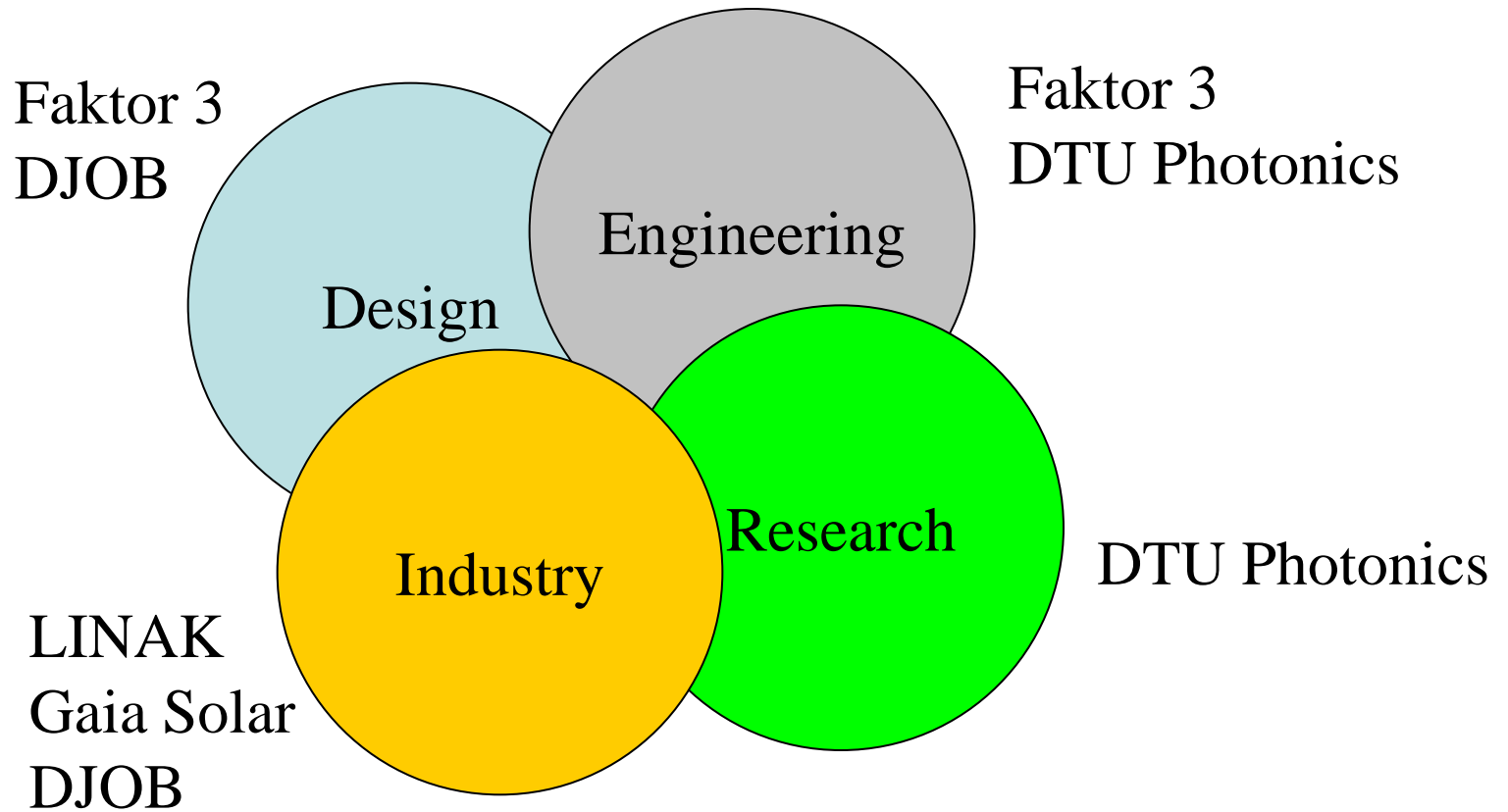
Standby = 2 W
pr. year: 18 kWh
5€pr. year in DK

Operation = 500W
pr. year: 0.5 kWh
0.13 €pr yr in DK
Basis 1 hour use

The Carbon Neutral Workspace | The idea and partners



The Carbon Neutral Workspace| Partners

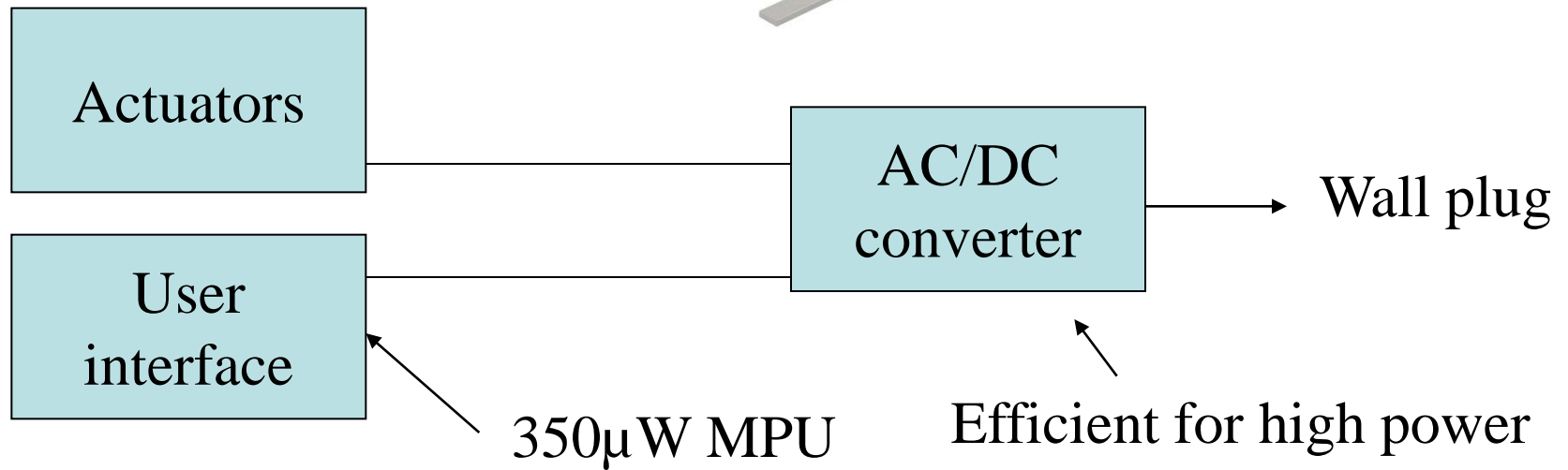


Standby use: 2W – far too much for PV

The Carbon Neutral Work Space | Electrical system



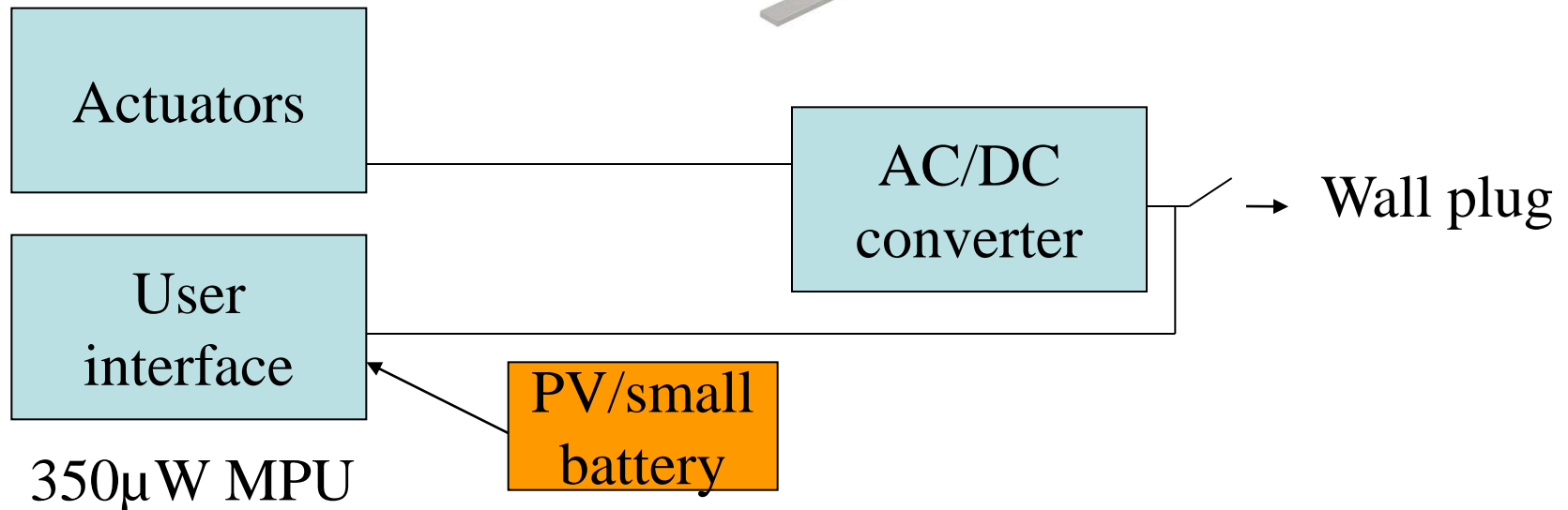
2W consumption



The Carbon Neutral Work Space | Electrical system

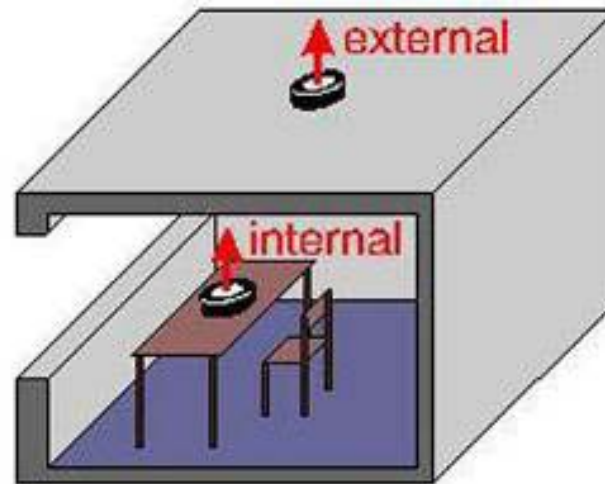


0W consumption



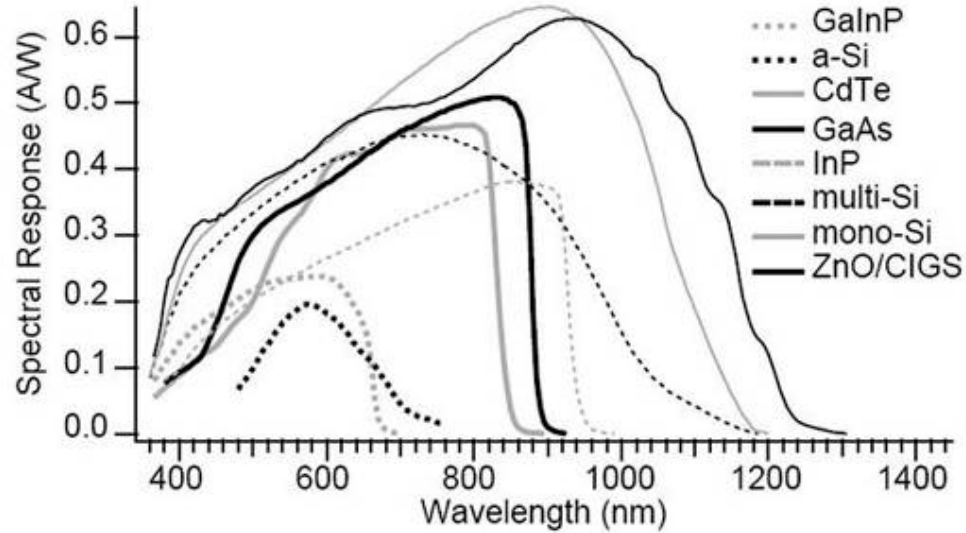
The Carbon Neutral Workspace | Technical survey of PV and light measurements in an office space

The Danish Building Code contains regulations to ensure good indoor climate in office spaces, and prescribes that the Daylight Factor (DF) in work space level of 0.85 m above floor level, must be minimum 2%.



$$DF[\%] = \frac{E_{in}}{E_{ext}} \cdot 100$$

The Carbon Neutral Workspace | Technical survey of PV and light measurements in an office space

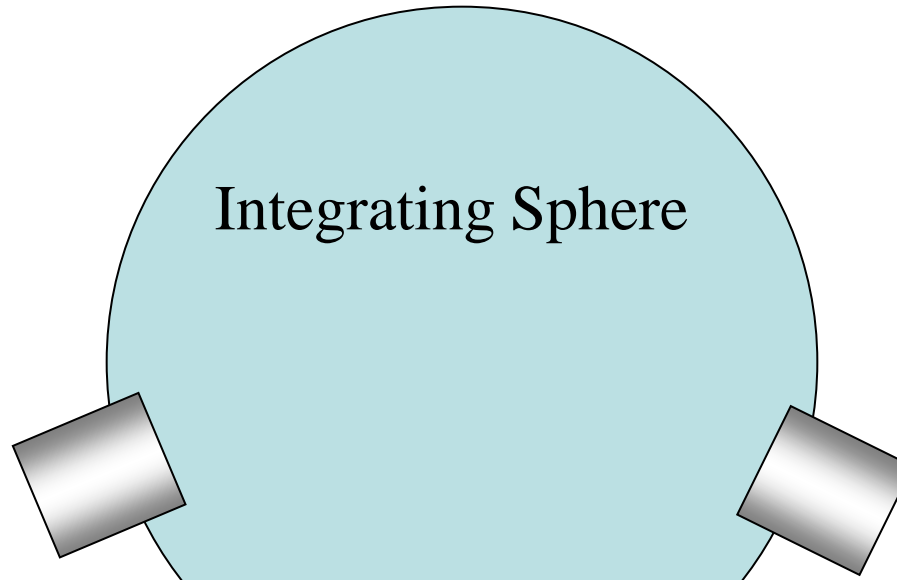


The Carbon Neutral Workspace | LED Sun

LED targets

400 nm
450 nm
...
1000 nm

1-50 W/m²
All targets



LED Target

LED Target

Measuring spot
30x30 cm

IV Characterization

The Carbon Neutral Workspace | Dimensioning of PV system



DF Calculations (2%)
Solar radiation i DK
Worst case scenarios
PV System measurements



The Carbon Neutral Work Space | Design process

The 3 chosen solar cells chosen for this product:

1. SunPower® cells
2. Kyosemi Sphelar® panels
3. Blotting pad with Risoe DTU flexible organic cells

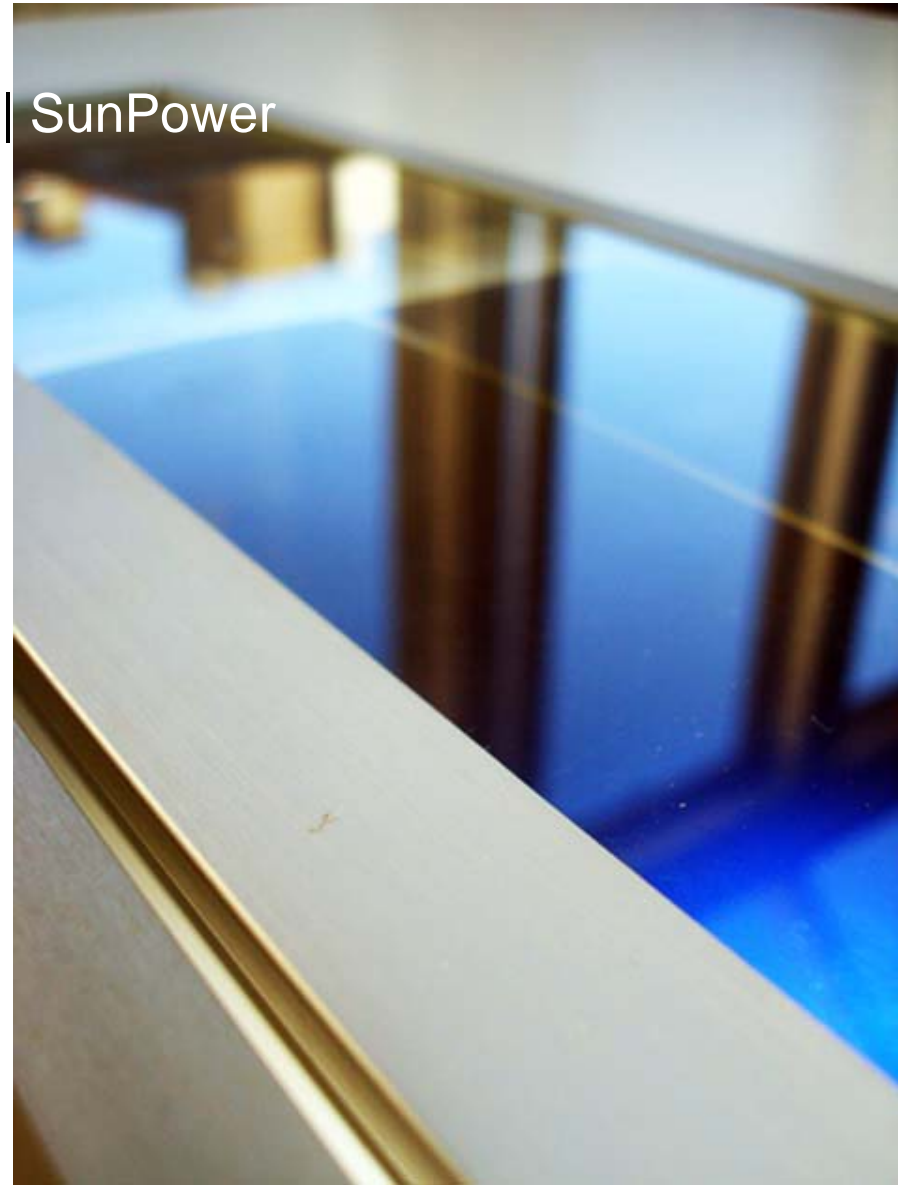
Theses cells went through a design process mainly driven by Montana and Faktor 3.



The Carbon Neutral Work Space | SunPower

1. SunPower® cells integrated in plug well in table top.

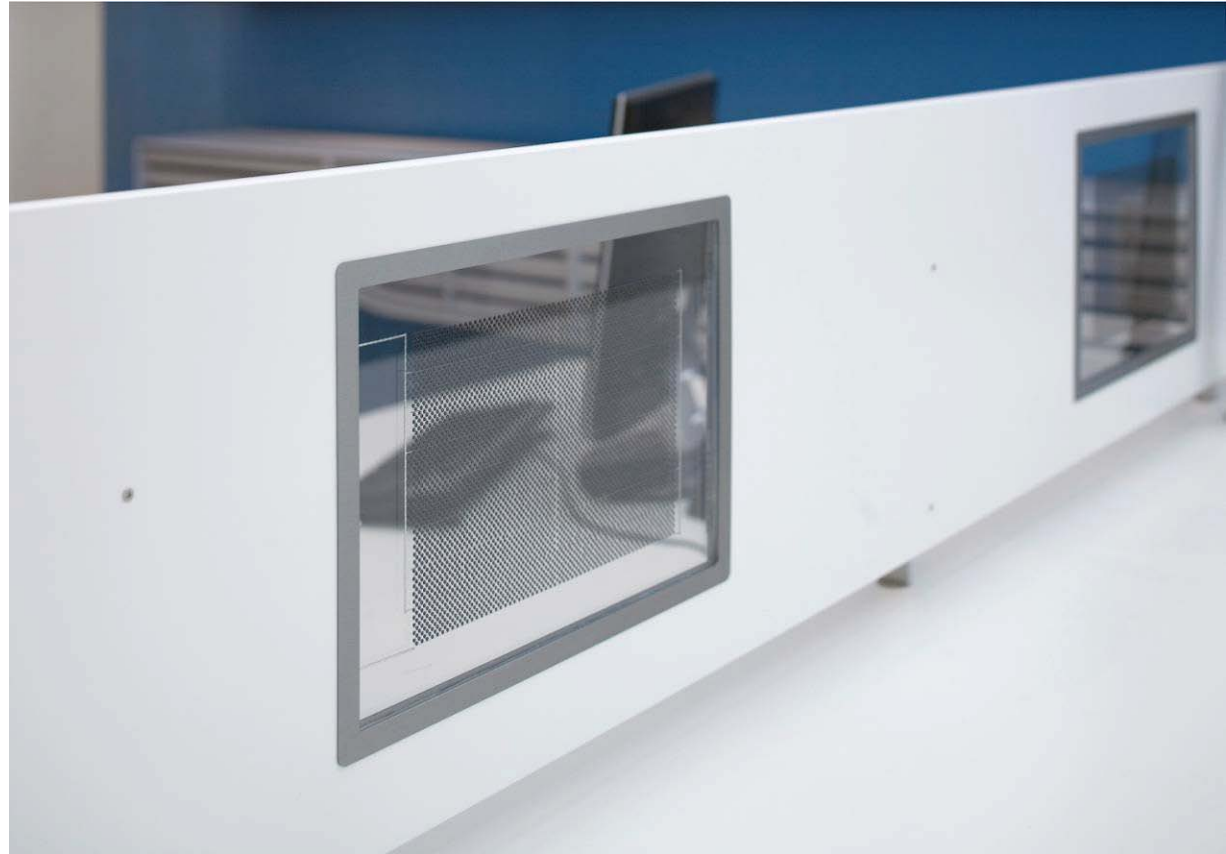
The cells look as though they're floating in the glass, and matches the elegant designs of Montana furnitures.



The Carbon Neutral Work Space | Kyosemi

2. Kyosemi Sphelar[®] panels integrated in dividing wall.

The small spheres create privacy between the work spaces, and at the same time permits light to travel through.



The Carbon Neutral Work Space | Risoe DTU

3. Blotting pad with Risoe DTU flexible organic cells.

The organic cells produced in Denmark are very interesting, because of their expected very low price in production, as well because of the many design possibilities they open up for.



The Carbon Neutral Workspace | The Product



CODE 09 in
Bella Fair
Center and in
the Montana
show room in
Copenhagen,
under the
Danish yearly
furniture fair.



The Carbon Neutral Work Space | Is it profitable

Standby = 2 W
pr. year: 18 kWh
5€pr. year in DK

Normal = 500W
pr. year: 0.5 kWh
0.13 €
Basis 1 hour use

Sun Power A-300 based
10€for the panel and electronics
Pay back time – 2 years
(based on 1000 pcs.)

The Carbon Neutral Workspace| Provisional conclusion

1. Standby consumption of an electrical adjustable table can be covered by PV cells integrated in the table.
2. Three different prototypes with focus on design, PV technology and the end-user are developed.
3. A general approach for integrating PV (in indoor appliances):
 - a) Definition of surrounding conditions (light quality and intensity)
 - b) Energy consumption of appliance determined
 - c) Can the energy consumption be reduced?
 - d) Type of PV chosen on basis of a) and b)
 - e) Dimensioning of PV
 - f) Modification of electrical circuit
 - g) Integration in product

DC directly
into the system
Bypass AC

The Carbon Neutral Workspace | Future outlook

YES – PV can actually do something to prevent stand by consumption.

YES – PV can do more for you than you think.

Working on RF and IR models of electrical tables to integrate PV also.

