



## Lagring af solcelle-el på batterier og varmepumpe

**Forsøg med solceller kombineret med hhv. batterier og varmepumpe har affødt nogle tips til husejere, rådgivere, håndværkere og andre, der gerne vil lagre solcelle-elektricitet i hjemmet – frem for at levere det til el-nettet.**

Projektet er udført i et samarbejde mellem Teknologisk Institut og Lithium Balance.

Vil du vide mere, om PSO-projektet ”Optimal udnyttelse af solcelle-el i énfamiliehuse”, så se:

[www.teknologisk.dk/37401](http://www.teknologisk.dk/37401)  
eller find beregningsprogram  
[http://www.teknologisk.dk/\\_/media/65569\\_Solceller%20og%20batterier\\_6\\_endelig.xlsx](http://www.teknologisk.dk/_/media/65569_Solceller%20og%20batterier_6_endelig.xlsx)

Iben Østergaard [ibo@teknologisk.dk](mailto:ibo@teknologisk.dk) eller  
Ivan Katic, [ik@teknologisk.dk](mailto:ik@teknologisk.dk)

## BATTERILAGER

**I forsøget er der testet to systemer med batterier og én varmepumpe, og de samlede resultater fra projektet, som er støttet af Elforsk, kan ses i Rapporten: ”Optimal udnyttelse af solcelle-el i énfamiliehuse” ([www.teknologisk.dk/37401](http://www.teknologisk.dk/37401)).**

De to batterilagringssystemer på ca. 5 kWh er til supplement til henholdsvis eksisterende solcelleanlæg på 3,5 kWp, der allerede har en vekselretter og til solceller uden vekselretter (typisk ny-etablering eller ved udskiftning af eksisterende vekselretter). Forskellen på de to systemer er hovedsageligt inverteren.

Den overordnede konklusion er, at den samlede cyklus-effektivitet ligger på ca. 70–75 %, hvoraf langt det største tab er på inverteren. (dog langt mindre ved små belastninger). Et godt råd er, at man køber et samlet system, hvor leverandøren garanterer, at batteri og inverter kan fungere sammen. Og så skal man populært sagt hellere købe inverteren lidt for lille end lidt for stor, idet de store tab ligger ved tomgang eller lave belastninger.

## FREMTIDENS ØKONOMI

Om batterilagring vil kunne betale sig for solcellejerne, vil komme an på en række faktorer:

- Fremtidige tariffer og gebyrer
- Prisudviklingen på batterier og solcelleanlæg
- Praktisk levetid af batteripakker
- Pris for installation, drift og vedligehold.

Priserne er ved at komme ned på ca. 5.000 kr./kWh batterilager. Der vil således være krav om at tjene mindst 500 kr./år pr kWh hvis man regner med 10 års tilladelig tilbagebetalingstid. Undersøg økonomien i dit-solcelle-batterilagringssystem i beregningsværktøjet på web-siden. Her kan du finde besparelse, egetforbrug mm. ved installation af batterilagre til solcelleanlæg.

## KONKLUSIONER FRA BATTERISYSTEM

- Inverter og styring er velfungerende, men der er betydelige energitab forbundet med konvertering, især er de relative tab store ved lav belastning. (Samlet cyklus effektivitet 70–75 %).
- Tomgangstabet har stor betydning.
- Batteripakken har en høj cyklus effektivitet både ved stor og lille belastning (97 %)
- Effektiviteten bliver ikke dårligere ved stærk dynamisk kørsel – det være sig med spidslaster på forbrug eller variabel elproduktion ved ”sol med skyer”.
- Inverteren kan underdimensioneres i forhold til solcelleanlæggets effekt og det maksimale elforbrug.
- Der mangler en sikkerhedsfunktion, som kan redde batteriet i tilfælde af manglende opladning, for eksempel en akustisk alarm samt frakobling af alle forbrugende kredse.
- Inverteren gav en ubehagelig lyd ved opstart, hvilket vil være generende i et beboet hus
- Der køres på solskinsdage typisk lidt over en fuld cyklus gennem batteriet. Dvs. typisk op- og aflades godt en gang i døgnet i sommer halvåret - (når der er sol), hvilket betyder, at batteriet er godt udnyttet.
- På hele solskinsdage er batteriet typisk opladet i løbet af formiddagen, hvorefter resten af dagens solcelleproduktion må sælges, indtil der forbruges igen om eftermiddagen. I løbet af aftenen bliver batterilageret typisk tomt.
- Der skiftevis op- og aflades oftere på dage med overskyet end på hele solskinsdage; dvs. batterisystemet kommer rigtig til sin ret på dage med overskyet vejr (det solrige vejr er dog naturligvis at foretrække).
- Batteriet er relativt godt dimensioneret, idet dette batteri på knap 5 kWh (4 kWh aktiv lagring) passer godt til solcelleanlægget på 3,5 kW. Det passer med dimensioneringsreglen om, at batteriets brugbare energi-indhold i kWh skal svare til solcelleanlæggets peak-effekt i kW. Det svarer til, at batteriet oplades på omkring en times fuldlastkørsel fra solcelleanlægget.

## ANBEFALINGER

Først skal du fastlægge hvilket system du skal have: Har du et eksisterende solcelleanlæg med (forholdsvis ny) inverter, eller starter du fra bunden, og skal til at købe både solcelleanlæg og batterisystem - eller står din eksisterende inverter til udskiftning

### Køb det hele samlet – kend dit el-forbrug

Køb batteri, inverter og styring af samme firma, så man sikrer, at det er dimensioneret til samme forbrug og leverance fra solcelleanlægget, og så man sikrer, at delene "forstår" hinanden.

### Effektstørrelse på inverter

Det er få timer, hvor der køres med fuld effekt, og der er lav virkningsgrad ved lav last, så det er en god idé at underdimensionere inverter i forhold til solcelleanlæggets maximale effekt samt det maksimale forbrug. AC/DC batterikonverter op til 3,6 kW er tilstrækkelig i 6 kW solcelleanlæg med eksisterende inverter

### Tomgangstab

Spørg til størrelsen af tomgangstab—det kan være væsentligt

### Tre faser

En trefaset batterikonverter er at foretrække, især til større anlæg og gerne ved afregningsgruppe 2

### Batteriets størrelse

En teknisk og økonomisk fornuftig batteristørrelse er på ca. 1 kWh effektivt batterilager pr. kW installeret solcelle-effekt



5 kWh lithium-ion batteri med 4 kWh effektivt lager passer godt til et solcelleanlæg på 3–5 kWp

## VARMEPUMPE

**Der er målt effektiviteter ved opvarmning af brugsvand i en brugsvandsvarmepumpe ved forskellige temperaturer. En varmepumpe med ca. 180 liter vand kan lagre ca. 5 kWh – svarende til batterierne i projektet.**

Forsøgene viste, at effektiviteten faldt drastisk med stigende beholdertemperatur, dels på grund af varmetab, dels på grund af forringede driftsforhold for varmepumpens kredsløb.

Der tegner sig nemlig følgende billede af effektivitetens afhængighed af beholdertemperaturen:

Tanktemperatur	Målt systemeffektivitet
34	2,99
44	2,35
50	2,31
54	0,81

Det ses at ved 54 grader er effektiviteten lavere, end ved ren-elpatronkørsel. Den meget lave effektivitet kan måske skyldes varmetab i forbindelse med en udvendig elpatron som medfører yderlige varmetab i rørkredsen. Samtidig er der et højere tomgangsforbrug i forhold til perioden med lavere driftstemperatur. Effektiviteten vil derfor være stærkt forringet med denne indstilling.



Nilan brugsvandsvarmepumpe med 200 liter varmtvandsbeholder

## KONKLUSION VEDRØRENDE VARMEPUMPEFORSØG

- Varmtvandsbeholderen skal have en fornuftig størrelse, f.eks. over 200 l samt en god isolering uden kuldebroer. Denne størrelse vil sikre at man kan optage et par timers overskudsenergi fra et typisk solcelleanlæg på 4-5 kW (Svarende til typiske batteriløsninger)
- Styringen skal kunne begrænse hvilke perioder der skal opvarmes i, for eksempel via et signal fra solcelleanlæggets inverter eller en timer. På den måde kan man sikre sig at beholderen er kold når solen begynder at skinne og der vil være overskud af el.
- Der bør sidde en elpatron direkte i beholderen, som evt. kan opvarme det sidste stykke, hvor varmepumpen ikke kan følge med. Her skal styringen kunne slukke helt for kompressoren, som ellers bare vil levere "varme til fuglene"
- Varmepumpen skal være egnet til formålet, d.v.s. den skal kunne tilpasse sig over et stort temperaturområde uden væsentlig forringelse af effektiviteten.

Samlet hentes ca. 77% af den lagrede energi ud af systemet igen som varmt vand. En del af tabet vil dog komme husets rumpovarmning til gode. Dvs. ca. samme virkningsgrad, som for batterier. Men økonomisk hentes "færre penge" ud af varmepumpelageret, idet varmt vand normalt er meget billigere end el købt fra nettet.

### Måling af varmetab

Når man overopvarmer beholderen, vil der ske et større varmetab end normalt. Forsøget viser, at selvafladningen (varmetabet) fra et lille varmelager er ganske betydeligt set i forhold til energiindholdet. Temperaturen falder fra 50 til 34 grader på en uge. Virkningsgraden ved termisk energilagring vil derfor afhænge stærkt af hvor længe energien skal gemmes.