

# BYGNINGER

## ENERGIEFFEKTIVE TEKNOLOGIER



**SOLCELLER MED BATTERILAGER KAN GØRE ELFORBRUGET I  
ALMENE BOLIGER FLEKSIBELT**

---

PROJEKT 346-048

Boligejendomme med CO<sub>2</sub> neutralt elforbrug – fase 1

## MÅLSÆTNING:

Projektets formål har været at udvikle og teste et dimensioneringsværktøj (PV-BAT), der med få grundlæggende data om størrelse, hældning og orientering af almene boligafdelingers tagareal samt informationer om det lokale elforbrug kan identificere den

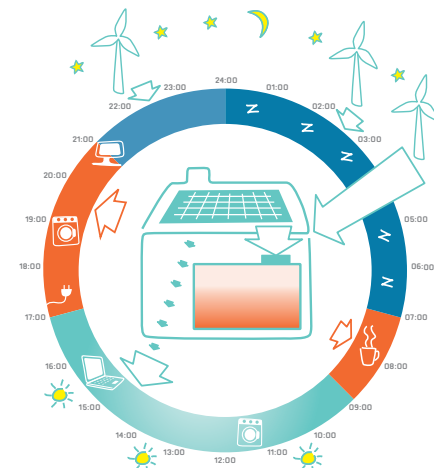
økonomisk mest fordelagtige systemløsning med solceller og batterilager. PV-BAT baseres på Excel-programmet og udvikles som et brugervenligt værktøj, der kan anvendes af energi- og miljømedarbejdere i de almene boligorganisationer, energirådgivere mv. På

den måde vil også beboere i den almene boligsektor uden private investeringsmidler få mulighed for at deltage aktivt i den grønne omstilling.

## MÅLGRUPPE:

Omlægningen fra årsbaseret til timebaseret nettoafregning for egenproduktion af solcelle-elektricitet har givet nye rammevilkår for solcelleanlæg i almene boligafdelinger og andre etagebebyggelser, fordi andelen af afgiftsfritaget egetforbrug reduceres fra 100 % til 20-30 % i en typisk bolig ejendom. Med værktøjet PV-BAT er det blevet muligt at identificere den beboerøkonomisk optimale størrelse af solceller og batterilager.

På det grundlag kan beslutningstagerne få et overskueligt grundlag for at afgøre, om det er en systemløsning, som boligafdelingen skal sætse på at udvikle. Den primære målgruppe er derfor energi- og miljømedarbejdere og beslutningstagere i den almene boligsektor, men også energirådgivere kan have stort udbytte af at benytte PV-BAT i deres arbejde med at identificere rentable projekter for energieffektivisering og CO<sub>2</sub>-reduktion.



Projektgruppens visualisering af fleksibelt elforbrug i en ejendom med hybridanlæg: Om natten købes billig vindmølle-el fra nettet, der lagres til forbrug i morgen-spidslast timer. I sommerhalvåret dækkes elforbruget i dagtimerne af solcelleanlægget, og den overskydende elproduktion lagres i batteriet, så bolig ejendommen ikke køber el i elsystemets dyre og belastede "kogespidstimer". Om aftenen købes el til relativt lav pris fra nettet. (Illustration: MONTAGE-bureauet).

**PV-BAT KAN MED FÅ GRUNDLÆGGENDE DATA OM BYGNINGENS FYSISKE UDFORMNING OG ELFORBRUG HURTIGT IDENTIFICERE DEN BRUGERØKONOMISK OPTIMALE DIMENSIONERING AF SOLCELLER OG BATTERILAGER.**

## PROCESSEN:

COWI har været projektleder og har udviklet og testet dimensioneringsværktøjet PV-BAT. Gaia Solar har bidraget med viden og data om solcelleanlæg, mens Lithium Balance har tilført projektet sin kompetence om batteriteknologier og sit kendskab til det globale batterimarked. Kommunikationsbureauet Rubrik har varetaget projektets kontakt til den almene boligsektor. I den oprindelige ansøgning indgik også IT Energy, North Q og Blue Energy, men deres opgaver blev reduceret, da projektet pga. de politisk fastsatte rammevilkår for solceller i almene boligafdelinger ændrede karakter undervejs.

PV-BAT var i sit udgangspunkt baseret på det internationalt anerkendte HOMER beregningsværktøj, men det blev uhensigtsmæssigt at indarbejde danske systemdata og rammevilkår for den almene boligsektor i HOMER, derfor valgte projektgruppen at opbygge PV-BAT fra grunden som et Excel-baseret værktøj.

Den oprindelige ansøgning sigtede efter at teste PV-BAT i to almene boligafdelinger – en



Med en installeret solcelle-effekt på 111 kWp og et årligt elforbrug på ca. 350.000 kWh kunne det ikke betale sig at supplere solcellerne med batterilager, fordi egetforbruget i forvejen var knap 90 % af solcelleproduktionen. Foto: Dion Madsen/Øbro 95.

5-etagers bolig ejendom og en tæt/lav bebyggelse. Der skulle gennemføres registreringer af elforbrug før og efter etablering af solcelleanlægget via en kommunikationsplatform og følges op med beboerinterviews for at kortlægge solcelleanlæggets effekt på beboernes energiadfærd. Men da forsøg på at udvikle solcelleanlæg i den tæt/lave bebyggelse stødte på problemer med krav om opsplitning i flere særskilte solcelleanlæg i konflikt med den økonomiske regulering af almene boligafdelinger, aftalte projektgruppen med ELFORSK at justere projektindholdet, så PV-

BAT i stedet blev testet på en halv snes boligafdelinger med forskellig størrelse og bygningsfysisk udformning.

Efter at PV-BAT var blevet færdigudviklet, har projektgruppen benyttet værktøjet til at kortlægge potentialet i en række boligafdelinger. En del af projektgruppen har undervejs i projektet fået bevilget en ramme for ydelsesstøtte fra Boligselskabernes Landsbyggefond, der kan finansiere op til 10 demonstrationsanlæg med solceller og batterilager.



# RESULTATER:

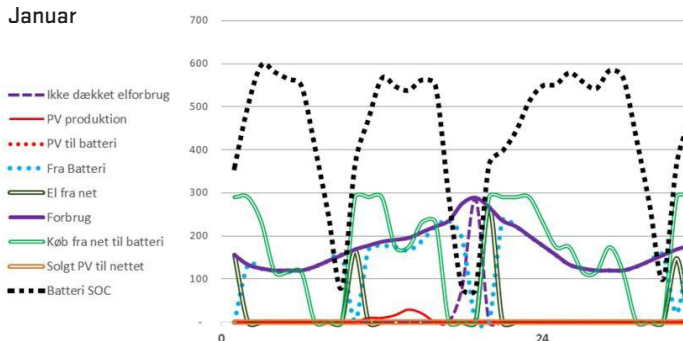
PV-BAT er i løbet af projektet blevet afprøvet på en række meget forskellige almene boligafdelinger. Ud fra grunddata om tagareal, elforbrug, priser på solceller, batteripakker og elindkøb samt vedligeholdelse og finansiering beregner PV-BAT en gennemsnitlig årlig kWh-pris i boligafdelingen. Disse screeninger i PV-BAT kan både gennemføres for boligafdelingens fælles elforbrug og det samlede elforbrug i boligafdelingen, inkl. beboernes private elforbrug. Der kan i løbet af kort tid gennemføres screeninger af flere forskellige dimensioneringer af solcelleanlæg og batterilager. Ud over en sammenlignelig kWh-pris beregner PV-BAT bl.a. også køb og salg fra nettet, brugen af batterilageret og andelen af elforbruget, der dækkes af solcelleproduktionen.

Resultaterne af disse screeninger har dokumenteret, at PV-BAT hurtigt kan identificere den beboerøkonomisk mest fordelagtige dimensionering af hhv. solceller, batterilager og tilhørende invertere. Screeningerne har vist en stor spændvidde i mulighederne for at etablere sådanne hybridanlæg. I en etageejendom med høj bebyggelsesprocent som AKB Københavns Øbro 95 med 95 boliger viste screeningerne, at det tagareal, som ifølge Københavns kommune måtte udnyttes til solceller, var så lille, at det ikke kunne betale sig at supplere solcellerne med batteri, fordi kWh-prisen blev 26 øre højere i gennemsnit.

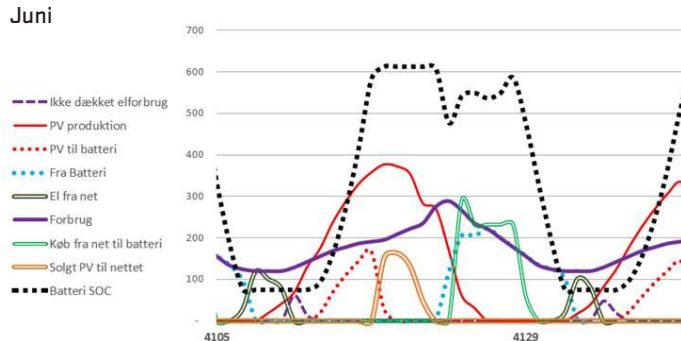
I Boligforeningen 3B's tæt/lave bebyggelse Hedelyngen i Herlev med 157 boliger viste screeninger af fem forskellige systemløsninger,

at det vil være beboerøkonomisk rentabelt at etablere solceller som led i en planlagt tagrenovering, men at det ikke kan betale sig at udnytte hele den del af tagarealet, der er optimalt orienteret mod syd og vest. Den umiddelbart billigste løsning var solceller uden batterilager med en kWh-pris på 174 øre (mod den aktuelle pris på 215 øre), men med et batterilager kan Hedelyngen ikke blot lagre overskydende elproduktion fra solcelleanlæggets mest produktive timer, men også købe el i timer med lavlasttarif og lave spotpriser til brug i de dyreste timer og på den måde bringe den gennemsnitlige kWh-pris ned under den rene solcelleløsning.

Januar



Juni



Graferne viser samspillet mellem hybridanlæg og elsystem i henholdsvis et par januar-døgn og et par juni-døgn. I både januar og juni sikrer hybridanlægget, at boligafdelingen Remisevænget Nords 466 beboere ikke behøver at trække på elsystemet i døgnet 6 mest kritiske timer om morgenen og eftermiddagen. I januar er solcelleproduktionen så lille, at der ikke sælges el til nettet. I juni er solcelleproduktionen i dagtimerne så stor, at der er elproduktion både til batterilager og til at sælge til nettet. Grafer fra PV-BAT.

## PV-BAT screening af hybridanlæg til Hedelyngens 157 boliger

Solcelleeffekt	Batterilager	Andel egetforbrug	Årlig kWh-pris
0	0	0	215 øre
406 kW <sub>p</sub>	172 kWh	47 %	191 øre
336 kW <sub>p</sub>	172 kWh	49 %	190 øre
336 kW <sub>p</sub>	129 kWh	44 %	185 øre
336 kW <sub>p</sub>	0 kWh	38 %	174 øre

Beregningsresultaterne viser, at det umiddelbart er mest fordelagtigt at opsætte solceller uden batterilager, men det intelligente samspil med elnettet giver en ekstra besparelse, der gør det mest fordelagtige hybridanlæg konkurrencedygtigt med det rene solcelleanlæg.

## EFFEKT:

På grundlag af resultaterne fra projektet har projektgruppen udviklet en vision for fleksibelt elforbrug i etagebyggeri og tæt/lave bebyggelser. Med avanceret styring af batteriets op- og afladning er det muligt både at optimere beboerøkonomien og lade boligafdelingens elforbrug indgå i et intelligent samspil med elnettet. Beboernes samlede elforbrug kan dermed gøres fleksibelt, uden at den enkelte beboer skal ændre sit forbrugsmønster, fordi fleksibiliteten indbygges i den overordnede styring af batterilageret.

Projektgruppen vurderer, at almene boligafdelinger kan skabe en betydelig del af den fleksibilitet, som et elsystem med meget varierende elproduktion fra vind- og solenergi har brug for. Det kan gøres med begrænsede transaktionsomkostninger, fordi det ikke er nødvendigt at påvirke de enkelte beboere til at forskyde deres forbrug. På den måde vil et hybridanlæg med solceller og batterilager skabe en samfundsmæssig værdi for elsystemet, som helt eller delvis modsvarer det indirekte tilskud, som et sådant anlæg opnår gennem afgiftsfritagelse af boligafdelingens eget forbrug fra solcelleproduktionen.

Det er projektgruppens vurdering, at der alene i den almene boligsektor i Danmark er et beboerøkonomisk potentiale for sådanne hybridanlæg på i alt op mod 1 GW solcelleeffekt med en forventet årlig elproduktion på ca. 1.000 GWh og en CO<sub>2</sub>-reduktion på ca. 400.000 tons/år. Denne miljøgevinst kan realiseres i den ikke-kvoteregulerede boligsektor, der er omfattet af Danmarks nationale forpligtelser til reduktion af drivhusgasser. Realiseringen af dette potentiale afhænger imidlertid af de politisk fastsatte rammevilkår.

ET HYBRIDANLÆG  
MED SOLCELLER OG  
BATTERILAGER GØR  
DET MULIGT AT KØBE  
EL, NÅR DEN ER  
BILLIGST, OG BRUGE  
DEN I DE DYRESTE  
TIMER OG PÅ DEN  
MÅDE GAVNE BÅDE  
BRUGERNES ØKONO-  
MI OG DRIFTEN AF  
ELSYSTEMET.

#### Projektledeelse

Svend Erik Mikkelsen  
COWI A/S  
Parallelvej 2  
2800 Lyngby

E-mail: sem@cowi.dk  
Telefon: 56 40 28 21  
Web: cowi.dk

#### Projekt

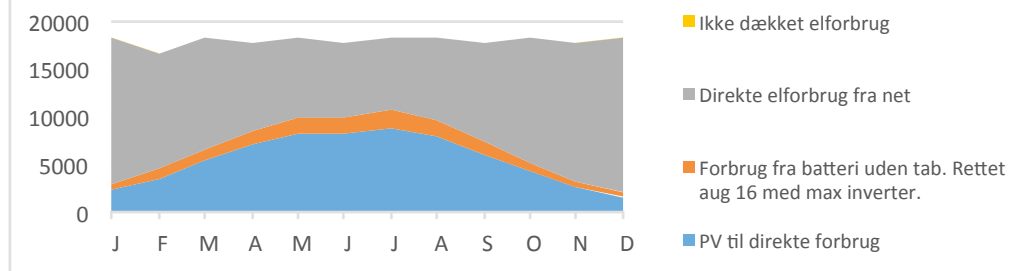
Titel: Boligejendomme med CO<sub>2</sub> neutralt  
elforbrug – fase 1  
Nr. 346-048  
PSO Program 2014  
Budget i alt: 1.394,754 kr., hvoraf 901.209 kr. i  
tilskud fra Dansk Energi  
Tidsplan: 01.03.2014-28.02.2017

#### Programkoordinator

Forskningskoordinator Jørn Borup Jensen  
Dansk Energi  
Vodroffsvej 59  
1900 Frederiksberg C

E-mail: jbj@danskenergi.dk  
Telefon: 2529 1934  
Web: www.elforsk.dk

### Dækning af elforbrug, kWh/md



Grafen viser fordelingen af elforbruget i Plus Boligs afd. 1061 i Aalborg over årets måneder: Om sommeren dækkes en stor del af forbruget fra solceller direkte eller via batteri, mens hovedparten af elforbruget må købes fra nettet resten af året. Graf fra PV-BAT.

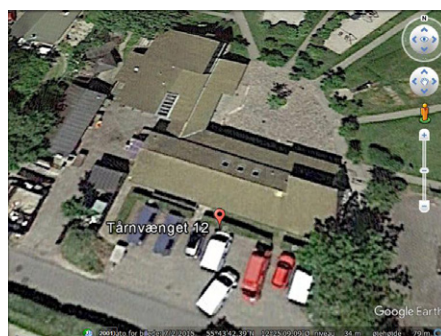
## HVORDAN PROJEKTRESULTATERNE KAN BRUGES I PRAKSIS!

Dimensioneringsværktøjet PV-BAT stilles til rådighed som open source via projekt 346-048's projektside på [www.elforsk.dk](http://www.elforsk.dk). Værktøjet har en indbygget vejledning, der gør det nemt at benytte PV-BAT. Resultatet af disse enkle screeninger kan ikke bruges som grundlag for en egentlig projektering, men alene give lokale beslutningstagere en indikation af, om det kan betale sig at etablere et hybridanlæg, og hvordan det i givet fald skal dimensioneres. Detailprojekteringen afhænger af de konkrete bygningsfysiske forhold i boligafdelingen, som det ligger uden for PV-BAT's muligheder at håndtere.

Med afsæt i projektets foreløbige resultater har projektgruppen fra Boligselskabernes Landsbyggefond opnået en rammebevilling som ydelsesstøtte til en investering på 17,5 mio. kr. i op til 10 demonstrationsanlæg. Denne ramme er i foråret blevet udmøntet i tilsagn fra Landsbyggefondens til 6 demon-

strationsanlæg, der ventes etableret inden udgangen af 2018. De omfatter en samlet solcelleeffekt på 1.348 kWp og batterilagre med en kapacitet på ca. 625 kWh. Den samlede investering i disse 6 hybridanlæg er anslået til ca. 33,5 mio. kr. Herudover ventes Landsbyggefondens i 2018 at bevilge tilsagn til yderligere 4 anlæg med en solcelleeffekt på ca. 1.125 kWp og batterilagre med en kapacitet på knap 650 kWh.

Projektgruppen har desuden fået bevilget ELFORSK støtte i projekt 349-054 til at udvikle PV-BAT til at kunne håndtere mere komplekse energiforsyningsanlæg med solceller, solfanger, energiabsorber, batterilager og varmepumpe (BIPVT-E anlæg), som tegner til at kunne blive et brugerøkonomisk attraktivt alternativ til de 400.000 naturgasfyr og 200.000 oliefyr, der på den måde kan konverteres til CO<sub>2</sub>-fri energiforsyning.



Det første fysiske hybridanlæg kan etableres som et pilotanlæg på fællesbygningerne i Hedelyngen med et solcelleanlæg på 33 kWp og et batterilager på 13,4 kWh. Foto fra Google Earth.

LiTHIUM BALANCE  
BATTERY MANAGEMENT SYSTEMS



COWI

Rubrik

NorthQ  
A New Way of Living

GAIA SOLAR



ELFORSK

DANSK ENERGI / VODROFFSVEJ 59 / 1900 FRB. C / TLF: 35 300 400