

Delrapport ifm. Benchmark af Batterianlæg

Fuld titel: Benchmark af net-tilsluttede batterianlæg til bygninger

Rapport over indledende undersøgelser og litteraturstudie

ELFORSK projekt nr: 349-020

07-02-2018 / Rev. 19

Indholdsfortegnelse

1	Indledning	4
2	Afgrænsning af systemkonfigurationer, brugerprofiler og applikationer	6
2.1	Systemkonfigurationer.....	6
2.2	Brugsprofiler og applikationer	8
3	Internationalt litteraturstudie vedr. relevante krav, mærkningsordninger og lignende.....	9
3.1	Krav eller litteratur om, hvordan man sammenligner driftsforholdene for batterisystemer til PV-tidsskift (egetforbrug) applikationer i bygninger	9
3.2	Relevant mærkning til sammenligning af batterisystemer ydeevne	10
3.3	Relevante BESS-præstationsparametre til kvantificering og sammenligning, fx standby, peak effektivitet, rundtur effektivitet for PV tidforskydning applikationer i bygninger.....	11
3.4	Internationalt litteraturstudie Referencer.....	12
4	Standard forbrugsprofiler og solcelle produktionsprofiler	13
4.1	Standard forbrugsprofil.....	13
4.2	Solcelle produktionsprofil	16
4.3	Samlet belastningsprofil af batterianlæg til solcelleanlæg.....	17
4.4	Brugsprofil for reduktion af peak effekt	18
4.5	Timeshift med reduktion eller fjernelse af forbrug	19
5	Gældende relevant lovgivning for batterianlæg og installation	20
5.1	Opkobling til elnettet	21
5.2	Sikkerhed for stationære batterianlæg.....	21
5.3	Afprøvning af stationære batterianlæg	21
6	Nøgleparametre til karakterisering og sammenligning af batterianlæg	22
6.1	Opstilling og udvælgelse af nøgleparametre til karakterisering og sammenligning af forskelligartede batterianlæg	23
6.2	Generisk specifikation af de enkelte nøgleparametre samt sammenlignings- og udvælgelsesmetoder.....	26
7	Brugerundersøgelser.....	29
7.1	Brugerundersøgelse udført ifm. Benchmark af batterianlæg.....	29
7.1.1	Spørgeskema til brugerundersøgelse	29
7.1.2	Resultater fra brugerundersøgelse	30
7.1.3	Vigtige forhold ved valg af batteriløsning	31
7.1.4	Krav til placering af batterisystem	34
7.1.5	Batteriets levetid.....	34
7.2	Resultater uddraget fra Bolius Boligejeranalyse.....	35
7.2.1	Motivation for at energirenovere	35
7.2.2	Varme-/elregningen er medvirkende årsag til at få foretaget energirenovering.....	36

7.2.3	Tilskud er vigtigt	38
7.2.4	Hvad bekymrer boligejerne?.....	39
8	Konklusion på litteraturstudie	39
9	Bilag 1: Noter omkring Europa Norm 61427-2:2015	41

1 Indledning

Denne delrapport er udarbejdet i forbindelse med projektet Benchmark af Batterianlæg som er støttet af ELFORSK der administreres af Dansk Energi. Projektets fulde titel er: Benchmark af nettilsluttede batterianlæg til bygninger og har ELFORSK projekt nummer: 349-020.

Denne rapport omfatter de indledende undersøgelser og litteraturstudier i projektet. Formålet med rapporten er at skabe et grundlag for det videre arbejde i projektet, hvor der skal udarbejdes og udvælges metoder, der gør det muligt at sammenligne batterianlæg. Metoderne bør kunne benyttes på tværs af forskellige batteriteknologier og forskellige systemopbygninger.

Nettilsluttede batterianlæg til bygninger forventes i første omgang primært at komme i forbindelse med solcelleanlæg, eller som anlæg til at begrænse den maksimale effekt, der trækkes fra elnettet, alternativt flytte elforbrug væk fra spidslast perioder med høj pris. Projektets fokus er indledningsvist primært rettet mod mindre seriefremstillede standard-anlæg som typisk opstilles i forbindelse med enfamilie husstande i villa eller i boligforeninger. Større anlæg vil måske om nogle år også blive seriefremstillede standardprodukter, men for nærværende bliver større anlæg typisk konfigureret specielt til applikationen og indkøbt i udbud, hvorfor disse ikke er omfattet. Mindre standard-anlæg kan også anvendes til mindre erhverv, men mindre erhverv er ikke inddraget af flere årsager, bl.a.:

- Skatte- og tarif-incidenter til erhvervmæssig anvendelse af batterianlæg er for nærværende generelt mindre end for private (og måske til dels liberale erhverv¹, der ikke aktuelt har mulighed for refusion af elafgifter).
- Brugs mønsteret for mindre erhverv kan være meget forskelligt, hvilket vil kræve en betydelig arbejdsindsats for at udvikle, udvælge og validere relevante brugsprofiler.
- Beslutningsprocesser i forbindelse med erhverv er ofte mere fokuseret på økonomiske rationaler og oftere med kortere investeringshorisonter.
- Der forventes i de første år at være relativt få købere til batterianlæg i de enkelte segmenter af mindre erhverv.

Projektet prioriterer således arbejdet med udgangspunkt i boligsegmentet. Metoderne afprøves og valideres på boligsegmentet. På baggrund af resultaterne herfra vil det senere være muligt at vurdere relevans og mulighed for eventuelt at udbrede målgruppen for sammenligning af standardbatterianlæg. Skulle der senere opstå en efterspørgsel fra f.eks. mindre erhverv, bør det være muligt på det eksisterende datagrundlag at tilføje sammenlignende data for specifikke segmenter af mindre erhverv, under forudsætning af, at der er defineret et brugs mønster for det aktuelle erhvervssegment.

Baggrund

Overskuddet af elektrisk energi produceret af PV-paneler kan ikke opbevares direkte og derfor skal den omdannes til en anden type af energi (fx kemisk energi i tilfælde af batterisystemer) for at øge egetforbruget. Der findes en række forskellige energilagringsteknologier på markedet. De adskiller sig i forhold til mange aspekter som f.eks. kapitaludgifter, strøm- og energiforbrug, rundtur effektivitet, temperatur driftsforhold, sikkerhed, kalender og cyklus levetid, hvor meget de bliver afladt, OPEX omkostninger, elektrisk ydeevne osv. Selv inden for samme lagringsteknologi type (fx LiFePO₄/C litium-ion batteri), kan slutbrugerne af PV-batteriet forvente forskellige ydelser afhængigt af batteriets mærke, produktionsbatch og fremstillingstolerancer, elektrisk konverteringseffektivitet

¹ Liberalt erhverv: Advokater, arkitekter bureauer, landinspektører, mæglere, reklamevirksomheder, revisorer, rådgivende ingeniører

og standby energitab. Desuden kan andre aspekter påvirke det optimale valg af batterisystem, som systemkonfiguration, miljømæssige aspekter, husholdningsbelastningsprofil osv. Alle ovennævnte parametre har en stærk indvirkning på PV-batteriets samlede ejer omkostninger (total cost of ownership -TCO) [1]. Et væld af disse parametre gør udnyttelsen af kapaciteten og gennemsigtigheden af PV-batteriselektionsprocessen udfordrende. Som følge heraf står slutbrugeren af PV-batterilagringssystemet overfor et dilemma for at vælge det mest passende og det bedste PV-batterisystem til en bestemt installation.

Der er lavet internationale forsøg på at udvikle standardiserede præstationsevalueringsprocedurer for PV-batterisystemer. Imidlertid er der stadig behov for relevante standarder og præstationsindekser til sammenligning af ydeevnen til forskellige sekundære PV-batterisystemer. Et sådant præstationsindeks skal muliggøre en retfærdig sammenligning af PV-batterisystemets ydeevne på den gennemsigtige og upartiske måde og tage alt (i bedste tilfælde) hensyn til særlige forhold i PV-batterisystemet. Tilstrækkeligt præstationsindeks skal ideelt set blandt andet være teknologineutralt, behandle PV-batterisystemet som et integreret system som helhed (ikke som individuelle komponenter), være uafhængig af systemdesignaspekter (topologi, størrelse osv.) Og være i stand til at sammenligne både kortsigtede (f.eks. systemeffektivitet) og langsigtet (udholdenhed) af PV-batteri systemets ydeevne.

Elbiler er ikke omfattet af dette projekt, da de ikke er stationære og kun periodevis er tilsluttet elnettet.

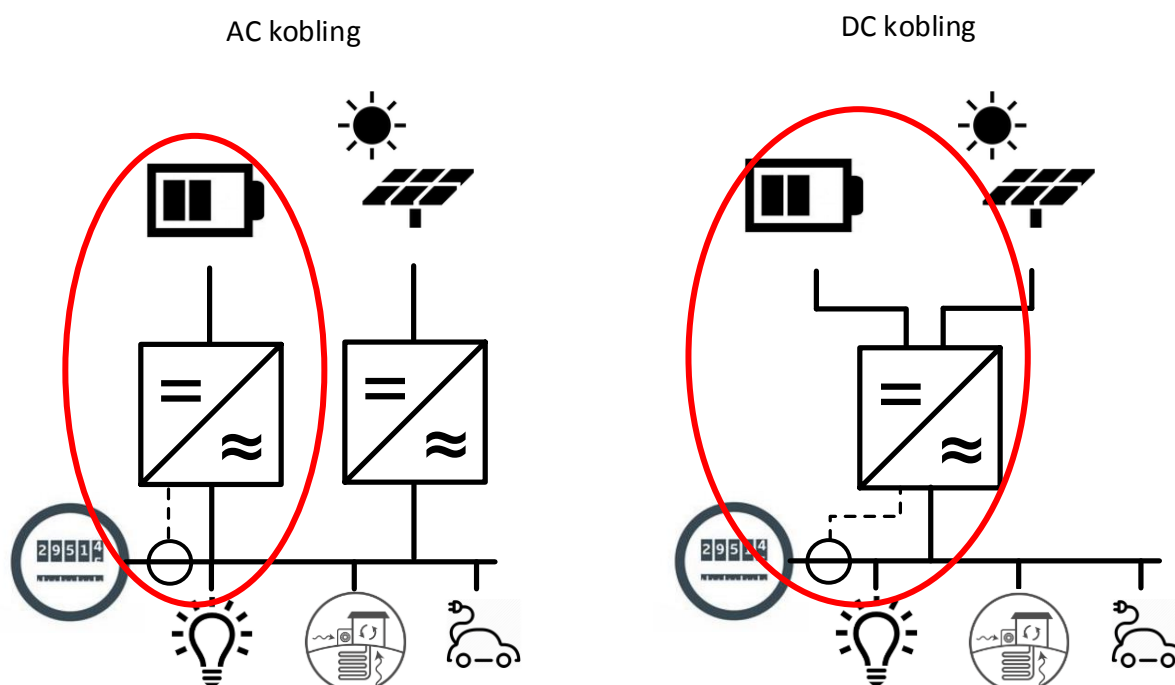
2 Afgrænsning af systemkonfigurationer, brugerprofiler og applikationer

Projektet fokuserer på batterianlæg der er nettilsluttede og er placeret i bygninger eller forbindelse med bygninger.

Mere specifikt fokuseres der på mindre serieproducerede anlæg, der benyttes i forbindelse med husstande, boligforeninger eller mindre virksomheder.

2.1 Systemkonfigurationer

Batterianlæggene er i denne sammenhæng altid placeret bag en afregningsmåler og kan installeres enten som stand-alone lager, eller i samspil med f.eks. solceller. Eventuelt kan batterianlæggene dele inverter eller anden effektelektronik med et solcelleanlæg. Se skitse af typiske installationer i Figur 1.



Figur 1: Skitsering af opkoblingsmuligheder med hhv. AC-kobling eller DC-kobling med markering af batterianlægget og anlægskomponenterne projektet har fokus på.

Nye anlæg, der tilsluttes i Danmark, skal være 1 eller 3 fasede, og projektet begrænser sig derfor til disse. De fleste anlæg vil være opkoblet som vist ovenfor med enten tilslutning til elnettet med egen inverter, eller ved hjælp af en inverter der er fælles med et solcelleanlæg.

Teknisk Forskrift² 3.3.1 for batterianlæg definerer kategorier af batterianlæg og beskriver hvad batterianlæg skal kunne og hvordan de tilsluttes elnettet i Danmark.

Et batterianlæg er nettilsluttet, hvis der kan optages eller afleveres energi til ledningsnet, der står i direkte forbindelse med lavspændingselnettet (230/400 Vac (3 faser) eller 230 Vac (1 fase)). Der behøver ikke nødvendigvis være en udveksling af energi med det fælles kollektive elnet.

² De Tekniske Forskrifter udarbejdes af Energinet og den første udgave af denne forskrift er trådt i kraft i juni 2017.

UPS³-anlæg, som ikke leverer energi samtidig med elnettet, er ikke omfattet af TF-3.3.1 og behandles ikke i dette projekt.

Nettilsluttede batterianlæg opdeles i effekt-kategorier fra A1 til D. Dette projekt afgrænser sit fokus til at omfatte kategori A1 og A2 (i hht. til TF-3.3.1). Effekt størrelser B til D er for større installationer, der sjældent sælges som serieproducerede standard-anlæg, da der er større krav til funktioner, dokumentation og test af anlæggene. Kategori B til D berøres ikke yderligere i denne rapport.

A1-anlæg (eksempelvis til enfamilie husstande)

1-fasede anlæg op til 16 A (<3,68 kW)

3-fasede anlæg op til 11 kW (16 A per fase)

Batterianlæggene til enfamilie husstande matcher kategori A1 i Teknisk Forskrift 3.3.1 for batterianlæg (anlæg til og med 11 kW).

Energiindholdet i batterianlæg til enfamilie husstande er typisk lavere end 20 kWh, og ofte under 10 kWh udnyttbar energi.

A2-anlæg (f. eks. til boligforeninger)

3-fasede anlæg op til 50 kW (< ca. 72 A per fase).

Batterianlæggene til f.eks. boligforeninger ligger i kategori A2 i Teknisk Forskrift 3.3.1 for batterianlæg (anlæg fra 11 til 50 kW).

Energiindholdet i anlæg til boligforeninger og lignende kan variere meget, men forventes ofte at ligge fra 10 til 300 kWh.

Alle batterianlæg kan i princippet levere energi ud på elnettet, da de er nettilsluttede, MEN levering til elnettet vil åbne for en række krav til beskatning og energiafregning. I dette projekt ses kun på effektivitet og ydelser i forhold til eget forbrug bag måleren – dvs. batterianlæg, der ikke leverer energi ud på det offentlige elnet.

Typiske DC-spændingsniveauer

Spændingen fra solpanelerne ligger typisk mellem 200 Vdc og 1000 Vdc med højest spænding på de større anlæg.

Spænding på batterianlæggene ligger typisk mellem 16 Vdc og 800 Vdc igen med højest spænding på de større anlæg.

Typiske batterityper

Batterianlæg omfatter i dette projekt i princippet lagring i alle typer elektrokemiske batterier.

Hovedfokus vil i projektet dog være på forskellige typer Li-Ion batterier men også omfatte ikke Li-Ion (f.eks. blybatterier). Li-Ion forventes at udgøre den største andel⁴ i fremtiden, idet de typisk holder væsentligt længere, kan tåle en højere afladningsgrad og fortsat ventes at falde i pris. Andre batterityper så som flowbatterier, saltbatterier (AHI) m.fl. kan også komme i spil i fremtiden.

³ UPS: Uninterruptible Power Supply - Nødstrømsanlæg

⁴ C.A.R.M.E.N. beretter at 80% af installerede batterianlæg i Tyskland fra 2013 til 2016 var af Li-Ion type.

2.2 Brugsprofiler og applikationer

Et batterianlæg til husstande med solcelleanlæg har til formål at øge eget forbrug af egen produceret energi. Solcellebatteriet vil typisk være dimensioneret til opladning om dagen og afladning i løbet af aftenen eller natten, samtidig kan solcellebatteriet udjævne forbrug i løbet af dagen.

Husstands batterier med større energiindhold til uge, måneds eller sæsonlagring forventes ikke udbredt i den nærmeste fremtid (2023 eller senere). Fremtidige brugsprofiler afhænger af mange ting, bl.a. priser og politiske/afgiftsmæssige ændringer. Her vil indfasning af for eksempel betaling afhængig af det største effekttæk til en husstand (som omtalt ifm. tarifmodel 3.0), fleksible nettariffer eller generel reduktion af afgifter kunne påvirke udbredelse, og måden anlæggene vil blive benyttet på.

Batterianlægget kan modtage energi fra forskellige kilder, men idet der i den nærmeste fremtid hovedsageligt forventes batterianlæg til bygninger i forbindelse med solcelleanlæg, har denne applikation høj prioritet i projektet. Ud over egnethed til solcelledrift vil projektet forsøge at understøtte generisk sammenligning på en række andre forskellige brugsprofiler. Under udarbejdelsen af denne rapport har de første danske elselskaber meddelt at de indfører varierende tariffer også i forhold til almindelige private kunder. Dette ventes at skabe øget interesse for batterianlæg til tidsforskydning af forbrug fra såvel private som mindre virksomheder som eksempelvis butikker. Det synes derfor relevant minimum at se på følgende applikationer:

- a) Batterianlæg til at øge egetforbrug af energi fra eget solcelleanlæg ved at fungere som energibuffer og energilager.
- b) Batterianlæg til at begrænse effektspidser i forbrug, for at begrænse omkostninger som følge af effektbaseret tarif, hvis dette skulle blive udbredt j.f. arbejde med tarifmodel 3.0 hos Dansk Energi.
- c) Batterianlæg til at forskyde energiforbrug væk fra timer med højlast tarif – eksempelvis til at flytte mest muligt forbrug væk fra perioden kl. 17:00 til kl. 20:00, ved at batteriet leverer sin energi dette tidsrum.

Det vil være relevant at tilbyde nøgleinformationer i forhold til følgende overordnede forbrugsprofiler:

- i. Bolig forbrugsprofil hvor familiens energiforbrug ligger uden for normal skole og arbejdstid, som det er almindeligt i dansk kultur.
 - a. For familien i villa vil det ofte være muligt at udsætte vask, opvask og elbilsladning til nattetimer.
 - b. For boligforeningsejendomme vil forbrug til opvask og tøjvask oftest ikke ligge om natten.

Produktionsprofil er relevant i forhold til opladning af batterianlæg. I projektet tages der udgangspunkt i en dansk solcelleproduktionsprofil for sydvendt tagflade med 40° hældning som mange private villaer. Der ses ikke på vindmøller som forsyning da batterianlæg altovervejende ventes udbredt i byer, og der ikke forventes en stor stigning i vindmøller ifm. husstande. Solcelleplacering f.eks. øst+vest kan påvirke produktionsprofil i forhold til forbrugsprofil, men der ses i dette projekt væk fra dette da leverandøren af solcelleanlæg vil kunne vejlede om forventet produktion fra forskellige placeringer og konfigurationer.

3 Internationalt litteraturstudie vedr. relevante krav, mærkningsordninger og lignende

I dette afsnit præsenteres litteraturoversigten med hensyn til præstationsammenligning af forskellige PV-batterisystemer.

3.1 Krav eller litteratur om, hvordan man sammenligner driftsforholdene for batterisystemer til PV-tidsskift (egetforbrug) applikationer i bygninger

De fleste af de krav, der stilles på batterisystemer er fokuseret på sikkerhed frem for ydeevne. Så de angiver de minimums sikkerhedskrav, som BESS skal overholde [2]-[4].

De øvrige regler er fokuseret på de elektriske apparaters sikkerhed. På det danske marked har Energinet for nylig udgivet en forskrift (Teknisk Forskrift 3.3.1: Batterianlæg), som definerer de minimum tekniske og funktionelle krav, som batterier skal overholde, hvis de skal tilsluttes til det danske elnet [5]. Forordningen trådte i kraft den 23. juni 2017. De tekniske krav er afhængige af effektydelse PV-husholdninger vil typisk ligge i klassificeringen A1 (op til 11 kW). Reguleringen definerer dog ikke et præstationsindeks, men angiver kun minimumskravene med hensyn til strøm kvalitet, spænding og frekvensstyring, kommunikation og beskyttelse af PV-batterisystemer, som injicerer eller bytter energi med elnettet. Med andre ord, er det fokuseret på at sikre net stabilitet og strøm kvalitet.

Tilsvarende etablerer forfatterne i [6], [7] et nøglepræstationsindeks for integreret PV-energilagringsystem, og de foreslår en omfattende vurderingsmetode baseret på fuzzy evalueringsteori og grå korrelationsgrad. Imidlertid er resultatindekset kun etableret fra gridoperationsperspektivet (strøm kvalitet, sikkerhed, beskyttelse osv.).

I [8] er der defineret testmetoder og analyseværktøjer til BESS, som gør det muligt at evaluere BESS-controllere og kommunikationsforsinkelser. Alligevel er disse værktøjer gældende for test af fabriks- eller siteaccept (FAT og SAT) i stedet for til generel præstations sammenligning af forskellige PV-batterisystemer.

Der er også tilgængelige forældede batteritestmetoder til bestemmelse af batteriernes energimæssige ydeevne, som kun er fokuseret på ældre batteriteknologier (bly-syre, NiCd, NiMH) [9]-[13]. For eksempel gælder IEC 61427 Ed.2-standarden kun for alle bly- og nikkel-cadmiumceller til solceller (PVES). Denne standard giver generel information relateret til kravene til de sekundære batterier, der anvendes i PVES, og til de typiske testmetoder, der anvendes til verifikation af batteriernes ydeevne. I 2013 blev standard IEC 61427 fornyet, og den blev batteriteknologisk neutral (den gælder for alle sekundære batterisystemer) [11]. Del 1 i denne standard giver generelle oplysninger om kravene til sekundære batterier, der anvendes i fotovoltaiske energisystemer (PVES), og til de typiske testmetoder, der anvendes til verifikation af batteriets præstationer. Del 1 omhandler celler og batterier, der anvendes i fotovoltaiske off-grid applikationer. Denne standard indeholder dog ikke specifikke oplysninger vedrørende batteristørrelse, en metode til opladning eller PVES-design.

I 2001 offentliggjorde Florida Solar Energy Center første anbefalinger for at maksimere batteriets levetid i solcelleanlæg baseret på erfaringer fra et årti erfaring med batteridrift i små fritstående PV-systemer [14]. Selvom offentliggjort arbejde er meget omfattende, er konklusioner kun målrettet maksimal levetidsmodulering af batteriets ydeevne, og det er kun gyldigt for forskellige typer blybatterier.

I [15] specificerer forfatterne krav til et passende præstationsindeks for net forbundne PV-batterisystemer.

Ifølge ovenstående skal et passende præstationsindeks for PV-batterier:

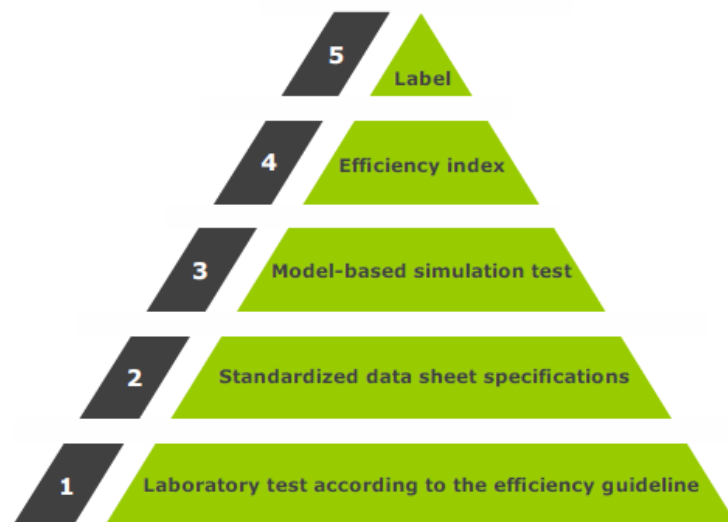
- tillade sammenlignelighed mellem PV-batterisystemer i forskellige størrelser og topologier
- tage højde for overordnet PV system ydeevne (inklusive alle systemkomponenter);
- inkludere alle energitabs mekanismer
- tage hensyn til tidsdimension (karakteriserende PV-systemydelse over en periode på mindst et år);
- give mulighed for at tage hensyn til en økonomisk vurdering af PV-batterisystemer

3.2 Relevant mærkning til sammenligning af batterisystemer ydeevne

Performance-relaterede specifikationer er sjældent angivet i PV batteridata. Og selv om de er angivet, er de normalt ikke direkte sammenlignelige fra et system til et andet på grund af manglende klart definerede ydeevner [16].

Etikettering af det specifikke systems ydeevne er vigtigt, da det giver slutproduktbrugere mulighed for at sammenligne forskellige produkters og systemproducenters ydeevne for at forbedre deres produkter. I EU blev EU's energimærke defineret i 2011 på grundlag af EU-direktiv 92/75 / EF til klassificering af elektriske apparaters energieffektivitet [17]. EU energimærke klassificerer energieffektiviteten af hvidevarer, pærer og biler i klassekategorier fra A +++ til D. I princippet kunne lignende energieffektivitetsmærkning anvendes til PV-batterisystemer, hvis et passende energieffektivitetsindeks skulle defineres. Et sådant præstationsindeks skal muliggøre en retfærdig sammenligning af PV-batterisystemets ydeevne på en gennemsigtig og upartisk måde og tage alt (i bedste tilfælde) hensyn til særlige forhold i PV-batterisystemet.

Mærkning af ydelsen af de nettilsluttede PV-batterisystemer er det sidste trin og det øverst på pyramiden af foranstaltninger for at øge sammenligneligheden (figur 1). For at nå dette niveau skal de første standardiserede præstationsevalueringsprocedurer defineres.



Figur 2 Fremgangsmåde til opnåelse af præstationsmærker for de netforbundne PV-batterisystemer [15].

I øjeblikket er der ikke nogen officielle og standardiserede PV-batterimærkater, der giver slutbrugeren mulighed for en gennemsigtig sammenligning af forskellige markedsprodukter. For nylig var dette emne genstand for følgende forskningsarbejde:

I 2003 blev den 1526-2003 IEEE anbefalede praksis til test af udførelsen af stand-alone PV-systemer udgivet [14]. Dokumentet blev delvist udviklet ud fra NREL-rapporten, der blev offentliggjort i 2000 [18]. Målet var at definere test til bestemmelse af udførelsen af stand-alone PV-systemer og til verifikation af PV-systemdesign (test udføres på systemniveau). Dokumentet fokuserer på at

bestemme, hvor godt PV-arrayet oplade batteriet og hvor godt batteriet er dimensioneret til den specifikke belastning. Desuden er de tests, der er defineret i dette dokument, ikke anvendelige for net-tilsluttet PV-systemer, og de målretter ikke systemets pålidelighed og kvalitetsproblemer.

I [15], [16] definerede forfattere simuleringstest for vurdering af PV-batterier og definerer såkaldt Storage Performance Index (SPI). SPI er en effektivitetsindikator, og den defineres som forholdet mellem strømomkostninger til det rigtige PV-batterisystem til el-besparelspotentialet i et identisk tabsløst system (formel 1) [16]. Indekset tager bl.a. hensyn til konverterings-, standby-, hjælpe- og styretab af PV- og batterisystemer, og det gør det muligt at sammenligne systemer med forskellige størrelser og topologier.

$$SPI = \frac{C_{PV,IDEAL} - C_{PVBAT,REAL}}{C_{PV,IDEAL} - C_{PVBAT,IDEAL}} \cdot 100\% \quad (\text{formel 1})$$

hvor: $C_{PV,IDEAL}$, $C_{PVBAT,IDEAL}$ and $C_{PVBAT,REAL}$ er elnetomkostningerne til det ideelle PV-system (med en tabsfri inverter), et ideelt og reelt PV-batterisystem, henholdsvis.

Således betyder SPI = 55%, at specifikt PV-batterisystem er i stand til at realisere 55% af det respektive el-energiebesparelspotentiale. SPI-indekset blev brugt af den tyske organisation BVES til bestemmelse af 'Effektivitetsretningslinjen for PV-batterisystemer' [19].

3.3 Relevante BESS-præstationsparametre til kvantificering og sammenligning, fx standby, peak effektivitet, rundtur effektivitet for PV tidforskydning applikationer i bygninger

Sandia rapporterer de vigtigste præstationsparametre for at kvantificere BESSs ydeevne med forskellige tjenester [20], [21]. Rapporten blev senere opdateret i DoE-dokumentet, der blev afsat til samme emne og offentliggjort i 2014 [22]. Det definerer protokol (et sæt af bedste praksis) til ensartet måling og beskrivelse af energilagringssystemers ydeevne. Denne protokol tjener som grundlag for at vurdere et batterianlæg med hensyn til vigtige præstationsattributter, der er relevante for specifikke applikationer. Dokumentet beskriver også måle- og rapporteringsprocedurer.

For **PV-tidsforskydningsapplikationer** er følgende BESS-parametre vigtige [20], [21]:

- **system rating** (BESS rating inkluderer nominel effekt, energi til rådighed ved nominel effekt i begyndelsen af BESS levetid under bestemte omgivelsesforhold);
- **round-trip energieffektivitet** (den nyttige energiproduktion fra et ESS divideret med energitilførslen til BESS over en opladning / afladningsprofil, der repræsenterer kravene i forbindelse med en bestemt applikation, der er anbragt på en BESS, udtrykt i procent);
- **responstid** (tiden i sekunder det tager et BESS for at nå 100 procent af den nominelle effekt under opladning eller afladning);
- **rampehastighed** (hastighedsændring leveret til eller absorberet af en BESS over tid, udtrykt i kW pr. Sekund eller som en procentuel ændring i nominel effekt over tid (procent pr. sekund));
- **standby-energitab** (den hastighed, hvormed en ESS mister energi, når den er i aktiveret tilstand, men ikke producerer eller absorberer energi, herunder selvafladningshastigheder og energitabsatser, der kan henføres til alle andre systemkomponenter (dvs. batteristyringssystemer, effektelektronik (invertere og convertere samt andre hjælpebelastninger, der kræves for at være klar til drift);

- **selvafldningshastighed** (den hastighed, hvormed et BESS mister energi, når det er afbrudt fra alle belastninger, undtagen dem, der kræves for at undgå underafldning);
- **maks effekt** (maks effekt et BESS kan give en bestemt tid);
- **energikapacitet** (mængden af energi, systemet kan opbevare ved elektrisk strøm);
- **energikapacitetstabilitet** (energikapaciteten på et hvilket som helst tidspunkt i procent af den oprindelige energikapacitet);
- **reference signal tracking** (BESS evne til at reagere på et referencesignal);
- **SOC-udflugt** (den maksimale og mindste SOC opnået af ESS under en arbejds cyklus);
- **tidscyklus-round-trip effektivitet** (den nyttige energiproduktion fra et BESS divideret med energitilførslen til BESS over en opladnings- / afladningsprofil, der repræsenterer kravene i forbindelse med en bestemt applikation, der er placeret på et BESS, udtrykt som en BESS procent);
- **maksimal omgivelsestemperatur**;

I [20] udtrykker forfatterne også behovet for at teste udførelsen af BESS PV-systemerne, der ikke kun baseres på de specifikke normaliserede og sædvanligvis kunstige strømniveauer eller afladningshastigheder, men også ved at anvende **applikationsspecifik arbejds cyklus**. Dette gør det muligt at sammenligne specifikke systemers ydeevne uanset systemstørrelse, type, alder og tilstand. Dette er i tråd med et andet Sandia-arbejde, der blev offentliggjort i [23], som diskuterer mulige forbedringer i Sandia Inverter Performance Test Protocol ved at indføre nye effektivitetsvægtningsfaktorer, som er afhængige af virkelige inverter-driftsbetingelser.

Til sidst, men ikke mindst, indeholder del 2 i IEC 61427-standarden testmetoder til verifikation af sekundær batteriudhold, egenskaber og elektrisk ydeevne i fire forskellige vedvarende applikationer: frekvensregulering, belastning, peak-power shaving og tidforskydning anvendelser [24]. Således er PV-batteriets udholdenhed også meget vigtig ydeevneparameter, som har en stærk indvirkning på PV-batteriets samlede ejer omkostninger.

3.4 Internationalt litteraturstudie Referencer

- [1] Weniger J., Bergner J., Tjaden T., Quaschnig V., "Economics of residential pv battery systems in the self-consumption age, 29th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition," *29th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, 2016.
- [2] Intertek, "Navigating the regulatory maze of lithium battery safety," 2015.
- [3] (). *UL 2054 Standard for Safety for Household and Commercial Batteries*.
- [4] UL, "UL 1642 Standard for safety for lithium batteries," 2012.
- [5] Energinet.dk, "Technical regulation 3.3.1 for battery plants," 2017.
- [6] Q. Li *et al*, "Establishment of key grid-connected performance index system for integrated PV-ES system," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2016, pp. 012032.
- [7] Z. Lv *et al*, "Fuzzy comprehensive evaluation for grid-connected performance of integrated distributed PV-ES systems," in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2016, pp. 012033.
- [8] (). *System Acceptance Testing & Performance Evaluation of Battery Energy Storage Systems*.
- [9] Anonymous "Test methodology for determining the energy performance of battery charging systems," 2005.
- [10] Anonymous "IEC 61427 ed.2, secondary cells and batteries for photovoltaic energy systems (PVES) – general requirements and methods of test," 2013.

- [11] IEC, "IEC 61427-1:2013 Secondary cells and batteries for renewable energy storage. General requirements and methods of test. Photovoltaic off-grid application," 2013.
- [12] Anonymous "IEEE 1361-2203, IEEE guide for selection, charging, test, and evaluation of lead-acid batteries used in stand-alone photovoltaic (PV) systems," IEEE, 2003.
- [13] IEA PVPS, "Use of photovoltaic power systems in stand-alone and island applications: Testing of batteries used in Stand alone PV power supply systems," 2002.
- [14] Dunlop P. and Farhi B.N., "Recommendations for Maximizing Battery Life in Photovoltaic Systems: A Review of Lessons Learned," 2001.
- [15] (). *Model-based performance evaluation of grid-connected PV-battery systems.*
- [16] J. Weniger *et al*, "„Emerging performance issues of photovoltaic battery systems “," in *32nd European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition*, 2016, pp. 2372-2380.
- [17] C. Directive, "92/75/EEC on the indication by labelling and standard product information of the consumption of energy and other resources by household appliances," *Document Available for Download From*, 1992.
- [18] McNutt P., "Validation testing of procedures for determining the performance of stand-alone photovoltaic systems," NREL, 2000.
- [19] B. ENERGIESPEICHER, "EFFIZIENZLEITFADEN FÜR PV-SPEICHERSYSTEME," 2017.
- [20] DR Conover, "Protocol for uniformly measuring and expressing the performance of energy storage systems," Sandia, 2016.
- [21] (). *Energy Storage Performance Test Protocols Development for Multiple Grid Applications.*
- [22] e. a. Bray KL, "Protocol for uniformly measuring and expressing the performance of energy storage systems," 2012.
- [23] Newmiller J. *et al*, "Sandia Inverter Performance Test Protocol efficiency weighting alternatives," *Ieee*, 2014.
- [24] IEC, "IEC 61427-2:2015 Secondary cells and batteries for renewable energy storage - general requirements and methods of test - part 2: On-grid applications," 2015.

4 Standard forbrugsprofiler og solcelle produktionsprofiler

Brugsprofil og produktionsprofil har stor betydning i forhold til af- og opladning af batterianlægget. Der er også forskellige principper, som anlæggene kan styres efter.

Der er i projektet valgt et forbrugsmønster, der kan repræsentere en typisk enfamilie husstand, jf. afsnit 4.1 Standard forbrugsprofil nedenfor. Der er her fokus på sommerhalvåret, hvor produktionen fra solcelleanlægget er størst.

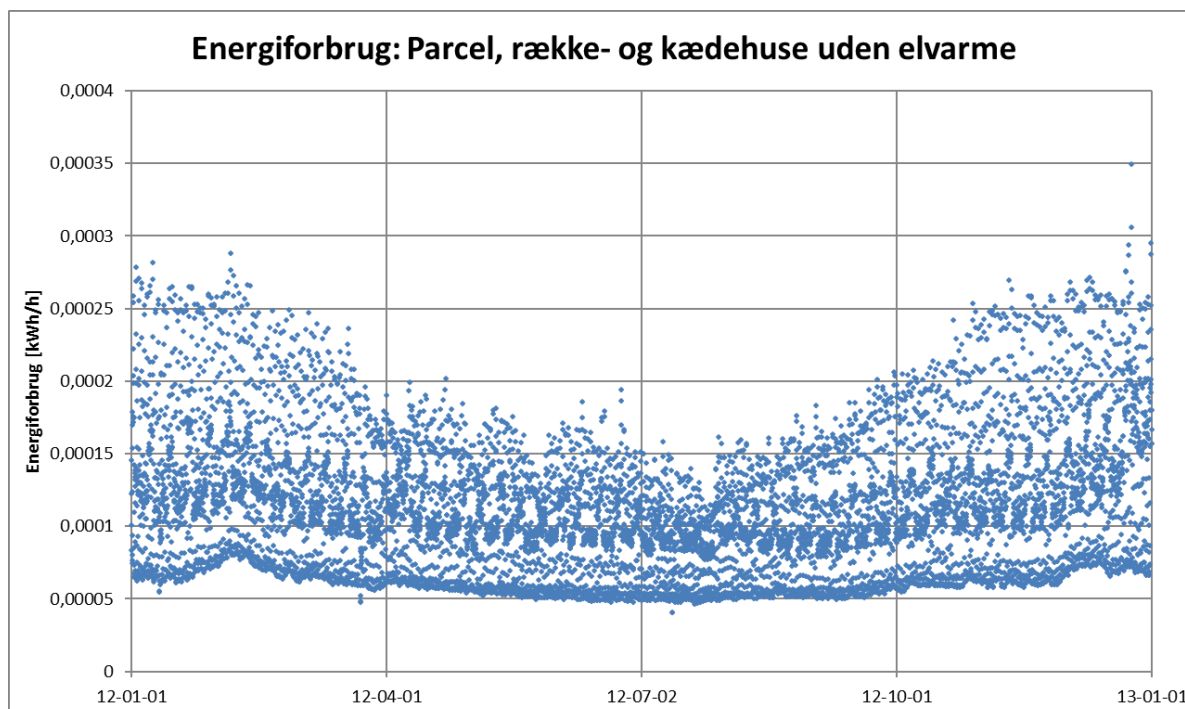
Mht. solcelle produktionsprofiler er der fundet en repræsentativ produktionsprofil for et solcelleanlæg i Danmark i sommerhalvåret, idet langt den største indstråling og produktion af solcelleanlægget ligger her, jf. afsnit 4.2 Solcelle produktionsprofil herunder.

Til sidst samles disse to profiler i et samlet belastningsprofil for et batterianlæg i afsnit 4.3 Samlet belastningsprofil af batterianlæg.

4.1 Standard forbrugsprofil

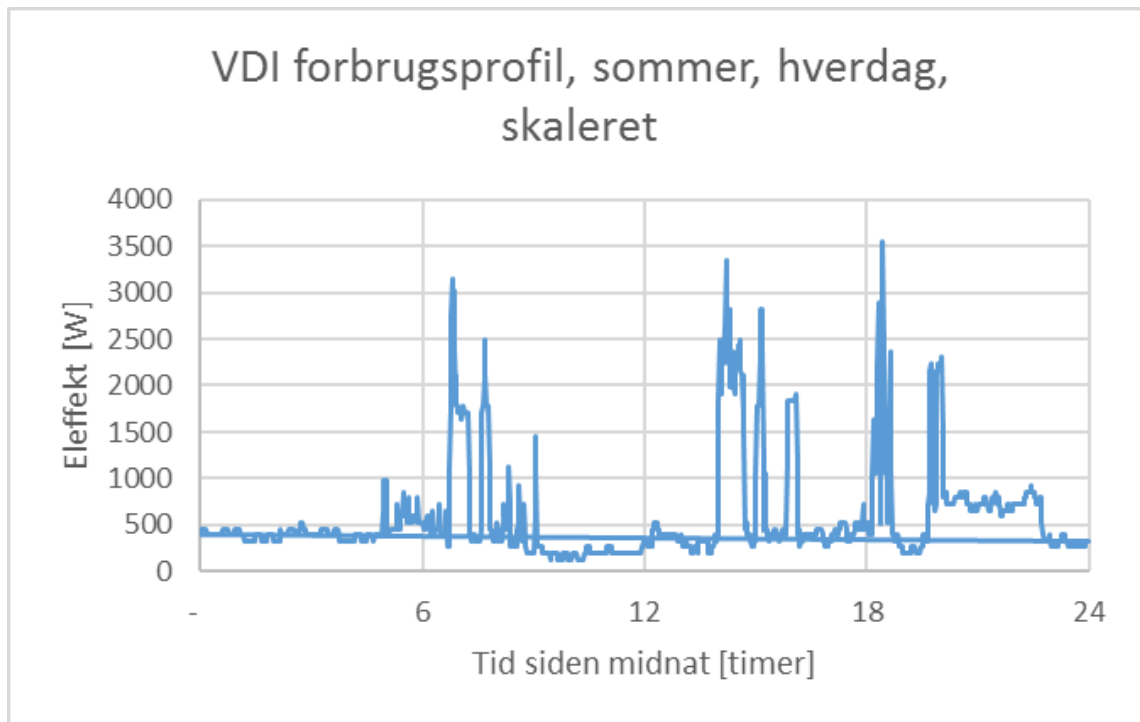
Forbrugsprofiler er meget forskellig fra husstand til husstand med forskellige apparater og vaner. Også inden for hver husstand varierer det fra dag til dag, fx afhængig af om der er nogen hjemme den pågældende dag. Specielt huse med elvarme, elbil eller varmepumpe giver store udsving. Det er altså ikke muligt at finde profiler der passer på alle, så opgaven har været at finde en profil, der er repræsentativt for gruppen og som muliggør sammenligning af forskellige anlæg. Der tages her udgangspunkt i en en-familie husstand, idet det vurderes, at det er her, de fleste anlæg installeres. Inden for boligforeninger vil mange husstande have en tendens til udjævne forbruget.

En relativ høj tidsopløsning (fx på minutbasis) er vigtig, idet batteriet kommer til at udjævne forbruget med op og afladninger inden for en meget kort tidsramme.



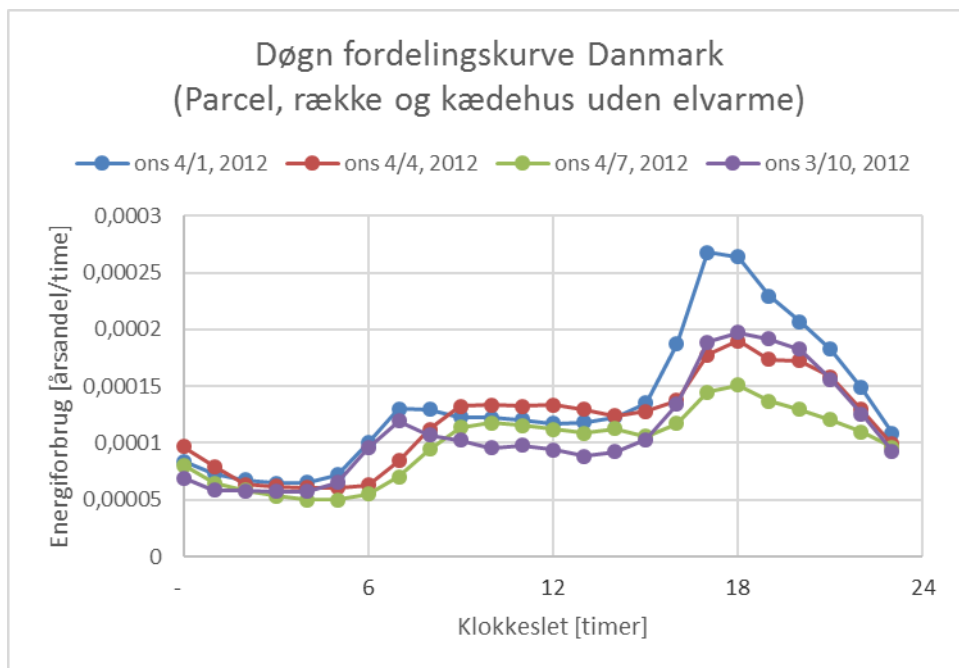
Figur 3: Forbrugsprofil for Parcel, række- og kædehuse uden elvarme i 2012. Elforbrug i kWh/time på y-aksen og 1 år på x-aksen. Data fra Elforbrugspanel.dk. Her er summeret for hver time.

Elforbrugspanel har ovenstående forbrugsprofil for parcel-, række- og kædehuse uden elvarme. Der er data på timebasis som ikke vurderes at være tilstrækkelig i denne sammenhæng.



Figur 4: Forbrugsprofil for 1 døgn for en husholdning en hverdag. Opløsning på 1 minut. Her fra VDI 4655 standard, Nordtyskland. Profilen er skaleret så det rammer et gennemsnitligt årsforbrug for en familie på 4 i hus på 5181 kWh.

I VDI4655 standard findes en profil for en husstand som ses på Figur 4, med en god tidsopløsning på 1 minut – det bemærkes at der er et markant forbrug midt på dagen. Benchmark projektet har ikke kunnet finde en typisk dansk forbrugsprofil på minutniveau som matcher dansk arbejdskultur. Den tyske profil har en markant peak omkring middag som typisk ikke fremtræder i dansk sammenhæng. VDI4655 kan være det bedste tilgængelige profil, hvor der ikke er midlet over mange husstande etc. Udenfor middagsperioden ses der relativt store variationer og ellers lavt forbrug om dagen og om natten. Hvis VDI profilen skales så det svarer til en familie med 4 personer i hus, som i gennemsnit bruger 5181 kWh per år (Dansk Energi). Der gennemføres en følsomhedstest eller analyse for at afgøre om VDI4655 skal justeres for at være repræsentativ for dansk benchmark.



Figur 5: Energiforbrugsandel af helt års forbrug som funktion af tidspunkt efter midnat for den første onsdag i jan, maj, juli og oktober. Danske data fra Parcel, Række og kædehuse uden elvarme. Data fra Elforbrugspanel.dk.

Ovenstående profil viser timebaserede værdier for parcel, række og kædehus uden elvarme i Danmark. Profilet kendes desværre kun på timebasis, og det er aggregerede tal, så kortvarige peaks mv. jævnes ud. Der er dog tydeligvis ingen øgning i belastningen lidt over middagstid som der er ved det tyske VDI forbrugsprofil. Profilet ville altså blive meget mere repræsentativt, hvis der kan findes et detaljeret dansk profil som ikke var aggregeret. Der ses nærmere på dette under metodeudviklingen.

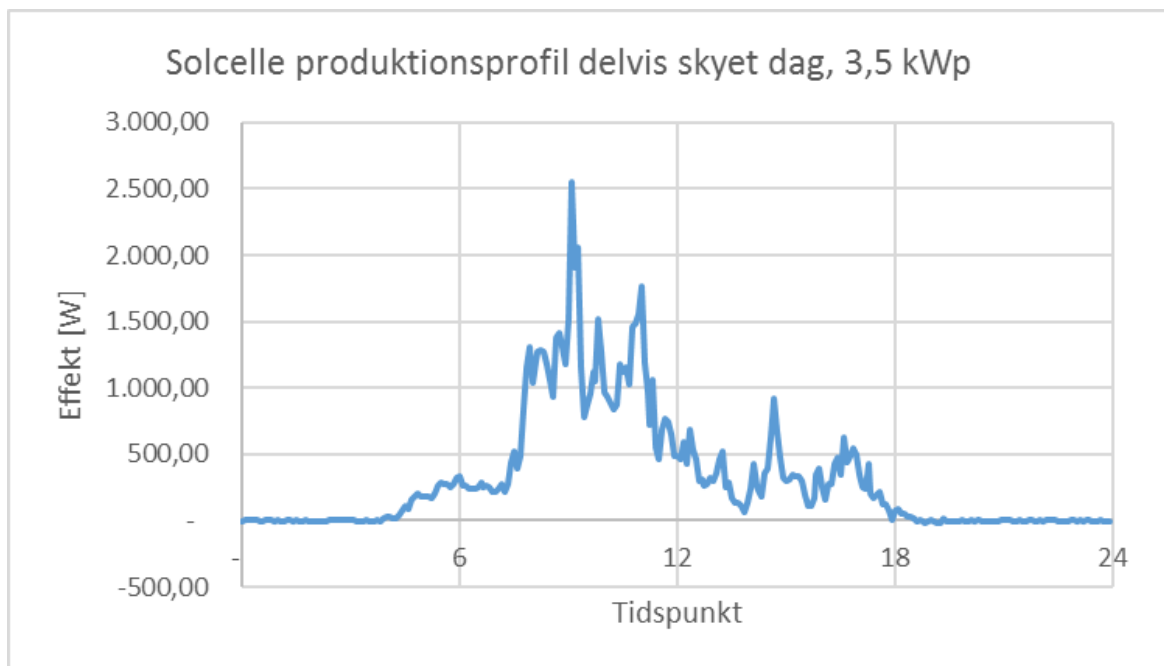
Samlede belastningsprofiler for hhv. brug af batterianlæg i forbindelse med solcelleanlæg og som brug til peak-shaving kan ses i efterfølgende afsnit.

4.2 Solcelle produktionsprofil

Lige som med forbrugsprofilen er der meget store udsving på, hvordan en solcelle produktionsprofil ser ud i løbet af et år. Der er sæsonudsving, hvor langt den største del af elproduktionen foretages i sommerhalvåret. Der er ligeledes døgnudsving fx fra dage med fuld solskin hele dagen til kraftige overskyede dage. Der skal her findes en repræsentativt profil, som kan benyttes til sammenligning af anlæg.

Det er også her vigtigt med en relativt høj tidsopløsning (fx på minutbasis), idet batteriet kommer til at arbejde inden for hver time flytte energi fra minut til minut. Specielt på dage med skiftevis sol og skyer som en typisk dansk sommerdag kommer batterianlægget til at blive udnyttet.

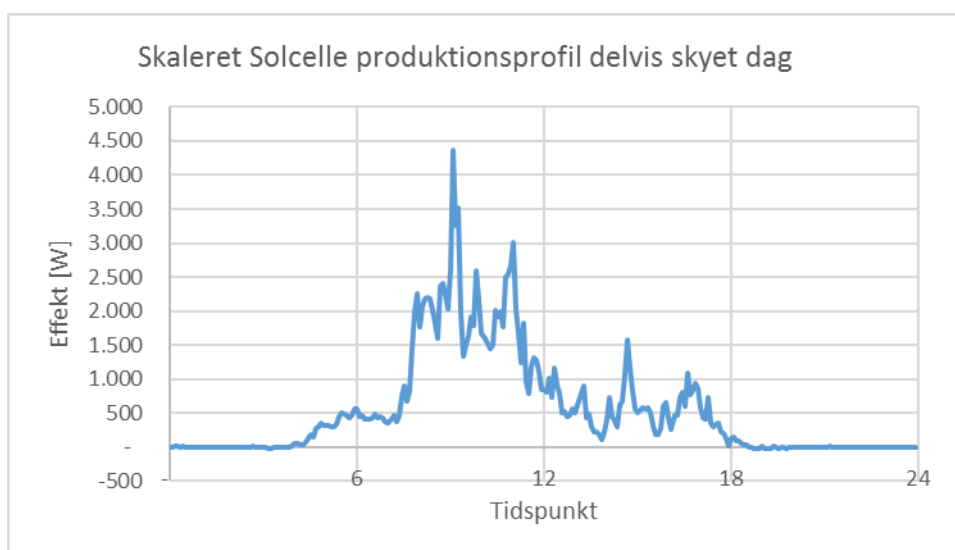
Der er fundet en produktionsprofil fra en delvist overskyet dag i maj med en tidsopløsning på 5 minutter. Det er målt af Teknologisk Institut i Danmark på et 3,5 kWp sydvendt solcelleanlæg med en hældning på ca. 40°. Profilet kan bruges til at repræsentere en dansk sommerdag, som igen kan benyttes til sammenligningsforsøg. Denne profil benyttes fremadrettet i projektet. Profilet kan ses på nedenstående figur. Den samlede produktion for den pågældende dag er 7,67 kWh.



Figur 6: Solcelle produktionsprofil fra en repræsentativ delvis skyet dag. 3,5 kWp anlæg, sydvendt, hældning 40°, Taastrup, Maj 2015.

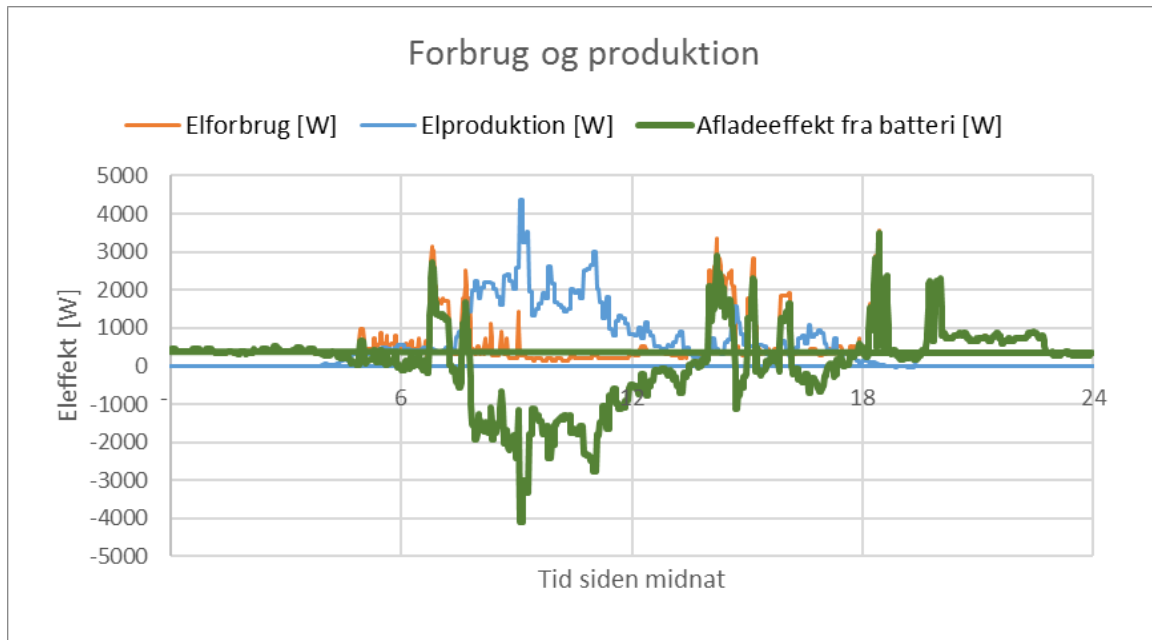
4.3 Samlet belastningsprofil af batterianlæg til solcelleanlæg

For at bestemme en samlet belastningsprofil for et batterianlæg tages udgangspunkt i ovenstående VDI forbrugsprofil samt optaget solcelle produktionsprofil. Solcelle profilen er skaleret, så det på årsbasis kan dække forbruget af en gennemsnitlig dansk familie på 4 i hus på 5181 kWh, som igen svarer til forbrugsprofilet fra tidligere. Der tages udgangspunkt i en simpel beregning, hvor forholdet mellem den årlige energi produceret og den installerede solcelles peakeffekt er 0,86 kWh/kWp. Det giver en installeret solcelleeffekt på 6 kWp, som mange installerede solcelleanlæg (Lovgivningen foreskriver maks 6 kW leveret til elnettet for mulighed for nettoafregning). Herefter er produktionsprofilen skaleret i forhold til den installerede effekt på 3,5 kW ($3,5 \text{ kWp} / 6 \text{ kWp} = 1,71$). Det giver solcelle produktionsprofilen, som ses på Figur 7.



Figur 7: Skalaret solcelle produktions profil så årsproduktion matcher årsforbrug for husstand med 4 personer i hus

Herefter kan de to kurver lægges sammen. Herved opnås en samlet belastningsprofil for batteriet, hvor der så vidt muligt ikke er udveksling med elnettet.



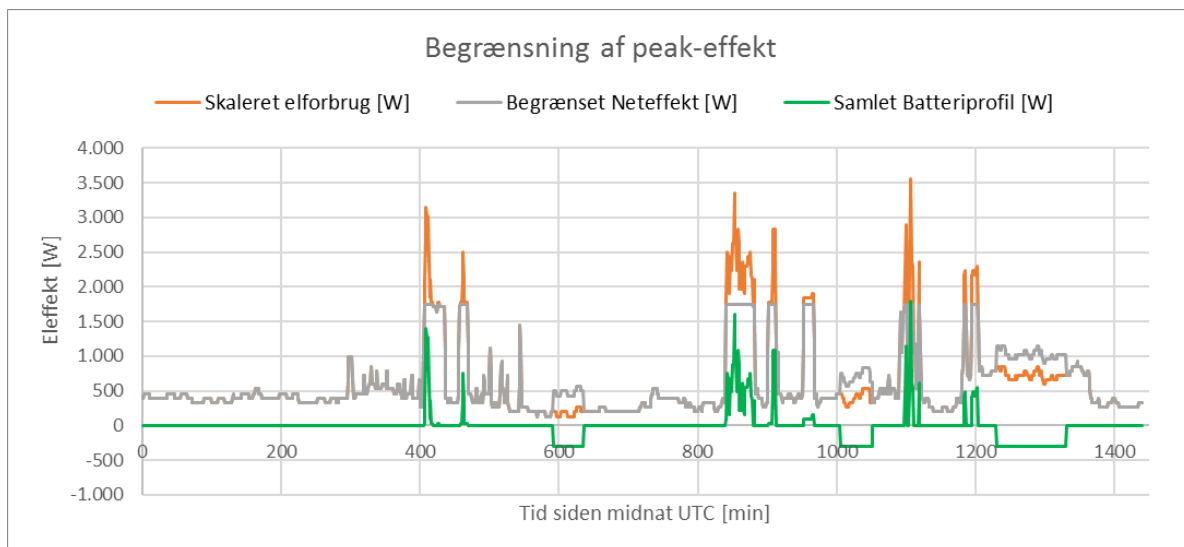
Figur 8: Forbrugs-, produktions- og belastningsprofil for batterianlæg ifm. solceller.

Profilerne skal muligvis tilpasses det enkelte anlæg eller fx tillades at gå i effekt begrænsning ved enten ladning eller afladning. Det vil blive behandlet nærmere under udarbejdelsen af metoden.

4.4 Brugsprofil for reduktion af peak effekt

Der skal findes en tilstrækkelig god brugsprofil med høj opløsning ved brug af batterianlæg til begrænsning af makseffekt. Der kan tages udgangspunkt i VDI brugsprofil som ved bestemmelse af profil ifm. brug sammen med solcelleanlæg. Her skal blot spidseffekterne begrænses, så den nødvendige batterikapacitet er typisk ret lav. Ved dette brugsmønster ønskes dog en profil der er tæt på worst case, idet det er dette der tages udgangspunkt i tarifmodel 3.0. Her er udgangspunktet at netbetalingen skal afhænge af de største effektforbrug i løbet af 3 måneder. Modellen er dog ikke færdig endnu og forskellige netselskaber kan vælge forskellige afregningsformer. Netselskaberne Radius og NRGI-net har indført varierende netbetaling afhængig af brugstidspunktet på nuværende tidspunkt (højere nettarif fra kl. 17-20), og flere forventes at følge deres eksempel.

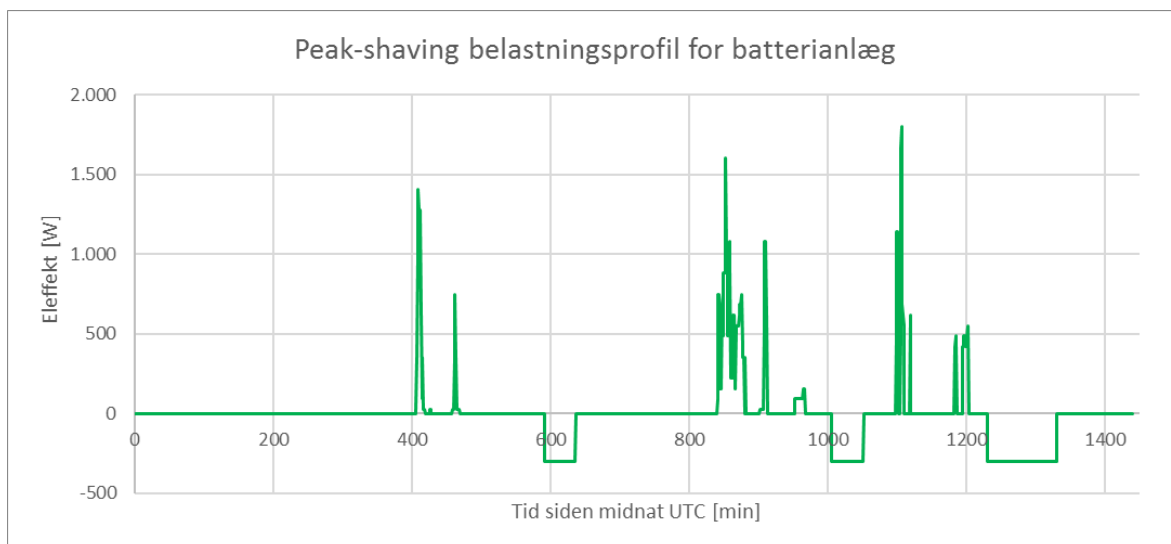
Der tages udgangspunkt i at batteriet ca. skal halvere peak-effekten der trækkes fra elnettet ifht. ovennævnte brugsmønster for en en-familie husstand. Eleffekten trukket fra elnettet begrænses til 1750 W. Det giver nedenstående profiler.



Figur 9: Illustration hvor makseffekten fra VDI brugsmønstret for en husstand er ca. er halveret (er begrænset til 1750 W). Den resterende effekt leveres af batterianlægget. Ladning lagt ind af 3 omgange med en effekt på 300 W.

Det giver en energilevering fra batterianlægget på 0,89 kWh/døgn, og en maksimal kontinuert energilevering på 0,39 kWh, et anlæg med et energilager på ca. 1 kWh vurderes altså tilstrækkelig. Det kræver dog stadig at anlægget kan levere den fornødne effekt. Her op til ca. 1.800 W. Ladning af batteriet er lagt ind af 3 omgange med en effekt på 300 W og der er indlagt ca. 7% tab, så der lades 0,95 kWh på (Ladningen kan tilpasses i praksis ved at forlænge eller afkorte den sidste opladning).

Belastningsprofilen for batterianlægget alene ser ud som nedenstående.

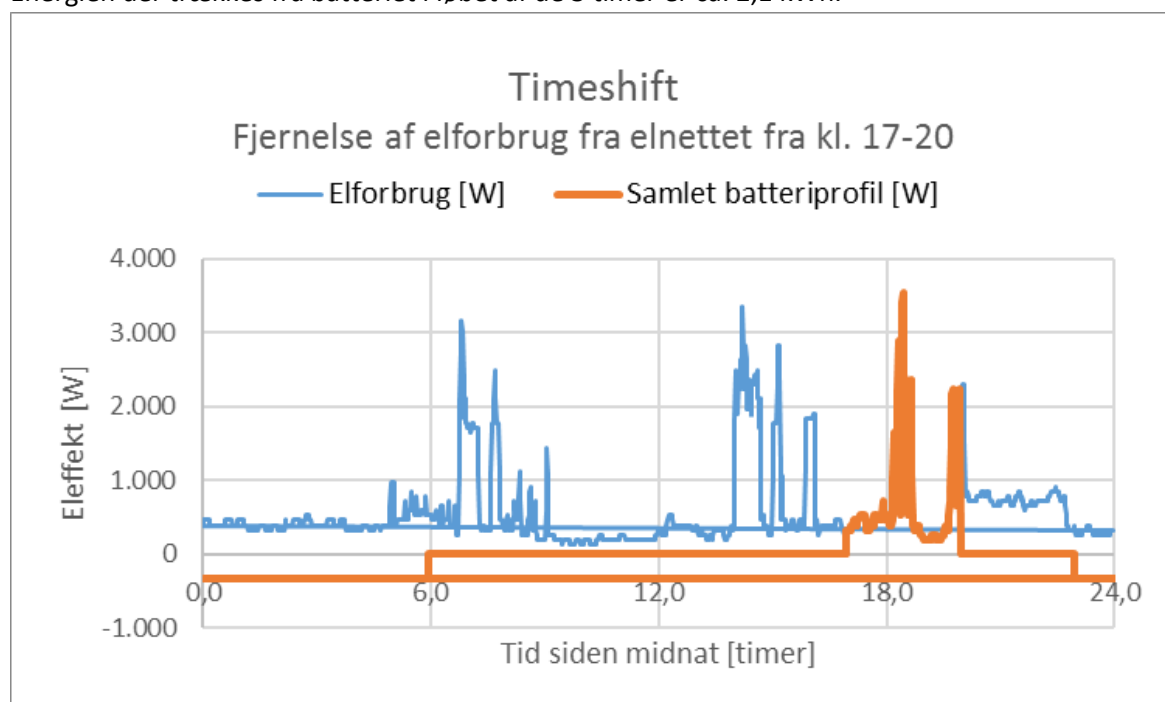


Figur 10: Illustration af batteriprofil for peak-shaving med ca. en halvering af peakeffekten trukket fra elnettet.

4.5 Timeshift med reduktion eller fjernelse af forbrug

Ved dette tidsmønster tages igen udgangspunkt i forbrugsmønstret fra VDI. Her ønskes det at fjerne træk fra elnettet mellem kl. 17 og 20. Opladning foretages hen over natten hvor der generelt er lavt forbrug. Ladningen fordeles over ca. 7 timer fra kl. 23.00 til 6.00.

Det giver nedenstående brugsmønster af batterianlægget.
Energien der trækkes fra batteriet i løbet af de 3 timer er ca. 2,1 kWh.



Figur 11: Timeshift forbrugsprofil. Elforbruget fra kl. 17-20 dækkes fra batterianlægget. Batterianlægget lades op igen i løbet af natten fra kl. 23.00 til 6.00 (ca. 300 W i 7 timer.).

Ved brug af et batterianlæg i forbindelse med solcelleanlæg, vil en ganske stor del af energien der er optaget i løbet af dagen automatisk blive lagt i dette tidsrum mellem kl. 17 og 20.

5 Gældende relevant lovgivning for batterianlæg og installation

Undersøgelse af gældende relevant lovgivning for batterianlæg og installation

Anlæggene skal CE-mærkes, og de skal derfor leve op til kravene i relevante EU direktiver inden for CE-mærkningsordningen, så som lavspændingsdirektivet, EMC direktivet, RoHS direktivet og ECO design direktivet. Anlæggene er desuden omfattet af andre EU direktiver som batteridirektivet og WEEE direktivet. Opfyldelse af disse direktiver sker fortrinsvist på basis af relevante harmoniserede standarder (EN – standarder).

Derudover skal de nationale krav til tilslutning til elnettet overholdes – de såkaldte Tekniske Forskrifter, som i Danmark udformes af Energinet.dk. Her er rene batterianlæg omfattet af TF 3.3.1 - Batterianlæg. Første version af denne tekniske forskrift er trådt i kraft inden for projektperioden den 23/6, 2017.

Ifølge fællesregulativet fra 2017 der er en guideline til installatører mv som er udarbejdet af Dansk Energi (bl.a. på basis af bl.a. information fra TF 3.3.1) skal alle batterianlæg der er tilkoblet elnettet, og som kan levere energi tilbage til elnettet eller til husstanden, registreres.

Der bliver muligvis oprettet en positivliste for mindre batterianlæg lige som der bl.a. er for mindre solcelleanlæg og vindmøller for at mindske byrden ved godkendelse og opfyldelse af TF 3.3.1. Den er dog ikke oprettet på nuværende tidspunkt.

Se liste og relevante standarder ifm. opkobling til elnettet, stationære batterianlæg og test af batterianlæg i det efterfølgende afsnit.

5.1 Opkobling til elnettet

Teknisk forskrift TF 3.3.1 for batterianlæg. TF 3.3.1 er udformet med basis i teknisk forskrift for solcelleinvertere og er udgivet af den danske transmissionsansvarlige, energinet. Denne forskrift skal overholdes for at et batterianlæg kan kobles på elnettet, som kræves af Energinet. Den fulde tekniske forskrift kan findes på energinets hjemmeside⁵.

Det nye Fællesregulativet fra 2017 som er en mere lettilgængelig læsning og skrevet til for eksempel elinstallatører omfatter også krav til batterianlæg, bl.a. krav om registrering.

5.2 Sikkerhed for stationære batterianlæg

I forbindelse med sikkerhed henvises der til et udviklings- og forskningsprojekt EUDP17-I: (12528) SafeBESS, der afsluttes i 2018. SafeBESS oplister gældende krav og danske anbefalinger i forhold til sikkerhed for batterianlæg. Dette inddrages i metoden udviklet i dette projekt.

5.3 Afprøvning af stationære batterianlæg

Der søges relevante standarder og metoder, til at afdække effektivitet og ydelse for batterianlæg og disses delsystemer (f.eks. inverter, batteri, termisk management).

Der hentes inspiration fra bl.a. disse standarder:

1. EN61427-2:2015_Secondary cells and batteries for renewable energy storage – general requirements and methods of test. Herunder specielt Part 2: on-grid applications Test pkt 6.5
2. IEC62933-2-1 Electrical Energy Storage (EES) Systems. Unit parameters and testing methods
3. IEC 61959:2004 Secondary cells and batteries containing alkaline or other non-acid electrolytes - Mechanical tests for sealed portable secondary cells and batteries
4. IEC 62109-2:2011 Safety of power converters for use in photovoltaic power systems - Part 2: Particular requirements for inverters
5. IEC 62660-1:2010 Secondary lithium-ion cells for the propulsion of electric road vehicles - Part 1: Performance testing

Der er flere standarder undervejs i IEC regi, specielt i forbindelse med gruppen TC120 (Electrical Energy Storage (EES) Systems) er der flere på vej i 2018 og 2019 inden for anvendelse af stationære batterianlæg. Standarderne er overordnet benævnt IEC62933 – Electrical Energy Storage (EES) systems. Her omfatter IEC62933-1 generel terminologi, IEC62933-2-1 Unit parameters and testing methods, IEC62933-3-1 Planning and installation, IEC62933-4-1 Guidance on environmental issues og IEC62933-5-1 Safety considerations.

En kort gennemgang af IEC62933-2-1 Unit parameters and testing methods, viser desværre at der kun kan bruges nogle overordnede betragtninger fra teststandarden i denne sammenhæng.

⁵ https://www.energinet.dk/-/media/Energinet/EI-PBU/Dokumenter/LVT-MDA---Tekniske-forskrifter/Danske-tekniske-forskrifter/Danske-tekniske-forskrifter---nettilslutning/TF-3_3_1/Teknisk-forskrift-3-3-1-Batterianlaeg---rev-1.pdf?la=da

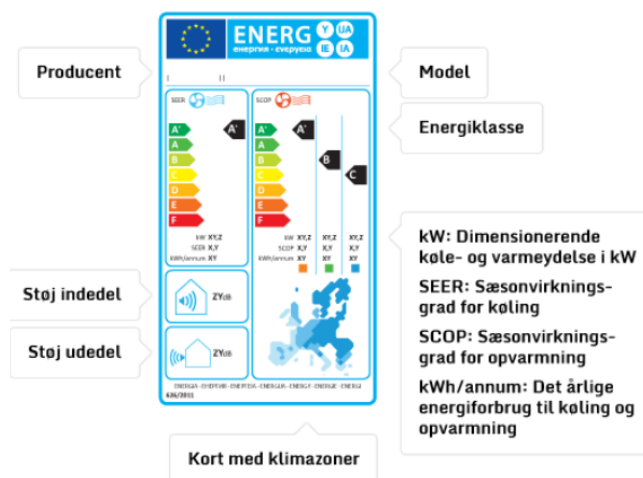
Mange standarder er applikationsspecifikke, så der bliver i afprøvningssammenhænge brugt forskellige standarder og belastningsprofiler.

Der er set nærmere på EN61427-2-2015 idet den omhandler test til stationære nettilsluttede anlæg. Notater omkring normen kan ses i bilag. Det viser sig desværre at denne standard ikke er specielt god, idet profilerne ikke er repræsentative. Idet det er en udviklet standard laves der dog trods dette forsøg ihht. standarden for at kunne sammenligne resultater.

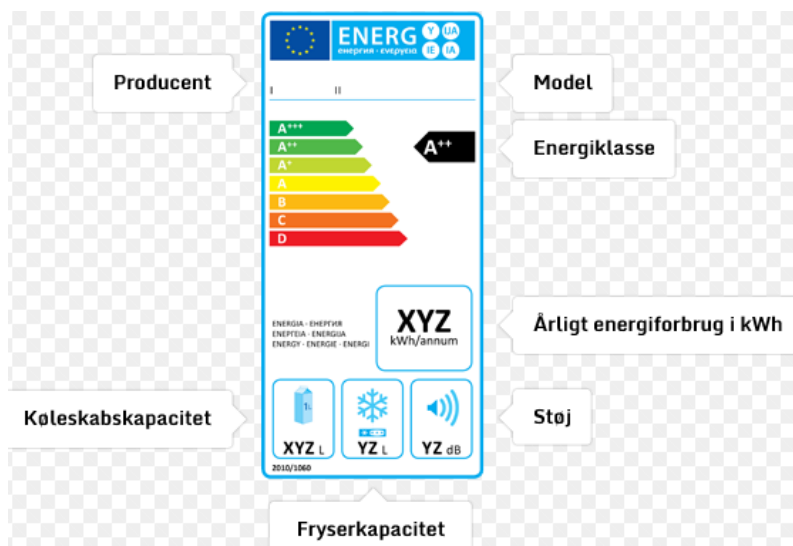
6 Nøgleparametre til karakterisering og sammenligning af batterianlæg

Mange af parametrene afhænger kraftigt af brugsprofil, styresystem, komponenter og systemopbygning, så det kræver en standardiseret metode for at finde objektivt sammenlignelige værdier når man ønsker at sammenligne forskellige batterianlæg. Det gælder for eksempel i forbindelse med indkøb af et anlæg.

Den Europæiske internationale energiklassemærkning er et glimrende eksempel på standardiseret måling og mærkning med formålet at lette forbrugernes valg, når de står i butikken. I forbindelse med tekniske komponenter som for eksempel varmepumper og køleskabe skal der ved salg fx fremgå nedenstående skemaer med information.



Figur 12: Mærkning ved køb af varmepumpe. Kilde: spareenergi.dk



Figur 13: Mærkning ved køb af køle-/fryseskab. Kilde: spareenergi.dk

En mærkningsordning er ikke en del af dette projekt, men det håbes at en stor del af projektets resulterende data, kan understøtte en eventuel kommende mærkningsordning, hvis branchen og myndighederne kan finde sammen om en sådan.

En liste med relevante parametre i forbindelse med sammenligning af batterianlæg ses i det efterfølgende afsnit.

6.1 Opstilling og udvælgelse af nøgleparametre til karakterisering og sammenligning af forskelligartede batterianlæg

Mange nøgleparametre er relevante, og det er disse parametre der skal udvikles en metode til at fastlægge. Nogle parametre kan bestemmes umiddelbart, mens andre er mere komplicerede.

Overordnet ses på

- Størrelse
- Forbrug og effektivitet
- Applikationsydelse inkl. Levetid
- Sikkerhed
- Andre tekniske forhold

Pris behandles ikke i projektet, da det ikke er teknisk relevant og varierer. Brugere vil selv kunne regne på økonomi. Ved en kendt pris eller merpris på et batterianlæg kan denne udgift beregnes som kr./kWh ud fra ovenstående, og tilbagebetalingstid mv. kan beregnes. Disse beregninger kan også foretages ved hjælp af beregningsværktøjer egnet til dette, når sammenlignelige inputparametre er bestemt.

Specifikke nøgletal, enhedsnormeret, så forskellige anlæg kan sammenlignes

Ved sammenligning af forskellige anlæg er det nyttigt at have specifikke nøgletal. Det er dog begrænset, hvor langt fra udgangspunktet de kan benyttes.

Ved sammenligning indgår bl.a.

- Nominel/maksimal afladning [kW]
- Nominel/maksimal ladning [kW]

- Nominelt Energiindhold [kWh]
- Udnytbart Energiindhold [kWh]
- Årsvirkningsgrad (solcelledrift og peak-shaving drift)
- Energิตab per år (solcelledrift og peak-shaving drift). Enhedsnormeret: Energิตab[kWh]/Energi produceret [kWh]
- Gennemsnitligt Energิตab [W]
- Forventet levetid (solcelledrift og peak-shaving drift)
- Samlet forventet mulig energi thruput i løbet af batterianlæggets levetid [kWh]. Enhedsnormeret EnergiThruput [kWh]/Nominel Energilagerkapacitet [kWh]

Disse parametre kunne for eksempel fremgå ved køb af anlæg på skiltning. Eventuelt suppleret med et energimærke.

Ved en kendt pris eller merpris på et solcelleanlæg med batterianlæg kan forbrugeren/køberen selv beregne sin omkostning som kr./kWh ud fra ovenstående, og tilbagebetalingstid mv. kan ligeledes beregnes. Disse beregninger foretages ved hjælp af beregningsværktøjer egnet til dette, når sammenlignelige inputparametre er bestemt. Priser på batterianlæg, energi eller tariffer indgår ikke i dette projekt, idet disse kan variere fra dag til dag. Dette projekt fokuserer alene på at formidle objektive faktuelle tekniske værdier således at forbrugeren/køberen selv kan udføre beregninger på baggrund af forskellige pristilbud også når rammebetingelser som eksempelvis afgifter måtte ændre sig.

Støjniveauet skal også bestemmes for anlægget idet det er vigtigt for brugeren.

Eksempler er:

- Egnethed i forhold til forskellige ønskede funktioner
- Batterianlæg med egen inverter eller ekstra system til f.eks. solcelleanlæg
- Batteritype – afledte karakteristika som f.eks.
 - Degraderingsfølsomhed afhængig af omgivelsestemperatur,
 - Typisk levetid i antal fulde belastningscykluser
 - Typisk levetid uden brug (kalenderlevetid)
 - Fareklassificering
 - osv.
- Energilager - kapacitet der reelt kan udnyttes
- Energieffektivitet; Energิตab i forskellige belastningssituationer ved eksempelvis 0% last, 50%, 100% last samt minimum to dynamiske lastprofiler fra typiske situationer
- Standbyforbrug
- Årsvirkningsgrad
- Forventet levetid af anlæg; en vanskelig parameter, der er meget afhængig af driftsforhold
- Specifikke nøgletal, enhedsnormeret, så forskellige anlæg kan sammenlignes
- Støj
- Vægt og håndtering; flytbarhed
- Pladsbehov inkl. ventilation/køling
- Egnet placering
- Betjeningsvenlighed & fejl / alarm monitorering
- Sikkerhedsforskrifter
- Installation: omkostninger, sikkerhed, krav til placering og underlag

Input fra brugerundersøgelse hos Bolius er nedenstående 10 parametre de vigtigste for brugere. Se nærmere analyse af brugerundersøgelsen i separat afsnit senere.

1. Garantiperiode
2. Indkøbspris
3. Samlet privatøkonomisk gevinst
4. Vedligeholdelsesfrit
5. Støjniveau
6. Energitab i anlægget
7. Energikapacitet
8. Miljøforhold
9. Mulighed for genbrug
10. Letforståelig mærkning

Benchmark af batterianlæg skal altså forsøge at give svar på disse spørgsmål, eller give mulighed for at beregne dem. De faktorer der ønskes bestemt direkte via metoden er:

- Støjniveau
- Energitab i anlægget
- Energikapacitet

Samlet set ønskes det ved hjælp af metoden at identificere følgende informationer for batterianlægget :

1. Batterikemi
2. Vægt [kg]
3. Volumen [L]
4. Nominel spænding [V]
5. Maks og min. Batterispænding [V]
6. Nominel kapacitet [Ah]
7. Nominelt Energiindhold [kWh]
8. Udnyttbar kapacitet [Ah]
9. Udnyttbart Energiindhold [kWh]
10. Systemvirkningsgrad ved 50 og 100% last [%]
11. Systemvirkningsgrad ved hhv. solcelle, peak-shave og timestift brugsmønstre
12. Virkningsgrad af effektelektronik ved hhv. 10, 20, 30, 50,75 og 100% last
13. Standby forbrug [W]
14. Forbrug ved dvale [W]
15. Reaktionstid og rampetid til 100% last.
16. Støjniveau ved standby, 50 og 100% last [dB]
17. Årsvirkningsgrad [%], samt årligt energitab [kWh]
18. Forventet levetid [år]
19. Overholdelse af overordnede krav/anbefalinger til bl.a. sikkerhed
20. Overordnet kontrol af manual, drifts-, vedligeholdelses- og sikkerhedsforskrifter samt evt. installationsforskrift.
21. Overordnet kontrol af krav ifm. TF 3.3.1

Flere af parametrene skal opgives af producenten, mens andre kan fastsættes eller vurderes i forbindelse med metoden. Information 17 til 20 er baseret på specialtvurderinger.

Sikkerhedsaspekter behandles ikke i dette projekt, men planlægges inddraget direkte fra et parallelt kørende batterisikkerhedsprojekt med EUDP støtte: SafeBESS. Retningslinjerne for information 18 til 20 forventes således at kunne hentes fra SafeBESS projektet.

En nærmere specification af nogle af de enkelte nøgleparametre ses i det efterfølgende afsnit.

6.2 Generisk specification af de enkelte nøgleparametre samt sammenlignings- og udvælgelsesmetoder

Dette afsnit giver en kort introduktion til nogle af parametrene der ønskes bestemt. Alle parametre defineres mere indgående i den næste fase af projektet "Udvikling af metoder".

Energilager - kapacitet der reelt kan udnyttes

Typisk udnyttes kun en del af den installerede kapacitet i batterierne. Det gøres af hensyn til sikkerhed og levetiden af batterierne. Specielt ved et ønske om mange cyklusser begrænses udnyttelsesgraden – altså hvor stor en andel af den nominelle kapacitet der udnyttes.

Udnyttelsesgraden vil for denne type anlæg variere fra 30 til 80%, hvor Li-Ion batterier typisk vil udnyttes 80%, og blybatterier 40-50% for at forlænge levetiden.

Ved denne foreslåede metode findes den nominelle kapacitet i datablade og den udnytbare kapacitet af energilageret bestemmes ved afladning med 1/3 af det nominelle energiindhold (konstant effekt) indtil anlægget kobler fra. Der tages udgangspunkt i en afladning i løbet af 3 timer, idet det er en realistisk tidsramme for afladning af et batterianlæg der benyttes ifm. solcelleanlæg. Det benyttes også i nogle standarder.

Målingen forventes foretages ved stuetemperatur og målt 2 gange.

Energieffektivitet og energitab i forskellige belastningssituationer

Energieffektiviteten af anlægget bestemmes ved forskellige belastninger. Her testes udelukkende på inverterens brug som batteri-inverter – uanset at der eventuelt kan tilsluttes solcelleanlæg. Det ene testmønster afspejler dog et typisk brugsmønster for batterianlægget, hvis det er tilsluttet ifm. et solcelleanlæg.

Batteriet lades op med 1/3 af det nominelle energiindhold, og opladning afsluttes efter 6 timer, eller når ladningen af batteriet stopper. Batteriet akklimatiseres inden testen starter. Målingerne foretages ved stuetemperatur.

Last henviser her til brug af batterianlægget enten til opladning eller afladning. Det er denne procentdel af nominal last der benyttes, først til afladning og efterfølgende til opladning (dog typisk med afrulning af effekt når batteriet er ved at være ladet op.)

Testmønster	Energi tilført [kWh]	Energi trukket ud [kWh]	Energitab [kWhac]	Energitab [kWhdc]	Samlet tab [kWh]	Virkningsgrad [%]
0% last (standbyforbrug)		-				-
50% last						
100% last						
Batteri - solcelle belastningsmønster						

Batteri - peakshave belastningsmønster						
--	--	--	--	--	--	--

Der kan vælges om både solcelle belastningsmønster og peakshave belastningsmønster er relevant og skal afprøves.

Det ønskes i Benchmark metoden at måle energitabet i både batterier og den tilhørende effektelektronik, idet det er den samlede værdi der er interessant for brugeren.

Standbyforbrug

Hvis anlægget har en såkaldt deepsleep funktion, som ikke fremkommer ved 0% last, så bestemmes denne her. Denne funktion kan have stor betydning, specielt i forbindelse med brug sammen med solcelleanlæg og begrænset solindstråling i vinterperioden, hvor solindstrålingen er begrænset, og et batterianlæg kan stå med meget begrænset brug i flere måneder. I løbet af et år er solen væk cirka halvdelen af tiden, så der er rigtig mange standby timer. Se beregninger i nedenstående under årsvirkningsgrad.

Årsvirkningsgrad og forventet energitab

En forventet årsvirkningsgrad beregnes på basis af målingerne af energieffektivitet og standby forbrug i forbindelse med brug sammen med solceller. Der planlægges ikke speciel årsvirkningsgrad i forbindelse med peakshaving og timestift, da belastningen ventes at varierer mindre hen over året.

Beregningen foretages som en vægtning mellem data indsamlet ved testmønstrene ovenfor, hvor parametrene vægtes som vist i Tabel 1. Vægtningen er baseret på antal lys- og soltimer i sommerhalvåret i Danmark.

I løbet af et år er solen fremme ca. halvdelen af tiden, og i sommerhalvåret i Danmark er der direkte sollys i knapt halvdelen af tiden hvor solen er oppe (antal soltimer – DMI- 2006-2015). Brugen af et batterianlæg vil være større end antallet af lyse timer idet det vil levere til husstanden efter solen er gået ned. Hvis der regnes med levering i 3 timer hver dag året rundt, så dækker dette 63% af året.

Belastningen og brugen af et batterianlæg i forbindelse med solceller vil afhænge meget af den enkelte husstands forbrug og vaner, samt størrelsen af solcelleanlæg og den maksimale effekt anlægget kan levere. Skyggeforhold og solcelleanlæggets orientering i forhold til verdenshjørner såvel som hældning har også stor betydning.

Tidligere erfaringer viser at antallet af fuldlasttimer typisk er meget begrænsede. Batteri-solcelle belastningsmønstret for en typisk dansk sommerdag som beskrevet i tidligere afsnit dækker et helt døgn.

Fordelingen nedenfor benyttes til at repræsentere et batterianlæg i en enfamilie-husstand ifm. solcelleanlæg.

Tabel 1: Forslag til vægtning af belastningsmønstre ved beregning af årsvirkningsgrad mv.

	Testmønster		Vægtning
1	0% last (standbyforbrug)		50%
2	50% last		15%
3	100% last		5%

4	Batteri-solcelle belastningsmønster		30%
	Total		100%

Denne fordeling benyttes til at beregne et årligt energitab [kWh] samt årsvirkningsgrad for anlæg til brug i forbindelse med solcelleanlæg.

Ved brug af anlæg til begrænsning af makseffekt fra elnettet erstattes værdierne fra batteri-solcelle belastningsmønster med mønsteret for begrænsning af peak-effekt.

Forventet levetid af anlæg; en vanskelig parameter, der er meget afhængig af driftsforhold

Et batterianlæg består af en række komponenter, hvoraf battericellerne typisk er den dyreste del. Batterier mister løbende lidt af kapaciteten gennem hele deres levetid. Man kan derfor forvente, at batterianlægget efter et par år har mærkbart mindre energiindhold. På et tidspunkt falder energiindholdet til et niveau, som er uacceptabelt for brugere, og batteripakken må da udskiftes. Dette niveau vil være individuelt for hver bruger, og derfor vælges det tidspunkt, hvor energiindholdet er faldet til 60% af det nominelle energiindhold, som nedre grænse for levetidsberegningen. Når 60% af den nominelle energikapacitet nås forventes det at anlægget eller batterierne skal udskiftes.

I batterianlæg indgår som i andre systemer mange som nævnt andre komponenter end kun batterier, som også har en vis levetid og som må forventes at skulle serviceres eller skiftes i løbet af en årrække. Levetid afhænger bl.a. af hvordan batterierne og anlæggene er placeret, og hvordan de benyttes. Ved vurderingen tages udgangspunkt i brug af anlægget ved stuetemperatur, og normal drift.

7 Brugerundersøgelser

Projektet har via partnerkredsen mulighed for at benytte både et større netværk af boligejere samt installatører.

Der er indhentet forskellige informationer fra brugere i den indledende fase af projektet, for at supplere de tekniske planer med information om, hvad brugerne lægger vægt på. Disse informationer bør kunne bestemmes direkte ved hjælp af metoden, eller det skal være muligt at udlede dem ud fra resultaterne.

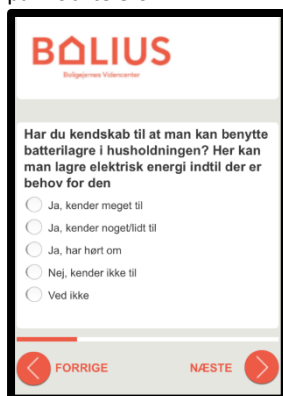
Her er specielt foretaget en større brugerundersøgelse af Bolius med ca. 1.525 deltagere. Der hentes også information fra Bolius' årlige boligejeranalyse. Senere i projektet hentes også information fra en medlemsundersøgelse foretaget hos TEKNIQ's medlemmer. Resultater fra den sidste undersøgelse når pga. tidsforløbet ikke med i denne rapport.

7.1 Brugerundersøgelse udført ifm. Benchmark af batterianlæg

Data for undersøgelsen er indsamlet blandt brugerne på bolius.dk.

I forbindelse med dataindsamlingen er der dels udarbejdet en artikel til Bolius nyhedsbrev (udsendes to gange om ugen til ca. 80.000 modtagere) hvor der er indlagt link til spørgerammen, dels anvendt en pop-up, hvor de besøgende på bolius.dk bliver eksponeret for link til undersøgelsen. Artiklen kan også ses direkte på Bolius hjemmeside: <https://www.bolius.dk/godt-nyt-til-solcelle-ejere-snart-bliver-det-lettere-at-vaelge-det-bedste-batteri-41981/>.

Eksempel på visning af spørgeramme på mobiltelefon



Data er indsamlet i perioden den 1. august til den 11. august, 2017.

Dermed undgås hovedferie-perioden og aktiviteten på hjemmesiden er på et normalt niveau.

I alt 1.525 personer har gennemført undersøgelsen.

Det skal bemærkes at universet for undersøgelsen, er brugerne på bolius.dk.

7.1.1 Spørgeskema til brugerundersøgelse

Input fra projektgruppen danner grundlag for spørgeskemaet, der omhandler:

- Kendskab til- og interesse i oplagring af elektrisk energi
- Vigtighed af udvalgte kriterier ved valg af en batteriløsning
- Krav til levetid for et batterisystem
- Etablerede solceller – eller overvejelser om at etablere
- Demografi

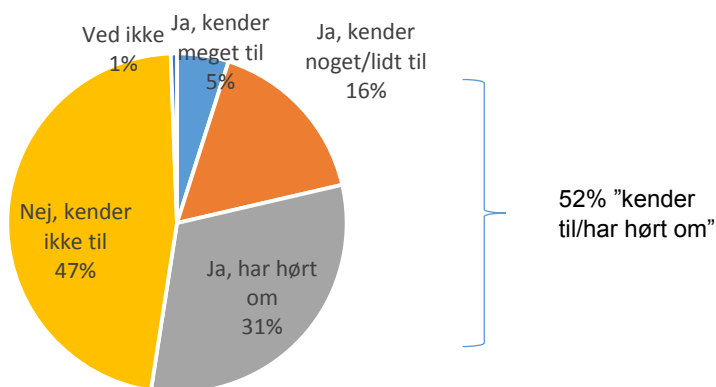
Blandt deltagerne er der trukket lod om 5x2 biografbilletter (inkl. "Guf pakke").

7.1.2 Resultater fra brugerundersøgelse

Godt hver anden i undersøgelsen kender til/har hørt om at man kan benytte batterilagre i husholdningen. Langt størstedelen i denne gruppe har blot hørt om fænomenet og 5 procent "Kender meget til" muligheden.

Har du kendskab til at man kan benytte batterilagre i husholdningen?

Her kan man lagre elektrisk energi indtil der er behov for den



Base: 1.525

Blandt personer der allerede har etableret solceller, er der et større kendskab til batterilagre end blandt dem der ikke har solceller.

Etableret solceller

Kendskab batterilagre	Ja	Nej
Ja, kender meget til	10,1%	3,5%
Ja, kender noget/lidt til	31,0%	12,6%
Ja, har hørt om	40,5%	28,5%
Nej, kender ikke til	17,8%	54,8%
Ved ikke	0,6%	0,6%

Endvidere er kendskabet større hos mænd (64%) end hos kvinder (33%).

Især "Tesla..." går igen i de åbne besvarelser for hvilke løsninger der er kendskab til.

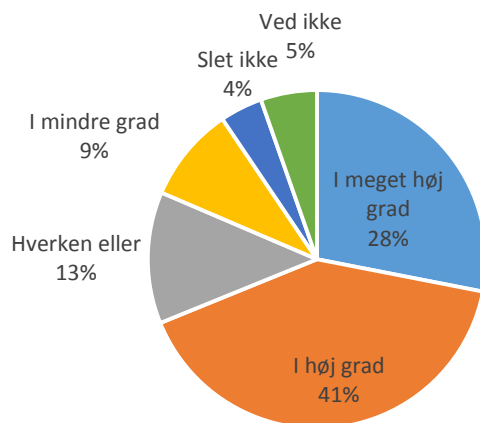


Knappt syv ud af ti vil være interesseret i en løsning, hvor de kan oplagre energi til senere brug.

Vil en løsning, hvor du i et batteri kan oplagre energi til senere brug være interessant for dig?

Har du eksempelvis solceller kan du lade batteriet op med strøm om dagen og batteriet sørger for strømmen, når mørket falder på. Har du ikke solceller, kan der i fremtiden blive økonomi i at købe strøm fra el-nettet når

den er billig og opbevare den til senere brug, eller at benytte anlægget til at reducere den maksimale energi (effekt) der trækkes fra el-nettet



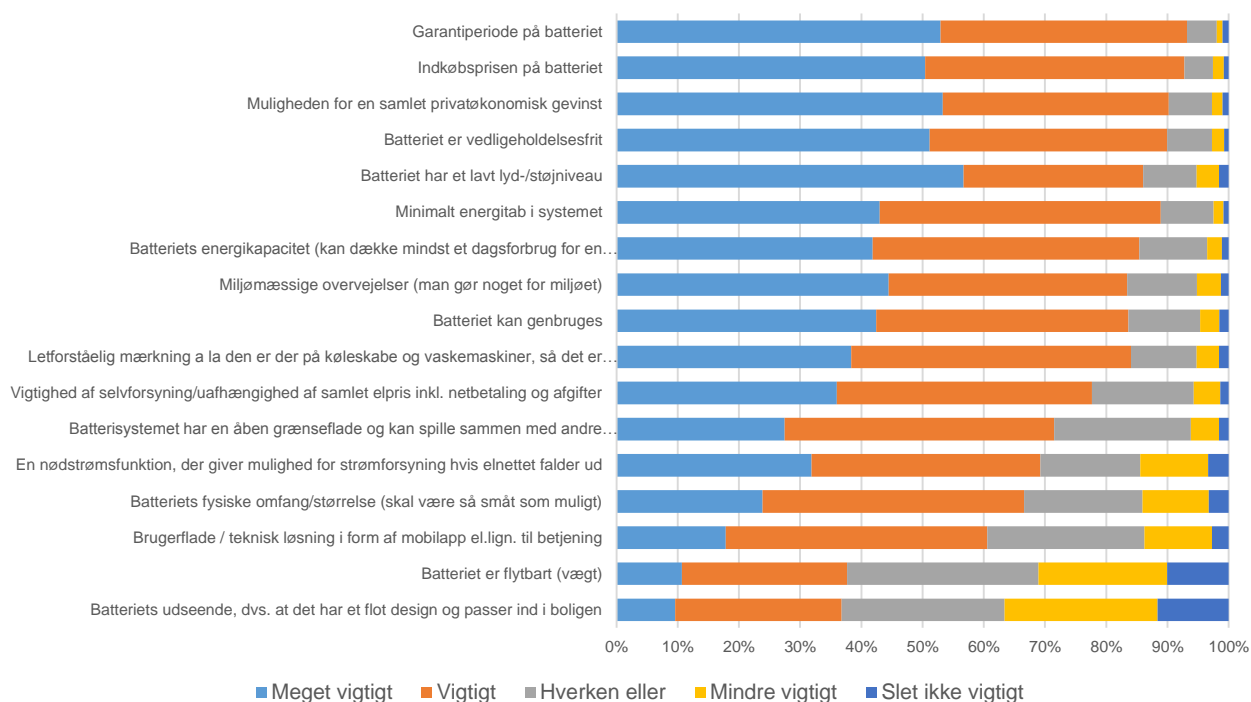
Især blandt dem der har etableret solceller er der interesse i en batteriløsning – her der det 88% der ”i meget høj grad / i høj grad” finder løsningen interessant. Der er ikke væsentlig forskel på interessen i batteriløsninger i forhold til hvorfra i landet man kommer. Nordjyderne er dog dem der er mindst interesserede i en batteriløsning.

Base: 1.525

7.1.3 Vigtige forhold ved valg af batteriløsning

I spørgeskemaet er der opstillet en række forhold, som respondenterne er blevet bedt om at rangere fra ”meget vigtigt” til ”slet ikke vigtigt”.

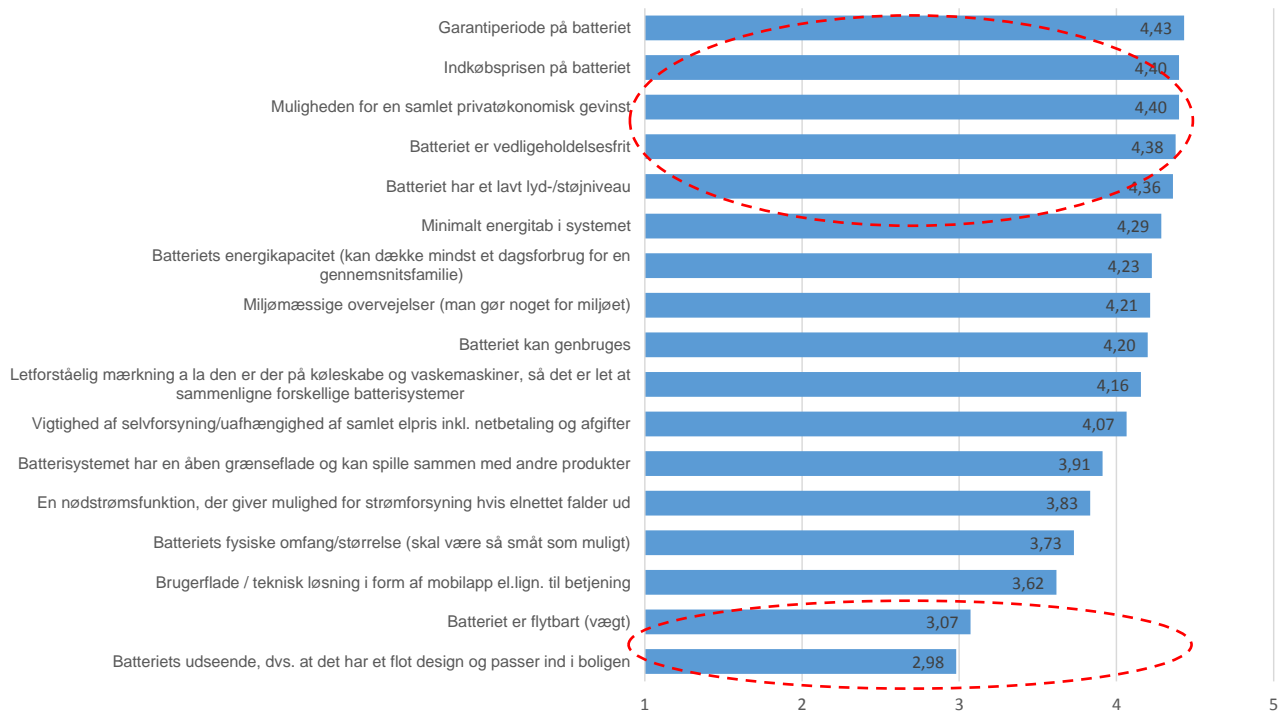
How important will the following conditions be when choosing a battery solution for you?



The most important criteria have an economic element. Most important is the battery's warranty period, followed by purchase price and the possibility of a total private economic gain. But also that it is maintenance-free and has a low sound/noise level is significant.

Important conditions when choosing a battery solution

1="not important" and 5="very important"



That the battery has a nice design and fits in the room as well as that the battery is portable has a lower significance in the choice of a battery solution.

Blandt mænd lægges der især vægt på:

- Garanti
- Energitaab og
- Samspil med andre produkter

Blandt kvinderne er der mere opmærksomhed rettet mod:

- Støjniveau
- Miljø
- Genbrug
- Letforståelig mærkning
- Nødstrømsfunktion
- Fysisk omfang
- Flytbarhed og design

Tabel 1. Middelværdi for vigtigheden af de enkelte batteriegenskaber i forhold til køn
Skala 1-5. (1="slet ikke vigtigt", 5="meget vigtigt")

Forhold	Middelværdi		
	Mand	Kvinde	I alt
Garantiperiode på batteriet	4,48	4,35	4,43
Indkøbsprisen på batteriet	4,41	4,38	4,40
Muligheden for en samlet privatøkonomisk gevinst	4,40	4,40	4,40
Batteriet er vedligeholdelsesfrit	4,35	4,42	4,38
Batteriet har et lavt lyd-/støjniveau	4,22	4,60	4,36
Minimalt energitaab i systemet	4,32	4,23	4,29
Batteriets energikapacitet (kan dække mindst et dagsforbrug for en gennemsnitsfamilie)	4,24	4,20	4,23
Miljømæssige overvejelser (man gør noget for miljøet)	4,08	4,44	4,21
Batteriet kan genbruges	4,16	4,26	4,20
Letforståelig mærkning a la den er der på køleskabe og vaskemaskiner, så det er let at sammenligne forskellige batterisystemer	4,12	4,22	4,16
Vigtighed af selvforsyning/uafhængighed af samlet elpris inkl. netbetaling og afgifter	4,07	4,06	4,07
Batterisystemet har en åben grænseflade og kan spille sammen med andre produkter	3,97	3,81	3,91
En nødstrømsfunktion, der giver mulighed for strømforsyning hvis elnettet falder ud	3,73	4,01	3,83
Batteriets fysiske omfang/størrelse (skal være så småt som muligt)	3,58	3,98	3,73
Brugerflade / teknisk løsning i form af mobilapp el.lign. til betjening	3,60	3,65	3,62
Batteriet er flytbart (vægt)	2,84	3,45	3,07
Batteriets udseende, dvs. at det har et flot design og passer ind i boligen	2,84	3,22	2,98

Tages udgangspunkt i gruppen der har etableret solceller, er det også de økonomirelaterede forhold der især findes vigtige.

I forhold til resultatet for samtlige respondenter, er det især:

- Garantiperiode
- Muligheden for en samlet privatøkonomisk gevinst
- Indkøbsprisen på batteriet
- Minimalt energitaab i systemet
- Batteriets energikapacitet
- Vigtighed af selvforsyning/uafhængighed af samlet elpris

der vægter som vigtige egenskaber for solcelleejerne.

Tabel 2: Middelværdi for de enkelte forhold i forhold til om der er etableret solceller

Skala 1-5. (1="slet ikke vigtigt", 5="meget vigtigt")

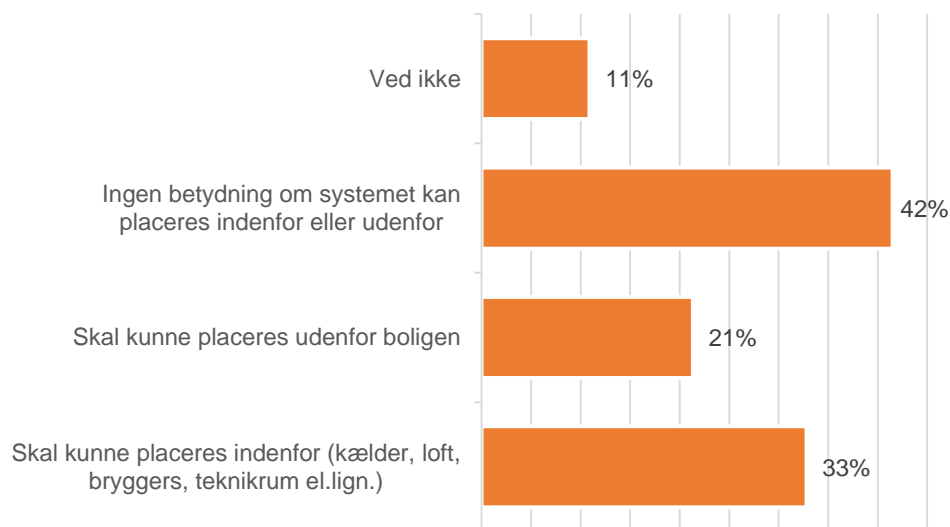
Forhold	Middelværdi	
	Har solceller	I alt
Garantiperiode på batteriet	4,54	4,43
Muligheden for en samlet privatøkonomisk gevinst	4,48	4,40
Indkøbsprisen på batteriet	4,49	4,40
Batteriet er vedligeholdelsesfrit	4,36	4,38
Batteriet har et lavt lyd-/støjniveau	4,09	4,36
Minimalt energitab i systemet	4,38	4,29
Batteriets energikapacitet (kan dække mindst et dagsforbrug for en gennemsnitsfamilie)	4,45	4,23
Miljømæssige overvejelser (man gør noget for miljøet)	4,16	4,21
Batteriet kan genbruges	4,03	4,20
Letforståelig mærkning a la den er der på køleskabe og vaskemaskiner, så det er let at sammenligne	4,14	4,16
Vigtighed af selvforsyning/uafhængighed af samlet elpris inkl. netbetaling og afgifter	4,37	4,07
Batterisystemet har en åben grænseflade og kan spille sammen med andre produkter	3,89	3,91
En nødstrømsfunktion, der giver mulighed for strømforsyning hvis elnettet falder ud	3,73	3,83
Batteriets fysiske omfang/størrelse (skal være så småt som muligt)	3,50	3,73
Brugerflade / teknisk løsning i form af mobilapp el.lign. til betjening	3,62	3,62
Batteriet er flytbart (vægt)	2,67	3,07
Batteriets udseende, dvs. at det har et flot design og passer ind i boligen	2,79	2,98

Også blandt solcelleejere er udseende og flot design en mindre vigtig egenskab.

7.1.4 Krav til placering af batterisystem

Det har ingen betydning for hovedparten af respondenterne om batterisystemet kan placeres indenfor eller udenfor – det svarer 42%. Men knapt hver tredje stiller krav om at batterisystemet kan placeres indenfor.

Hvilke krav vil du stille til placeringen af et batterisystem?



Det er især blandt mænd, at der er krav om indendørs placering (36%) – blandt kvinderne er der en større andel der er i tvivl (17% svarer "ved ikke").

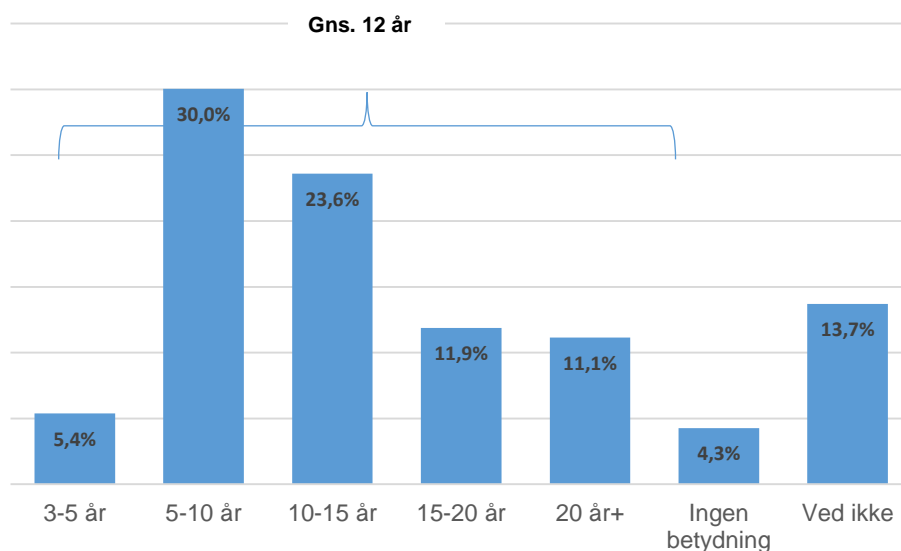
7.1.5 Batteriets levetid

Flere end 9 ud af 10 af mændene har en holdning til batteriets levetid. Omvendt har godt hver femte af kvinderne ikke en holdning til spørgsmålet.

Ud fra en gennemsnitsbetragtning er et fornuftigt/forventet niveau en levetid på ca. 12 år. Det gælder både for mænd og kvinder (blandt dem, der har en holdning til levetid) samt dem der i dag har etableret solceller.

Hvad er dine forventninger til levetiden af et batterisystem?

Ønskes en kort levetid så batteriet udskiftes løbende når batterierne er blevet bedre, mere kompakte og billigere eller en længere levetid – op til 20-30 år som f. eks et solcelleanlæg



7.2 Resultater uddraget fra Bolius Boligejeranalyse

6 år i træk har Bolius i samarbejde med TNS Gallup gennemført en undersøgelse blandt danske boligejere.

Målgruppen er personer i ejerbolig, der bor i enten Hus / Villa / Parcelhus eller Række- / Klynge- / Kædehus eller Gård.

De interviewede har alle beslutningsindflydelse på vedligeholdelsen af boligen og er enten ejere eller ejere i fællesskab med samlever.

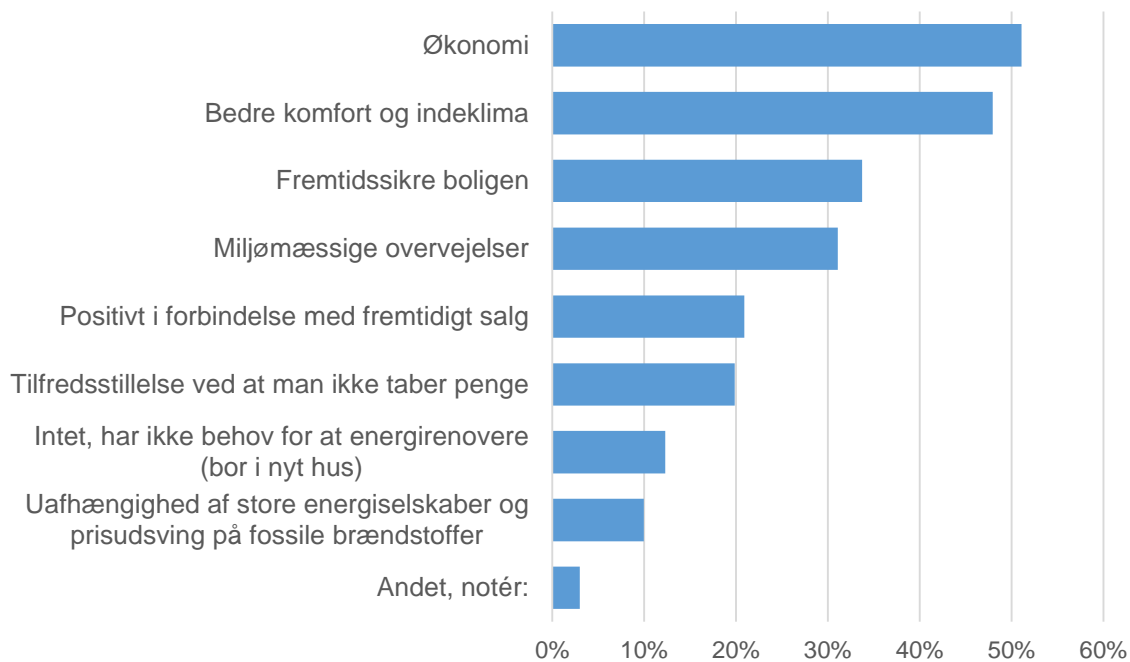
Dataindsamling til den seneste analyse er foretaget i april måned 2017 blandt mere end 3.000 boligejere.

I analysen spørges der ind til 12 forskellige emneområder, blandt andet energi og energiforbedringer i boligen. Det er primært nedslag fra denne del af analysen der bringes i det følgende, da det vurderes at den rapporterede adfærd i et vist omfang kan sammenholdes med den adfærd man kan forvente at finde i forbindelse med anskaffelse af batterianlæg.

7.2.1 Motivation for at energirenovere

På spørgsmålet om hvad der motiverer boligejerne til at energirenovere deres bolig, er "økonomi" det flest svarer. Sådan har det været gennem samtlige undersøgelser.

Hvilke forhold motiverer til at få igangsat energirenovering? Markér de 2-3 vigtigste forhold



Base: n=3.058

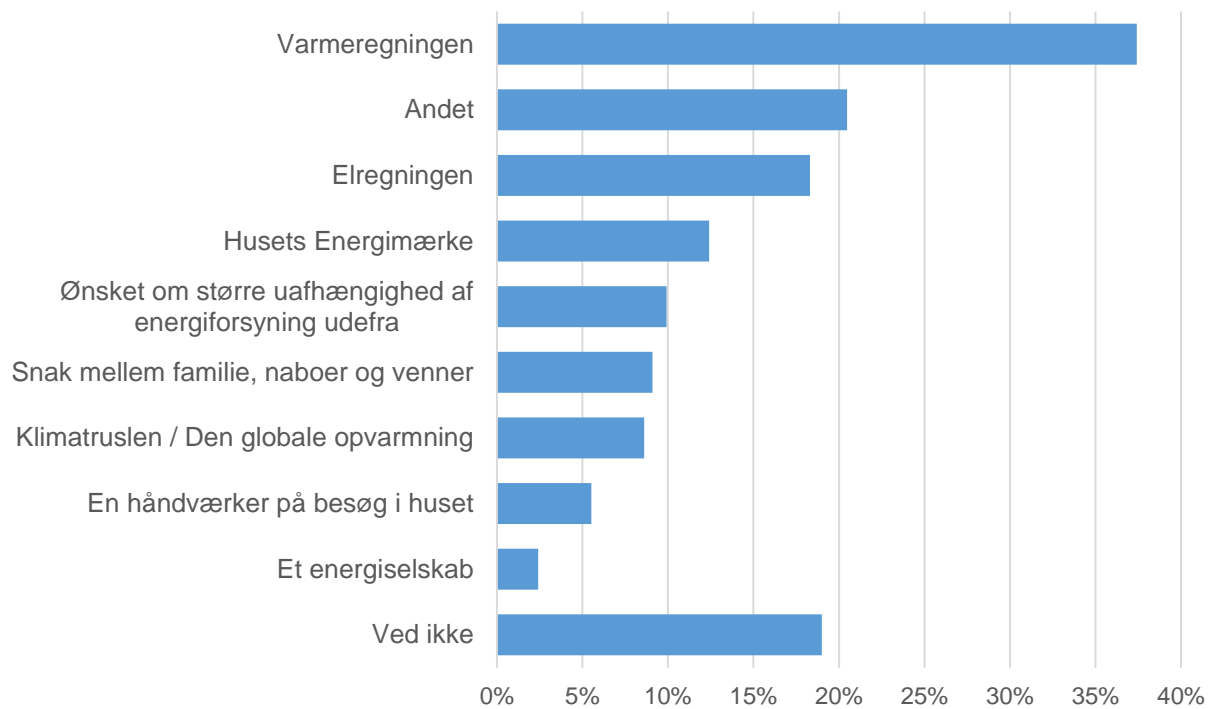
Andre svar er også relateret til husstandens økonomi. Således svarer ca. hver femte, at det er tilfredsstillelsen ved ikke at tabe penge.

Knapt hver tredje svarer at der er miljømæssige overvejelser bag at energirenovere boligen – andelen nåede sit lavpunkt i 2015, hvor ca. hver fjerde nævnte miljø og har siden da ligget på de ca. 30%.

7.2.2 Varme-/elregningen er medvirkende årsag til at få foretaget energirenovering

Overordnet er det i forbindelse med vedligeholdelsesarbejde og/eller nye til- og ombygninger, at der samtidig igangsættes energirenovering af boligen. Men en anden væsentlig faktor der påvirker beslutningsprocessen, er når boligejerne bliver konfronteret med de udgifter der er til varme og el. Således svarer 37% af de boligejere, der har energirenoveret inden for det seneste år, at det er varmeregningen og 18% at det er elregningen, der får husstanden til at energirenovere.

Hvad fik dig/din husstand til at overveje/at gå i gang med energirenovering?



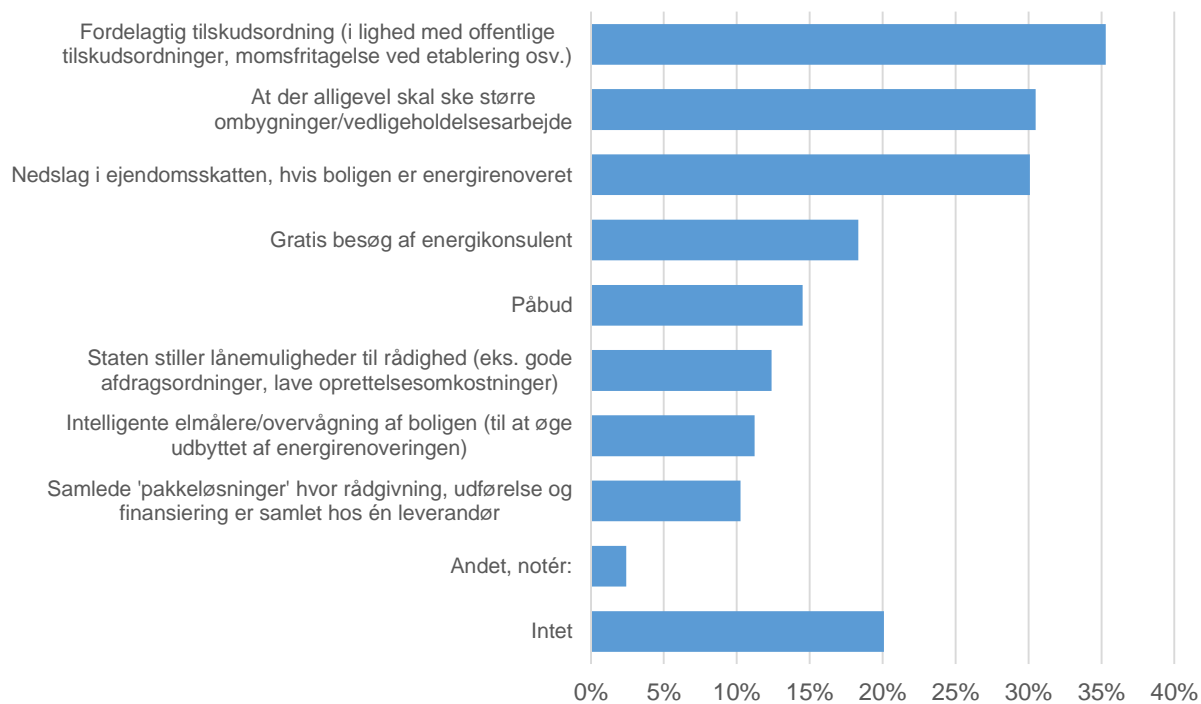
Base: n=1.260 (har energirenoveret)

Ca. hver 10. svarer at det er ønsket om uafhængighed af energiforsyning udefra. I den tid hvor spørgsmålet har været stillet, har dette været niveauet.

7.2.3 Tilskud er vigtigt

På spørgsmålet om hvilke incitament der kan dreje boligejernes opmærksomhed mod energirenovering, er fordelagtige tilskudsordninger en vigtig parameter.

Hvad kan få dig til at gennemføre energirenovering af boligen?

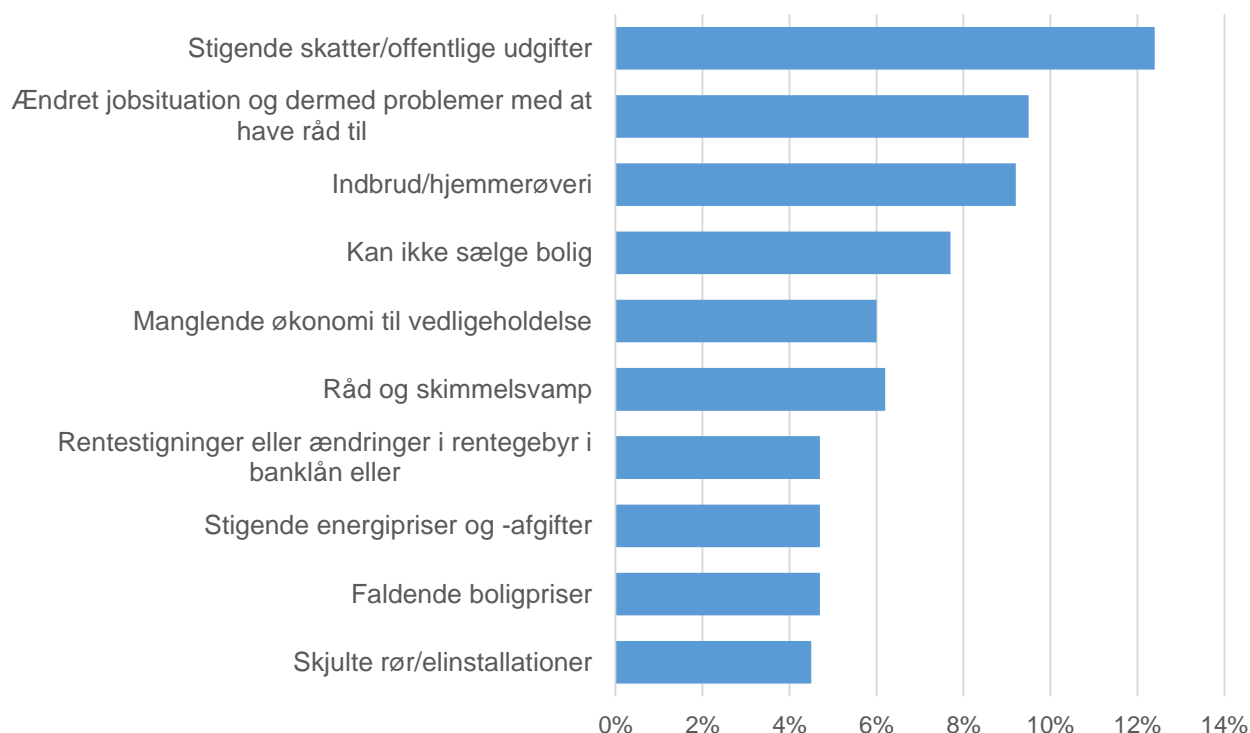


Base: n=3.058

7.2.4 Hvad bekymrer boligejerne?

På spørgsmålet om hvad der især gør boligejeren bekymret, nævner flest en stigning i skatter og afgifter.

Hvad bekymrer dig mest som boligejer?



Base: n=3.058

Stigende energipriser og -afgifter er det kun få, der er bekymret over. Denne andel har været jævnt faldende over årene.

Det er især blandt boligejere der har etableret solceller, at stigende energipriser og afgifter vækker bekymring. I denne delgruppe er det godt 13%, der bekymrer sig.

Hele boligejeranalysen kan findes her www.bolius.dk/bolius-boligejeranalyse

8 Konklusion på litteraturstudie

Litteraturstudiet har som ventet afdækket dels inspiration og grundlag for sammenligningsmetoder, dels områder, hvor det vil være nødvendigt at afsøge eller udvikle yderligere information for at kunne give et relevant og retvisende billede for en typisk dansk husstand.

Litteraturstudiet understøtter de næste faser af projektarbejdet gennem afgrænsning af arbejdsområde med hensyn til applikationer, effekt og de informationer, som skal beskrive batterianlæggene og benyttes ved sammenligning.

Der er udvalgt 20 informationer, som findes relevante for potentielle ejere af batterianlæg. Nogle informationer burde fremgå af datamaterialet fra distributøren, men det kan ofte kræve lidt faglig erfaring og research at finde og beskrive informationen på en sammenlignelig og struktureret måde.

Nogle informationer baseres på en specialist vurdering ud fra beskrevne retningslinjer, dette gælder f.eks. forventet levetid, sikkerhedsaspekter og godkendelser. Retningslinjerne for sikkerhedsaspekter forventes stillet til rådighed fra SafeBESS projektet (parallelt kørende batterisikkerhedsprojekt med EUDP støtte).

Mange af informationerne kræver dog test og databehandling for at beskrive ydeevne på en teknologineutral sammenlignelig måde. Det internationale litteraturstudie har identificeret flere relevante metodeanvisninger, der enten kan anvendes direkte i metodebeskrivelser eller inspirere metodeudvikling til flere af de ønskede informationstyper.

Effektmæssig afgrænsning er valgt med udgangspunkt i gældende Teknisk Forskrift 3.3.1 for batterianlæg, som tilsluttes elnettet. Projektet vælger kun at omfatte anlæg i effektkategori A1 – op til 11 kW, og effektkategori A2 op til 50 kW⁶, som forventes i størst omfang ifm. bygninger.

Arbejdsindsatsen prioriteres mod boligapplikationer, hvor der forventes den største efterspørgsel efter billige standardiserede seriefremstillede batterianlæg. Boligapplikationerne omfatter primært husstande i form af enfamiliehuse med eller uden solcelleanlæg samt lejligheder i boligejendomme med fælles solcelleanlæg, men måske også uden solcelleanlæg. Fokus holdes på anvendelse i forbindelse med solcelleanlæg, tidsforskydning af energibehov (kWh) og/eller begrænsning af maksimum effekt (kW) på elnettet. Der ikke er fundet relevante tilstrækkeligt detaljerede brugsmønster data for hverken danske boliger. Specielt for batterier i forbindelse med solcelleanlæg er der behov for at kende forbrugsmønsteret meget detaljeret – Målinger fra Teknologisk Instituts Energy Flex House laboratorium har vist, at der er behov for tidsopløsning helst bedre end minutniveau, for at inddrage de dynamiske effekter i både inverter batteri, samt for at afsløre den reelle effekt for batteriet. Der findes et tysk forbrugsdatasæt på minutniveau, men brugsmønsteret er markant forskellig for et typisk dansk forbrugsmønster. Det tyske referencedatasæt har en markant del af det daglige energiforbrug midt på eftermiddagen, hvor en dansk bolig typisk ikke har øget forbrug. Der søges derfor en solcelle & forbrugsprofil, som i højere grad afspejler danske forhold.

I forbindelse med litteraturstudiet er der lavet en brugerundersøgelse som er sendt ud ifm. nyhedsbrev og via Boliu's hjemmeside, hvor 1.525 deltagere har givet deres input til hvad de ønsker at vide, ved et eventuelt køb af et batterianlæg. Der er ligeledes hentet oplysninger fra Boliu's boligejeranalyse, hvor ca 3.000 boligejere har medvirket. Analysen af svar er medtaget ved udvælgelsen af de aktuelle ønskede informationer.

De parametre der ønskes bestemt ved metoden kan ses i listen sidst i afsnit 6.1.

Der laves sammenligninger med standarden for batterier (Europa Norm 61427-2:2015) til brug i forbindelse med lagring af vedvarende energi. Denne norm vurderes som tidligere nævnt ikke at være specielt god, men idet det er en udarbejdet norm kan der ikke ses bort fra den.

Det videre arbejde i projektet omfatter bl.a. at få metoden konkretiseret, så forsøgene mv. kan udføres i praksis.

⁶ A2 effektrænsen på 50 kW kan dog blive justeret op ved en forestående revision af Teknisk Forskrift 3.3.1

9 Bilag 1: Noter omkring Europa Norm 61427-2:2015

Europa Norm 61427:2015: Secondary cells and batteries for renewable energy storage – general requirements and methods of test er gennemgået. Specielt med focus på part 2: “On-grid applications Test”

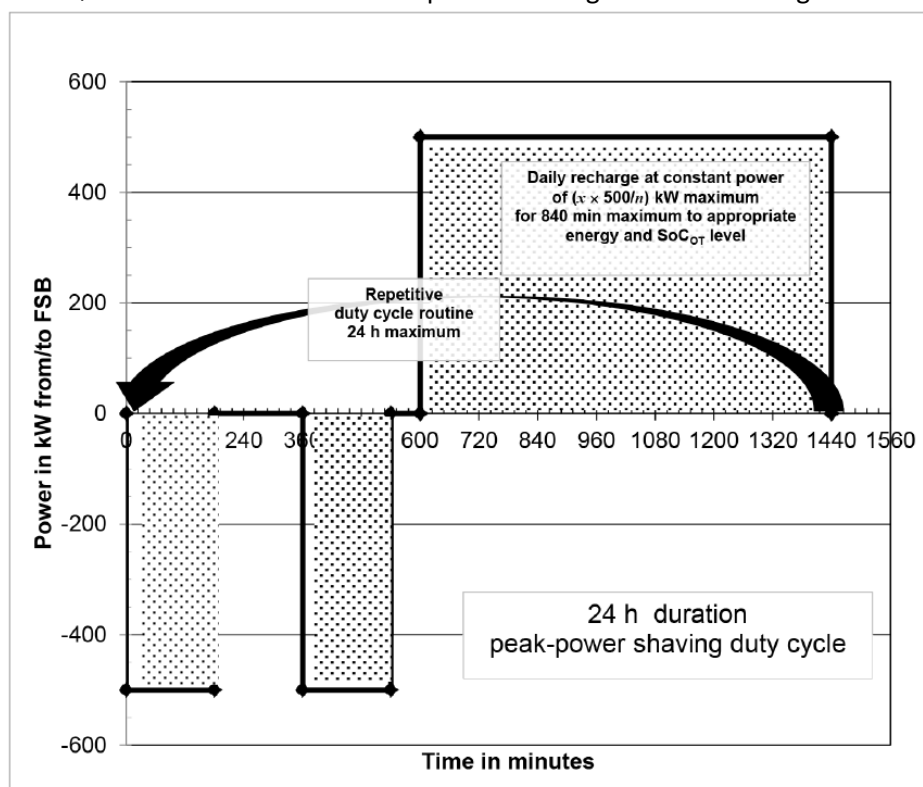
Noter omkring normen kan ses nedenfor.

Normen er delt op som test til forskellige anvendelser af stationære batterier.

1. Frequency-regulation (afsnit 6.2)
2. Load-following service (afsnit 6.3)
3. Peak-power shaving (afsnit 6.4)
4. Photovoltaic energy storage, time-shift service (afsnit 6.5)

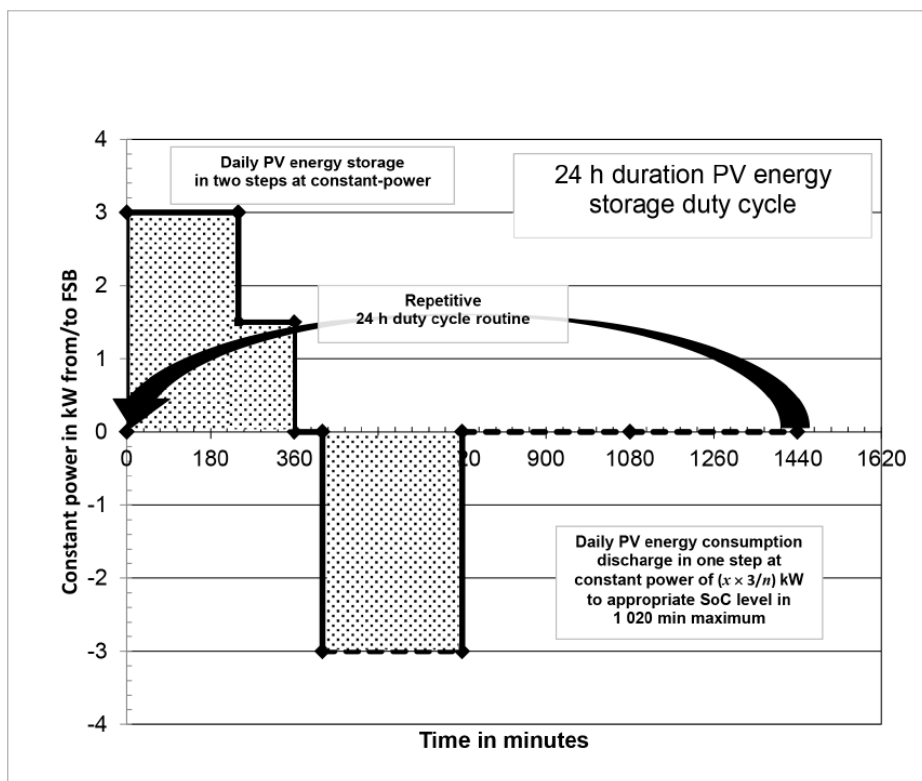
Det er i benchmark projektet brugsmønstrene som Peak-shaving (nr. 3) og Photovoltaic energy storage (pkt. 4) der er relevante idet det er disse der først forventes at blive benyttet ifm. bygninger.

Testmønstret der foreslås for Peak-power shaving ses nedenfor i figuren.



Figur 14: Testmønstret brugt til peak-power i EN61427-02. Bemærk fastsatte effekter og tidsintervaller, og en cyklustid på 24 timer (ikke accelereret). Y-aksen viser effekten til batteriet.

Testmønstret der foreslås for energilagring ifm. solceller ses nedenfor.



Figur 15: Testmønster brugt til batterier brugt ifm. solcelleanlæg i EN61427-2. Bemærk fastsatte effekter og tidsintervaller, og en cykeltid på 24 timer (ikke accelereret). Y-aksen viser effekten til batteriet.

Der er flere forhold der gør at Normen ikke direkte kan anvendes i denne sammenhæng. Effektelektronikken som konverterer fra AC til DC og omvendt samt tilpasser spænding er ikke medtaget i testNormen. I benchmark projektet ønskes det medtaget, idet det er hele systemets effektivitet, standbyforbrug og performance der er interessant for en bruger.

De forskellige tests antager i udgangspunktet fastsatte effekter i bestemte tidsintervaller (se eventuelt figurerne ovenfor). Det forudsættes hermed at energilagrene er lige store (eller at nogle energilagrene udnyttes fuldt ud, og at andre kun udnytter en lille del af deres energiindhold). I de kendte anlæg der findes på markedet er størrelsen af energilagrene meget forskellige, ligesom effekten de kan levere også er forskellige. Der skal altså store tilpasninger til, som igen vil gøre sammenligning meget vanskelig. Testmønstrene der foreslås i Normen er også meget simple med få udsving mv, som ikke er repræsentativt for hvordan et anlæg vil operere i praksis(i Danmark).

Testproceduren for lagring af solcellestrøm er desuden ikke velegnet til sammenligningstests i større skala, idet afviklingen af dem ofte vil tage mange år og dermed blive meget omkostningstunge.

Det kan konkluderes at normen ikke kan benyttes uden kraftige modifikationer. Der kan dog hentes nogle definitioner, generelle betragtninger og inspiration herfra. Der kan også laves tests med mønstrene for at belyse hvor stor forskel i måleresultater forskellige mønstre giver.