

BYGNINGER

ENERGIEFFEKTIVE
TEKNOLOGIER



LAGRING AF SOLCELLE-EL MØDER STADIG TEKNISKE
UDFORDRINGER

PROJEKT 346-012

Optimal udnyttelse af solcelle-el i énfamiliehus

MÅLSÆTNING:

Projektets formål har været at udvikle, afprøve og optimere systemløsninger, der gør det muligt for ejere af solcelleanlæg i enfamiliehuse at udnytte en større del af solcelleanlæggets elproduktion direkte til eget forbrug. Systemet skal derfor kunne lagre elektricitet

MÅLGRUPPE:

Omlægningen fra årsbaseret til timebaseret nettoafregning for egenproduktion af solcelle-elektricitet har givet nye rammevilkår for husstands-solcelleanlæg, fordi andelen af afgiftsfritaget eget forbrug reduceres fra 100 % til 20-30 % for en typisk familie. Ved at udvikle og dokumentere velfungerende løsninger og angive optimal dimensionering for lagring og elstyring vil det blive lettere for producenter, leverandører og rådgivere at dække en forventet øget efterspørgsel efter kombinerede solcelle- og lagringssystemer. De primære målgrupper er derfor boligejere, håndværkere, energivejledere, rådgivere samt producenter af solceller, batterier, varmepumper og andet relevant udstyr. Erfaringer fra projektet vil bl.a. blive formidlet gennem Teknologisk Instituts temamøder og efteruddannelsesaktiviteter.

PROCESSEN:

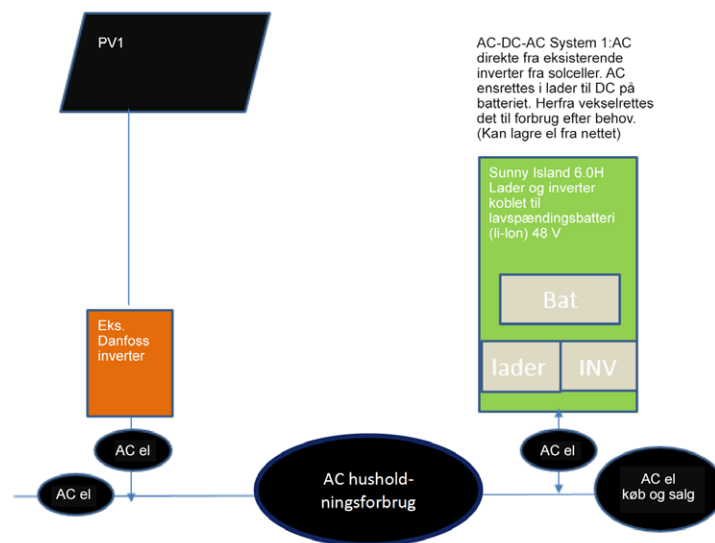
Teknologisk Institut har fungeret som projektleder og har stillet sin eksperimental-bygning EnergyFlexHouse til rådighed som vært for forsøgsopstillingerne. EnergyFlexHouse er forsynet med et solcelleanlæg med en effekt på 2x3,5 kWp. Teknologisk Institut har gennemført målinger på de forskellige forsøgsopstillinger og udarbejdet projektets beregningsprogram.

Det var oprindelig intentionen, at projektet skulle afprøve to forskellige batterityper (blysyre og lithium-ion) med to forskellige leverandører af batteriløsninger (hhv. GREENSCAN og Gaia Solar), men det var ikke muligt at opnå en aftale om at afprøve bly-syre batteriet. Løsningen blev derfor, at Lithium Balance leverede lithium-ion batterier, mens Gaia Solar (ikke projektpartner) bidrog med sin viden om samdrift af solcelleanlæg og batterilager. Kombinationen af solcelleanlæg og batterilager blev testet i to forskellige systemløsninger. Desuden blev der målt på termiske lagringsteknologier, hhv. varmepumpe og gulvvarme i et tungt betongulv.

I forsøgsopstillingen med varmepumpe blev solcelleanlægget tilsluttet en Nilan GEO 6

fra det tidspunkt, hvor den produceres, til det tidspunkt, hvor der er behov for energi i form af el eller varme. De optimale systemløsninger skal være enkle, effektive og økonomisk attraktive for brugerne. Som en del af pro-

jektet skulle projektgruppen udarbejde et beregningsprogram til valg af den optimale kombination af solcelleanlæggets effekt, lagerkapacitet og husstandens forbrugsmønstre.



Figur 1. Principskitse af forsøgsopstilling med batterilager på 5,1 kWh.

BRUGERØKONOMIEN I HYBRIDANLÆG AFHÆNGER AF DE ØKONOMISKE RAMMEVILKÅR: AFREGNINGSPRIS FOR ELSALG, TARIFFER OG AFGIFTER SAMT PRIS OG LEVETID PÅ SYSTEMETS NØGLEKOMPONENTER.

jordvarmepumpe med en jordslange på 400 meter samt en tilknyttet varmtvandsbeholder på 180 liter. Der blev gennemført forsøg, hvor temperaturen i varmtvandsbeholderen blev øget fra 40 °C til hhv. 45 °C og 55 °C med el fra solcelleanlægget. Desuden blev der gennemført forsøg med vandtemperatur på 34 °C om natten, så varmtvandsbeholderen var forberedt på at kunne omsætte mest muligt af elproduktionen fra solcelleanlægget i døgnets solskinstimer.

Der blev gennemført målinger på to forskellige opstillinger med batteripakke og inverter. Den ene opstilling omfattede en batteripakke med en lagerkapacitet på 5,1 kWh og med tilhørende Battery Management System (BMS). Se figur 1. Der blev benyttet en 4,6 kW inverter fra SMA med ekstra elmåler til styring af import eller eksport af el til nettet. Se figur 2. En varmeblæser med en effekt på 10 kW simulerede en gennemsnitsfamilies elforbrugsprofil.

Den anden opstilling bestod af en batteripakke på 4,8 kWh med en nettilsluttet inverter fra Solax med en særlig udgang for op- og afladning af batteri. Inverteren havde en effekt på 3,7 kW. Se figur 3.



Figur 2. Forsøgsopstilling med lithium-ion batteri og SMA-inverter.

RESULTATER:

Forsøget med at lade varmepumpen udnytte den del af solcelleproduktionen, som det simulerede elforbrug til familiens øvrige apparater ikke kunne udnytte i produktionstimen, viste, at varmepumpens virkningsgrad målt som COP-værdi (Coefficient of Performance) faldt markant, når varmtvandsbeholderens temperatur blev øget til mere end 50 °C. Derfor vil det være hensigtsmæssigt, at det sidste temperaturløft bliver foretaget med en indbygget elpatron i varmtvandsbeholderen. Hvis varmepumpen ellers er egnet til opgaven, dvs. kan tilpasse sig over et stort temperaturområde uden væsentlig forringelse af COP-værdien, vil varmepumpen kunne optage 4,7 kWh (svarende til et typisk batterilager) ved opvarmning fra 40 til 65 °C. En del af den lagrede elenergi kan på den måde udnyttes som varmt vand, men det er ikke muligt at konvertere tilbage fra varme til el. På grund af de ovenfor nævnte systemtab blev elforbruget forøget med ca. 23 % i forhold til normal drift med varmepumpen. Teknologisk Institut har beregnet en simpel tilbagebetalingstid på denne systemløsning til ca. 8 år.

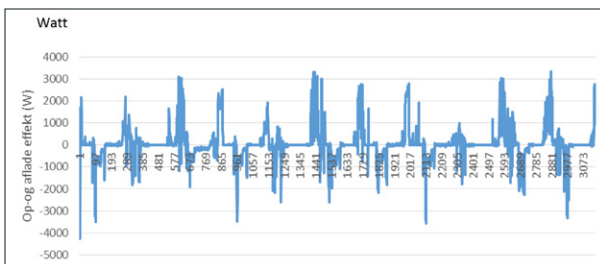
Den første systemopstilling med separat batteriinverter og batteripakke på 5,1 kWh fungerede tilfredsstillende med en høj cyklus effektivitet på mere end 95 % ved både stor og lille belastning, men der viste sig et betydeligt energitab under inverterens konvertering af elproduktionen fra vekselstrøm (AC) til jævnstrøm (DC) og omvendt. De relative tab var særligt høje ved lav belastning. Forsøgsdriften viste, at batterilageret opnåede flere årlige cykler (op- og afladninger) end beregnet, fordi der blev gennemført hyppige op- og afladninger på dage med vekslende skydække. I projektet er beregnet, at dette vil forbedre systemets rentabilitet med ca. 15 %.

Forsøgsopstillingen med den kombinerede solcelle/batteri inverter løb ind i mange tekniske vanskeligheder, og der kunne ikke måles en entydig sammenhæng mellem den effekt, der er til rådighed fra solcelleanlægget, og den effekt, der oplades med. Desuden viste målinger, at

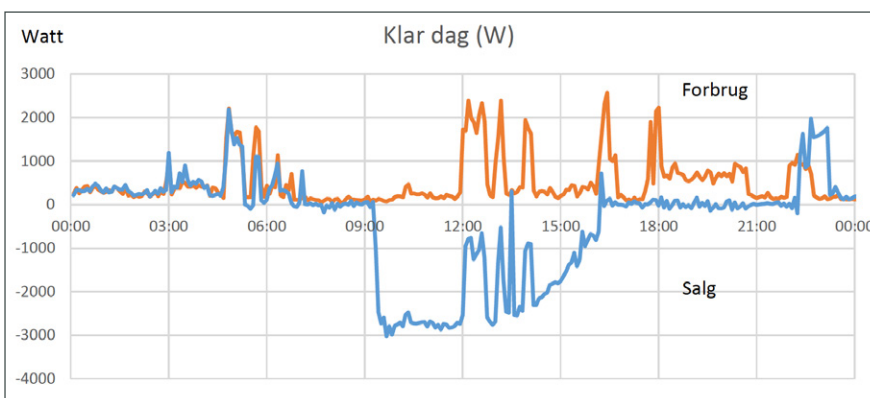
inverteren som minimum sendte 100 W ud, så længe der er strøm på batteriet. Den samlede virkningsgrad i denne forsøgsopstilling var ved dellast typisk mindre end 70 % og således noget ringere end i den første forsøgsopstilling.



Figur 3. Forsøgsopstilling nr. 2 med Solax inverter med batterisystem fra Lithium Balance.



Figur 4. Batteriets op- og afladeforløb i en typisk periode på 12 døgn.



Figur 5. Der eksporteres via hovedmåleren til elnettet, når batteriet er fyldt op.

EFFEKT:

Det er projektgruppens vurdering, at der i de kommende år bliver skabt et gradvis voksende marked for hybridløsninger (solcelleanlæg og batterilager) til enfamiliehuse, hvis de gældende økonomiske rammevilkår ikke ændres markant. Tariffen for solcelleanlægs salg af el til nettet er allerede blevet væsentligt reduceret og har dermed øget forskellen

mellem værdien af egetforbruget og prisen ved salg til nettet. Herudover vil tilbagebetalingstiden for en hybridløsning blive mindre i takt med lavere priser på solceller og batterier.

En forstærket udbygning med op til 60.000 nye solcelleanlæg med batterilager kan øge

På grundlag af målinger i forsøgsopstillingerne har Teknologisk Institut udarbejdet et enkelt beregningsværktøj, hvor boligejeren hurtigt kan se forholdet mellem investering i et batterilager af forskellig størrelse og den besparelse gennem 10 år, der kan opnås. Der kan regnes på flere forskellige variationer i solcelleanlæg og batterilager. Værktøjet kan downloades fra ELFORSK eller fra Teknologisk Instituts hjemmeside:

www.teknologisk.dk/optimal-udnyttelse-af-solcelle-el-i-enfamiliehuse/beregningsvaerktoej/37401,6.

Eller scan QR koden herunder:



elproduktionen fra solenergi med op til 300 GWh/år. Bliver anlæggene forsynet med smart styring af batteriet, kan det afhjælpe belastningen af de lokale distributionsnet ved at udjævne spidslast og dermed begrænse behovet for kostbar lokal netudbygning. På den måde kan denne type anlæg blive endnu en brik i det smarte elnet.



Teknologisk Institut benyttede sin eksperimentalbygning EnergyFlexHouse i projektet.

MED PROJEKTETS ENKLE BEREGNINGSVÆRKTØJ KAN EN BOLIGEJER HURTIGT FINDE FREM TIL DEN BRUGERØKONOMISK OPTIMALE SAMMENSÆTNING AF ET SYSTEM MED SOLCELLER OG BATTERILAGER.

HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

Projektledelse

Iben Østergaard
Teknologisk Institut
Gregersensvej 1
2630 Taastrup

E-mail: ibo@teknologisk.dk
Telefon: 72 20 23 94
Web: www.teknologisk.dk

Projekt

Titel: Optimal udnyttelse af solcelle-el i énfamiliehus
Nr. 346-012
PSO Program 2014
Budget i alt: 2.009.327 kr., hvoraf 1.085.180 kr. i tilskud fra Dansk Energi
Tidsplan: 01.03.2014-31.10.2016

Programkoordinator

Jørn Borup Jensen
Dansk Energi
Vodroffsvej 59
1900 Frederiksberg C

Telefon: 25 29 19 34
E-mail: jbj@danskeenergi.dk
Web: www.elforsk.dk

Teknologisk Institut har samlet erfaringerne fra projekt 346-012 i en række anbefalinger og gode råd om brug af batterier i forbindelse med drift af solcelleanlæg:

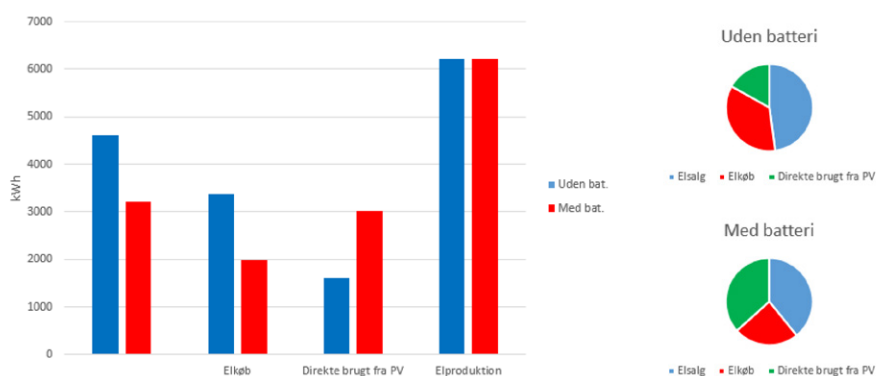
Det er vigtigt at kende sit eget elforbrug – både størrelse og fordeling hen over døgnet – inden der investeres i et solcelleanlæg med batterilager, og det er en god ide at købe en samlet systemløsning hos den samme leverandør.

Batteri-inverteren kan være en stor udfordring. Den optimale størrelse afhænger af egen forbrugsprofil. Hvis man ikke har perioder med meget høj effekt, kan man nøjes med en mindre inverter til batteriet. En trefaset in-

verter er bedst i forhold til, at der normalt er forbrug på flere faser, men den er også dyrere end en enfasnet. Ved valg af inverter skal man være særlig opmærksom på risikoen for stort tomgangstab ved lav last.

Batterilagerets kapacitet har stor betydning for den samlede anlægspris. Det kan under normale vilkår ikke betale sig at anskaffe et batterilager, der er større end ca. 1 kWh effektivt lager pr. kWp installeret solcelleeffekt.

Det er en god ide at supplere den samlede systemløsning med en trefaset energimåler, fordi den bidrager til en mere præcis styring af batteriets afladning til husstandens forbrug.



Eksempelberegninger fra værktøjet på forventet ekstra indtægt for solcelleanlæg med effekt på hhv. 3,4 kWp og 6 kWp i kombination med forskellig størrelse batterilager.



Li BALANCE
BATTERY MANAGEMENT SYSTEMS



**TEKNOLOGISK
INSTITUT**