

ENERGIHÅNDBOGEN 2019



SOLCELLEANLÆG



Energihåndbogen er udgivet med støtte fra Grundejernes Investeringsfond



SOLCELLEANLÆG

Indhold

Solcelleanlæg til husstande	271
Solcelleteknologier	271
Energiproduktion (energibesparelse)	273
Dimensionering	273
Hældning – orientering	274
Skygge	275
Udførelse	276
Eltilslutning m.m.	276
EI tavle – RCD(fejlstrømsafbryder)	277
Kabler	277
Adgangsforhold til moduler	278
Temperatur	278
Montering på eksisterende tag	278
Funktionsafprøvning	278
Eftersyn	278
Batterianlæg til husstande	279
Batteri-teknologier	279
Energilagring	282
Dimensionering	282
Udførelse	283
Myndighedskrav	283
Sikkerhed	284
Eltilslutning mm	284
Kabler	284
Adgangsforhold til batterilager	285
Temperatur	285
Funktionsafprøvning	286
Eftersyn	286

Solcelleanlæg til husstande

Solcelleanlæg er velegnede til bygninger, der har en facade eller tagflade, som vender tilnærmelsesvist mod syd – særligt hvis de ikke er udsat for nævneværdig skygge fra midt formiddag til sen eftermiddag i sommerhalvåret. Det er især oplagt at etablere solcelleanlægget i sammenhæng med reparation eller udskiftning af tagbelægningen eller ved nybyggeri. Solceller placeret på taget eller facaden af et hus kan bidrage til at nedbringe det årlige netto-elforbrug fra elnettet. Desuden kan solceller for nyere huse være en fornuftig løsning til at forbedre husets energiklasse.

Anlægget er koblet til det offentlige elnet via en elektronisk vekselretter, som automatisk sørger for at tilpasse elproduktionen fra solcellerne til elnettets spænding og frekvens. Når solcellerne producerer elektricitet, benyttes det i husets elforbrugende apparater. Hvis elproduktionen fra solcellerne overstiger husets elforbrug, eksporterer solcelleanlægget til nettet.

Solcelleteknologier

En solcelle er en halvleder, der omsætter lys til elektricitet ved hjælp af den såkaldte fotoelektriske effekt. Et solcelleanlæg producerer derfor elektricitet, når det belyses; mest når solen skinner kraftigt og i mindre grad, når det er overskyet. Det sker uden bevægelige dele og lydløst.

Solcelleanlæg er karakteriseret ved deres modulære opbygning af enkelte celler på $\frac{1}{2}$ volt, som sættes sammen i moduler, som igen kobles sammen til at give anlægget den ønskede strømstyrke og spænding. Kobles de sammen i serie, stiger spændingen – større strømstyrke opnås ved at koble modulerne parallelt.

Solceller er robuste og har forventede levetider i størrelsesordenen 25 år. De er følsomme over for skygger, og markant skygge på selv mindre arealer kan få betydelig negativ effekt på elproduktionen.

De to mest almindelige kategorier af solcelleteknologier er krystallinsk og tyndfilmsceller.

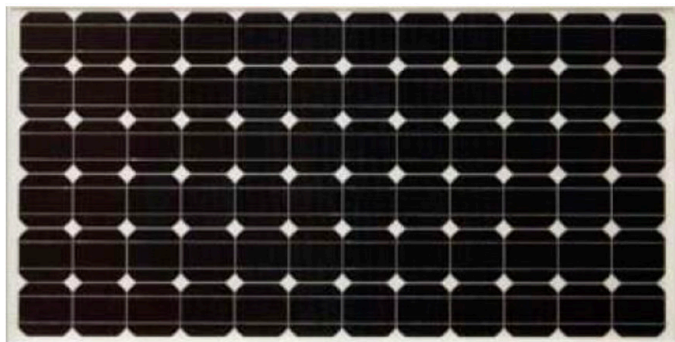


Figur 1. Solceller på tagflade. Foto: Teknologisk Institut

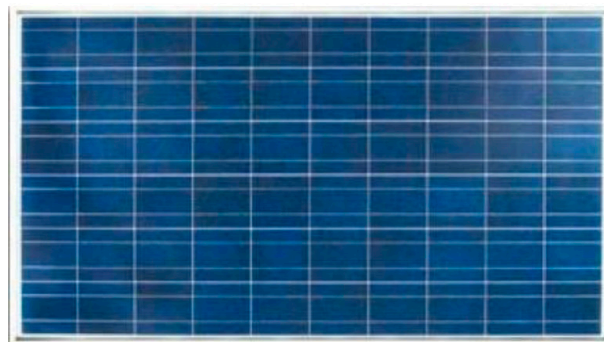
Solceller af krystallinsk silicium er de ældste, mest udbredte og mest effektive. De kendes på den typiske inddeling i et antal firkantede celler på størrelse med en stor håndflade.

Krystallinske solceller kan inddeles i mono- og polykrystallinske celler, hvor monokrystallinske er skåret af én krystal, og polykrystallinske af mange krystaller, og derfor har et mere nistret udseende. Ydelsen pr. kvadratmeter ses på tabel 1.

Tyndfilmsmoduler kendes på et mere homogent og som oftest ret mørkt udseende, hvor de enkelte, langsgående celler vanskeligt kan skelnes. De mest almindelige typer er CIS (Cobber-indium_selerid) og CdTe (Cadmium-tellurid) som begge fremtræder med en ensartet sort flade. Tyndfilm af silicium er på vej ud af markedet grundet en ringere effektivitet.



Figur 2. Monokrystallinske solceller (Foto: Teknologisk Institut)



Figur 3. Polykrystallinske solceller (Foto: Teknologisk Institut)



Figur 4. tyndfilmsceller af typen CIS ((Foto: Teknologisk Institut)

Energiproduktion (energibesparelse)

Solcelleanlæggets elektriske ydeevne angives i Wattpeak (Wp), som er den effekt, det kan levere i kraftigt solskin og køligt vejr. Et sydvendt anlæg på 1 kWp producerer under danske forhold ca. 950 kWh årligt. Et typisk husstands-solcelleanlæg på 3 – 6 kW – vil altså kunne producere 2850 – 5700 kWh årligt.

I tabel 1 ses hvor meget de almindeligste solcelletyper kan producere pr. kvadratmeter, og hvor mange kvadratmeter, der skal til at installere 1 kWp.

	Mærkeeffekt [Wp/m²]	Vejl. arealbehov pr kWp [m²/kWp]	Vejl. elproduktion [kWh/m²/år]
Mono-krystallinsk silicium	170-200(220 for de dyreste)	6	170
Poly-krystallinsk silicium	140-180	7	140
Tyndfilm CI(G)S	120-150	8	120
Tyndfilm CdTe	110-130	9	110

Tabel 1. Produktion fra de almindeligste solcelletyper pr. kvadratmeter og hvor mange kvadratmeter, der skal til at installere 1 kWp

Dimensionering

Anlægsdimensionering er vigtig. Med de aktuelle regler i Danmark anbefales at vælge en størrelse på solcelleanlægget, hvor produktionen ikke er alt for høj i forhold til ens forbrug. Man kan bruge tabel 3 til at få en fornemmelse af, hvor meget el en typisk husstand selv kan bruge direkte fra en given anlægsstørrelse. For en mere nøjagtig beregning skal man have fat i timeværdier for forbrug og produktion.

Parametre for vurdering af anlægsstørrelse:

- Estimeret egenproduktion bør ligge tæt på det vurderede dagstime forbrug i sommerhalvåret
- Tilpas antallet af paneler, så det arkitektonisk kommer til at se ordentligt ud. Her kan men måske med fordel bruge mindre effektive moduler for at udfylde en hel tagflade

	140 m²	200 m²
1 voksen	3.300 kWh	3.700 kWh
2 voksne	4.200 kWh	4.700 kWh
2 voksne og 2 mindre børn	4.900 kWh	5.300 kWh
2 voksne og 2 større børn	5.300 kWh	5.800 kWh

Tabel 2. Vejledende årligt elforbrug i parcelhuse uden elvarme

Solcellestrøm ift. hele bygningens årlige elforbrug	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,00	1,10	1,20	1,50	2,00	3,00	4,00	5,00
Udnyttelses-% u. elopvarmning	0,69	0,67	0,60	0,53	0,47	0,42	0,38	0,35	0,32	0,30	0,28	0,26	0,22	0,18	0,13	0,10	0,08
Udnyttelses-% m. elopvarmning	0,50	0,44	0,40	0,36	0,33	0,30	0,28	0,25	0,24	0,22	0,21	0,20	0,17	0,13	0,10	0,08	0,06

Tabel 3. Udnyttelsesprocent af solcellestrøm i husholdningen (egetforbrug), afhængigt af årlig solcelleproduktion i forhold til hele bygningens årlige elforbrug (med og uden elvarme). Tabellen tager ikke hensyn til anlæggets orientering og hældning. Se tabel 4.

Forudsætning: Elproduktionen i tabel 1 og 3 forudsætter, at solcellemodulerne orienteres mod syd med en hældning på 30-40°, at de ikke udsættes for meget høje driftstemperaturer, og at der ikke forekommer skygger af betydning. Der er under disse forhold antaget en årlig elproduktion på 950 kWh pr. installeret kWp. Dette tal er nogenlunde uafhængigt af solcelleteknologi, men svinger med geografisk placering og fra år til år. Ved anden hældning/orientering se tabel 4. Det forudsættes desuden i tabel 3, at elmåleren er sat op så egetforbruget ikke afhænger af fordelingen på nettets tre faser, og at der ikke er indbygget batterilager i solcelleanlægget.

Eksempel 1

En familie på 2 voksne og 1 mindre barn bruger årligt 4500 kWh (Se tabel 2.) Der etableres et 2 kW anlæg på et tag, som vender mod sydvest og hælder 40 grader.

Anlægget producerer så $950 \text{ kWh} \times 2 \times 0,91 = \text{ca. } 1740 \text{ kWh}$ årligt (Se tabel 4)

Solcellestrøm i forhold til hele bygningens årlige forbrug = $1740/4500 = 0,39$.

Egetforbrug = 53 % (Se tabel 3) dvs. $1740 \times 0,53 = 922 \text{ kWh}$.

Hældning – orientering

En af de første ting man skal gøre sig klart, er verdenshjørnerne, hvilken orientering har husets tag. Dernæst spiller tagets hældning også en rolle. Som det fremgår af tabel 4, kan disse to parametre være af stor betydning i forhold til anlæggets mulige ydeevne.

Et solcelleanlæg virker optimalt ved en placering på en sydvendt 30-40° tagflade. Er der ikke mulighed for dette, vil samme ydeevne kunne opnås ved at øge solcellemodulernes samlede areal, afhængig af retning og taghældning.

I tabel 4 ses hvorledes placering og ydeevne hænger sammen.

Hældning	Tagets retning										
	Vest		Sydvst			Syd			Sydpst		Øst
	90°	60°	45°	30°	15°	0°	15°	30°	45°	60°	90°
0°	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %	86 %
5°	86 %	88 %	89 %	89 %	90 %	90 %	90 %	89 %	89 %	88 %	86 %
10°	86 %	89 %	91 %	92 %	93 %	93 %	93 %	92 %	91 %	89 %	86 %
15°	85 %	90 %	92 %	94 %	95 %	95 %	95 %	94 %	92 %	90 %	85 %
20°	84 %	91 %	93 %	95 %	97 %	97 %	97 %	95 %	93 %	91 %	84 %
25°	83 %	91 %	94 %	97 %	98 %	99 %	98 %	95 %	94 %	91 %	83 %
30°	81 %	91 %	94 %	98 %	99 %	100 %	99 %	97 %	94 %	91 %	81 %
35°	80 %	90 %	94 %	97 %	99 %	100 %	99 %	97 %	94 %	91 %	80 %
40°	78 %	89 %	91 %	97 %	99 %	100 %	99 %	97 %	94 %	89 %	78 %
45°	77 %	88 %	93 %	96 %	99 %	99 %	99 %	96 %	93 %	88 %	77 %
60°	70 %	83 %	88 %	93 %	94 %	94 %	94 %	92 %	88 %	83 %	70 %
70°	66 %	78 %	82 %	86 %	88 %	88 %	87 %	86 %	88 %	83 %	70 %
90°	44 %	64 %	68 %	70 %	72 %	72 %	72 %	70 %	68 %	64 %	44 %

Tabel 4. Sammenhæng mellem placering og ydeevne

Eksempel 2

Eksempel på anvendelse af tabel 4: Et solcelleanlæg på 4,5 kWp, placeret sydvendt med en hældning på 35°, frit ventileret og ikke udsat for skygger kan producere ca. 4.050 kWh/år (svarende til de 100 % i tabel 4).

Hvis taghældningen er 60° fra vandret, og orienteringen er sydvest, yder anlægget kun 88 % svarende til ca. 3.564 kWh/år. Hvis en årlig elproduktion på 4.050 kWh ønskes, kan man øge den installerede solcelleeffekt (og dermed arealet) med en faktor $1/0,88 = 1,14$. Dermed kommer den installerede effekt op på 5,1 kWp.

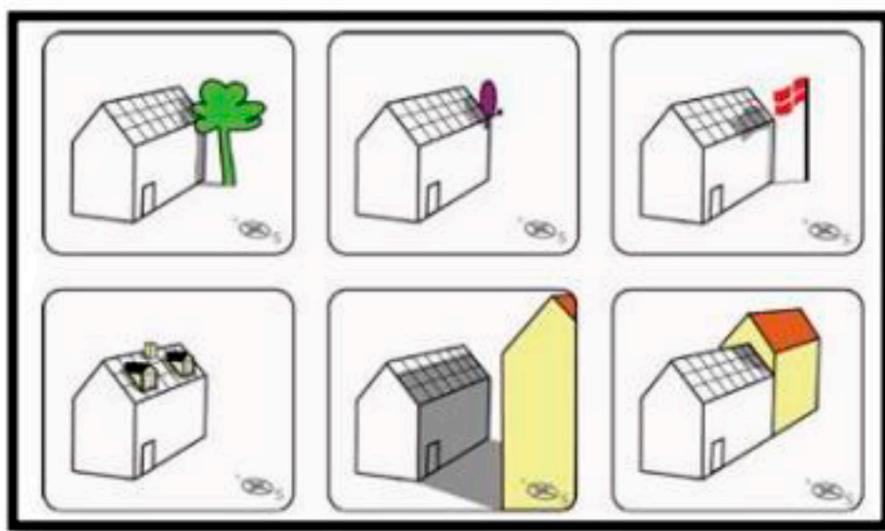
Skygge

Solcellernes energiproduktion er følsom overfor skygger. Det påtænkte sted for opsætning af solcellerne bør fra og med april til og med september ikke være udsat for skygger i tidsrummet fra midt formiddag til sen eftermiddag. Desuden bør hele solcelleanlæggets areal have ensartede lys/skyggeforhold. Hvis dele af anlægget udsættes for betydelige forskelle i lys/skygge, bør det deles op i mindre anlæg.

Skyggegivere kan fx være taghætter, master, træer, bygninger og antenner, skorsten, karnap, vinduer og andre ting der bryder tagfladen. Dette har indflydelse ikke bare på skygger, men også i forhold til hvordan panelerne kan placeres. På skitsen er vist nogle forhold der kan medvirke til skygger på taget, det er meget vigtigt at være opmærksom på disse forhold inden anlægget sættes op, da det kan have en stærk indflydelse på anlæggets ydeevne og levetid.

Hvis der er skygge på taget om sommeren, kan der vælges en anden placering af solcellemodulerne: På carport, udhus eller fritstående på stativ. Vær opmærksom på, at hvis der vælges en placering, der er lavere, mere lodret eller mere afvigende fra syd, så øges risikoen for skyggepåvirkning.

De fleste skyggeforhold ændrer sig ikke gennem årene, men mht. træer, skal man prøve at forudse deres vækst og det kan derfor være fornuftigt at få dem fjernet inden de giver problemer.



Figur 5. Skygger på solceller (Illustration: Teknologisk Institut)

Udførelse

Bygningens tag, hvorpå solcellemodulerne skal monteres, skal grundigt gennemgås. Både med hensyn til, at anlæggets ydeevne bedre kan beregnes, men også at der ikke pludseligt er uventede udfordringer/besværligheder ved monteringsarbejdet.

Inden selve udførelsen bør det sikres, at lokalplanen tillader opsætning af solceller på bygningen. Dette er især relevant i områder med mange fredede bygninger.

Eltilslutning m.m.

Måler

Den eksisterende måler anvendes, eller den udskiftes til ny af forsyningsselskabet, hvis den ikke har de fornødne muligheder for time opgørelse i begge retninger. Alle nyopsatte solcellemålere skal kunne måle nettoenergi, hvilket vil sige med summation af de tre faser.

Vekselretter

Generelt bør det tilstræbes, at inverteren (vekselretter) placeres tørt, køligt og velventileret, helst et støvfrit sted af hensyn til levetid og maksimal ydeevne.

Når anlægget planlægges, er det vigtigt at have fokus på at reducere støjgener fra anlæggets inverter. Den bør derfor ikke opsættes i opholdsrum, og heller ikke placeres på en væg op til fx et soveværelse.

Inverteren må ikke monteres direkte på brændbart materiale. Der vil dog altid være en anvisning fra producenten om dennes krav til placeringen. Der skal sørges for, at inverteren kan komme af med overskudsvarmen, og derfor placeres den med så lav omgivelsestemperatur som mulig.

En placering udendørs, tørt og skyggefuldt, vil derfor ofte være en optimal løsning (hvis IP tæthedsklasse tillader det).



Figur 6. Inverter (Foto: Teknologisk Institut)

Det bør tilstræbes at minimere afstanden mellem vekselretter og eltavle samt solcellemodulerne for at mindske de elektriske tab. Nogle solcellemoduler er udstyret med hver sin vekselretter, som sidder på bagsiden, og i så fald er der ingen DC kabler.



Figur 7. Eksempel på udendørs monteret inverter (Foto: Sikkerhedsstyrelsen)

El tavle – RCD(fejlstrømsafbryder)

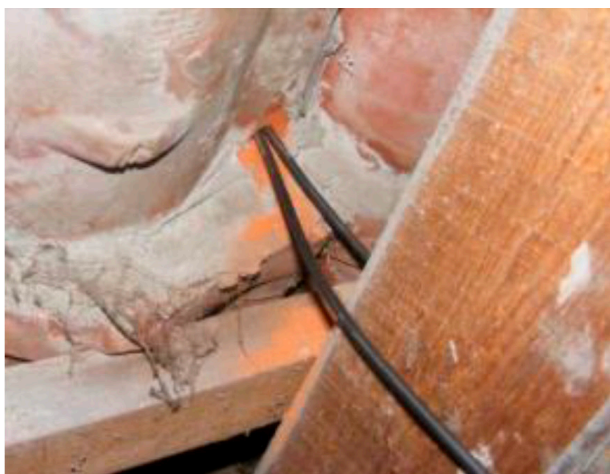
Der skal i almindelige husinstallationer (TT1 net) monteres en separat RCD på inverterens vekselstrømsside, der alene dækker solcelleinstallationen. Valget af inverter har betydning for om det er RCD Type A eller B der skal anvendes.

Der findes en- og trefasede invertere, og disse kan være med eller uden transformer. Type og konstruktion af inverteren afgør, hvilken type fejlstrømsafbryder, der skal anvendes.

Kabler

Kablerne må ikke ligge direkte i solen.

Man skal overveje mulighederne for, hvordan man kan få ført kablerne fra modulerne og frem til inverteren. Typisk skal kablerne føres ind gennem taget (eller udvendigt), og så fra loft til kælder.



Figur 8. Kabler gennem tegl (Foto: Teknologisk Institut)



Figur 9. Kabler gennem tudsten (Foto: Teknologisk Institut)

Det frarådes at bore i tegl, som vist på billedet til venstre. En mulighed er eksempelvis taghætter, skorsten, tudsten eller lignende, som man kan bruge, uden at man skal lave destruktive indgreb på taget.

Adgangsforhold til moduler

Ved planlægning af montagen af solcellemodulerne bør adgangsforholdene til det enkelte modul overvejes, hvis det skulle blive nødvendigt med fejlsøgning og evt. udskiftning af et modul.

Temperatur

Solcelleanlæg skal udføres, så de ikke giver anledning til temperaturforårsagede skader på bygningen.

Solcellemodulerne kan opnå driftstemperaturer, der ligger 20 til 40°C over omgivelsernes, mest hvis bagsiden er isoleret, som det fx ofte vil være tilfældet ved nedfældning i klimaskærmen.

Solceller bør have god ventilation på bagsiden af hensyn til elproduktionen. Det kan dog være svært at opnå, når de nedfældes i fx en tagflade. Den forhøjede driftstemperatur kan reducere den årlige elproduktion samt give lavere levetid.

Montering på eksisterende tag

Solcellemodulerne monteres på skinner på taget, på et stativ eller på ballastkasser. Anlægget kan normalt leveres med beslag til forskellige tagtyper.

Hvis der er fladt tag, monteres solcellemodulerne på et stativ eller ballastkasser, gerne så de vender stik syd med en hældning på 30-40°. Ved valg af ballastkasser, tjek at taget kan bære den forøgede vægt. Solcellemoduler vejer typisk 12 kg/m² (1 lag glas med ramme) til 18 kg/m² (2 lag glas rammeløs). Alternativt kan solcellemodulerne placeres på stativ på jorden.

Funktionsafprøvning

Der stilles ingen formelle krav til funktionsafprøvning. Som minimum bør der foretages en kontrol af hver enkelt DC solcelleindgang til inverteren.

Anlægget skal sluttes til elnettet af en autoriseret elinstallatør.

Der er ingen specifikke krav i bygningsreglementet til anlæggets ydeevne.

Installationer, som kan medføre en særlig risiko for brand, skal placeres og udføres i bygningen, så risikoen for, at en brand opstår og spreder sig, minimeres.

Eftersyn

Der er ikke krav til eftersyn af solcelleanlæg. Ved større anlæg anbefales det at installere automatisk overvågning samt inspicere en gang årligt. Ved mindre anlæg anbefales det, at ejeren selv følger med i produktionen og dermed registrere større afvigelser.

Kilder:

- Videncenter for energibesparelser i bygninger: "Solcelleanlæg til elproduktion"
- "Vejledning og tjekliste" Teknologisk Institut og KSO-Ordningen
- "Solceller" Energistyrelsen
- Bekendtgørelse om Håndbog for Energikonsulenter (HB 2016)
- www.bis.teknologisk.dk
- Teknologisk Institut

Det bliver mere og mere økonomisk interessant for mange ejere af solcelleanlæg at forøge den del af produktionen de kan bruge selv, og energilagring er i den forbindelse et oplagt virkemiddel. Batterier kan, sammen med en passende styring, prioritere hvad overskuds-strømmen skal bruges til, for eksempel i rækkefølgen: Start af vaskemaskine – varmepumpe – batteriopladning – dyppekoger osv.

Eksisterende solcelleanlæg

Alle boliger på den "gamle" årsbaserede nettoafregning vil senest i 2020 blive tvunget over på flexafregning. Disse solcelleanlæg er ofte dimensioneret efter den da gældende 6 kW grænse, og vil derfor i reglen have en alt for høj produktion i forhold til det aktuelle elforbrug i bygningen. For at nyttiggøre den overskydende el time for time, kan ejerne med fordel installere batterier og varmelagre.

Nye solcelleanlæg

I modsætning hertil bliver der i dag ofte installeret ganske små solcelleanlæg for at minimere overskudsproduktion til nettet. Ved at tilpasse forbruget samt installere energilagring, vil man økonomisk set kunne forsvare et større solcelleanlæg. Dette vil ofte være arkitektonisk fordelagtigt.

I fremtiden, med flere varmepumper og elbiler i villakvartererne, vil større solcelleanlæg desuden kunne give et bidrag til varme- og transportsektoren, enten i Vehicle-to-Grid (V2G) løsninger eller blot som ekstra mulighed for PV(solcelle) egetforbrug.

Batteri-teknologier

Stationære batterier til solcelleanlæg har traditionelt været af bly/syre typen, men i dag er Li-Ion batterier dominerende, især på grund af deres energitæthed, lange levetid og energieffektivitet. I modsætning til elbilbatterier, er lav vægt og høj effekt ikke så vigtig for stationære batterier. Her er prisen pr lagret kWh set over hele levetiden den afgørende faktor.

Blybatterier kræver dog ikke så meget styring og avancerede sikkerhedssystemer som Li-Ion batterier gør. Den største ulempe ved blybatterier er ringe tolerance overfor langvarig dybdeafledning og dermed kortere levetid. Blybatterier er forholdsvis billige i indkøb og er stadig det mest almindelige genopladelige batteri på verdensplan. Bly er et almindeligt forekommende materiale, men det er sundhedsfarligt og miljøskadeligt.

Li-Ion teknologien er under kraftig udvikling og findes i mange varianter. Høj energi- og effekttæthed samt en højere celledspænding er nogle af de positive egenskaber for disse. Litium er brændbart og kan ikke slukkes med vand. Der er derfor store krav til sikkerhed ved konstruktion og brug af disse batterier. Litium-jernfosfat er en af de sikreste celletyper og derfor meget anvendt til stationære batterier.

Der er andre batterityper på vej til markedet, så som natrium-ion batterier og redox flow batterier, som ikke vil blive nærmere gennemgået her.

Vigtige tekniske begreber:

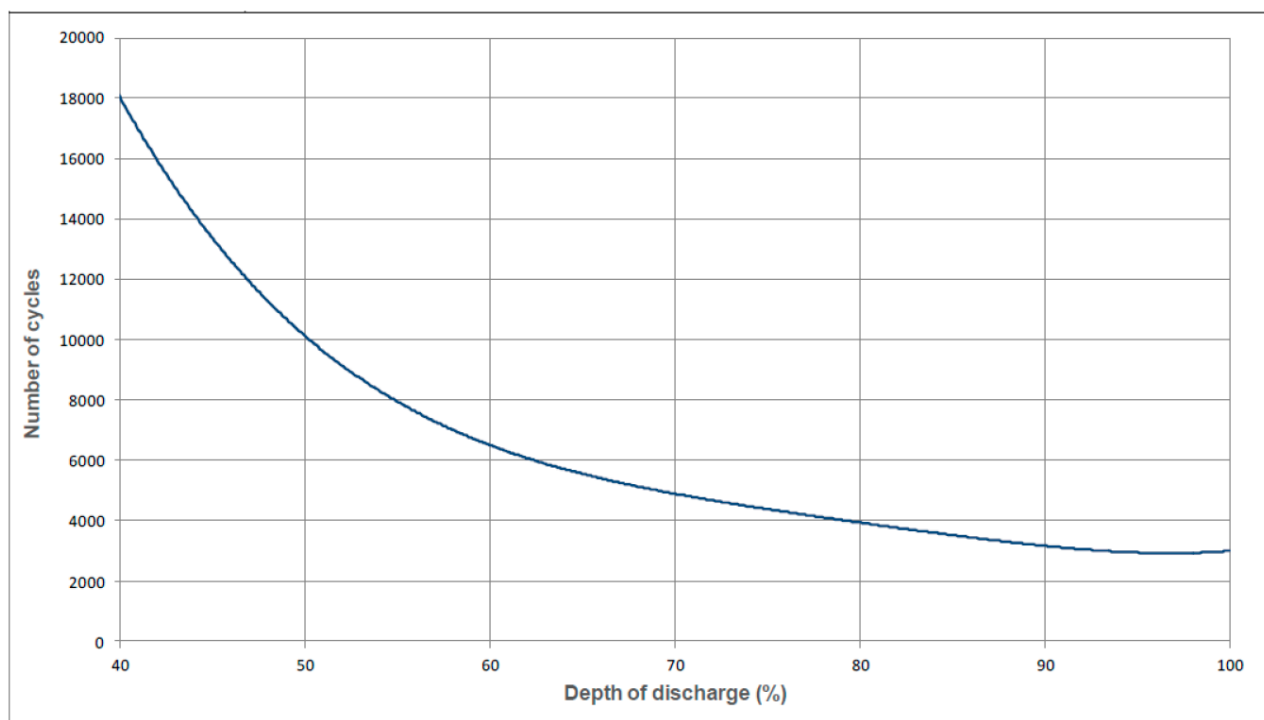
- Energikapacitet (udnyttbar og nominel) er det antal kWh man kan lagre i et nyt batteri uden at gå på kompromis med den ønskede levetid. Over tid falder energikapaciteten alt efter batteritype og anvendelse.
- BMS = Battery Management System. Elektronik der overvåger og regulerer de enkelte battericellers tilstand
- DoD= Depth of Discharge er den andel af batteriets kapacitet som i praksis bliver udnyttet for at få en fornuftig levetid, typisk op til 80% for Li-Ion batterier

- **Energieffektivitet.** Den andel af den "påfyldte" energi der kan hentes ud igen. Typisk ligger det på 80-95 % for selve batteriet og 65-80% for det samlede system med lader og vekselretter.
- **Standbyforbrug.** Den effekt som BMS (Battery Management System) og effektelektronikken bruger, selv om der ikke tappes energi fra systemet.
- **Energitab.** Der sker tab både under op- og afladning samt ved længere tids henstand af et opladet batteri. Det har alt sammen betydning for årsvirkningsgraden.
- **Årsvirkningsgrad (beregnet)** Den samlede systemvirkningsgrad for en konkret installation set over et års drift. Den er typisk ikke over 80% selv om producenterne tit lover noget andet.
- **Batterilevetid (vurderet).** Levetiden er defineret som den tid batteriet fungerer med mindst 80% af den oprindelige energikapacitet i behold.

Batteriers effektivitet og levetid afhænger i praksis af brugsmønstret, men generelt er forskellen på de almindeligste markedsførte typer:

Stationære batterityper	Anskaffelse	Energieffektivitet	Levetid ved korrekt brug
Bly/syre	Billigst	Cirka 80%	5-10 år
Li-Ion	Dyrest	>90%	>10 år

Foruden tabene i selve batteriet, sker der også tab i den elektronik der oplader og aflader batteriet. Det samlede årlige virkningsgrad for et nettilsluttet batteri kan derfor sagtens være under 70%.

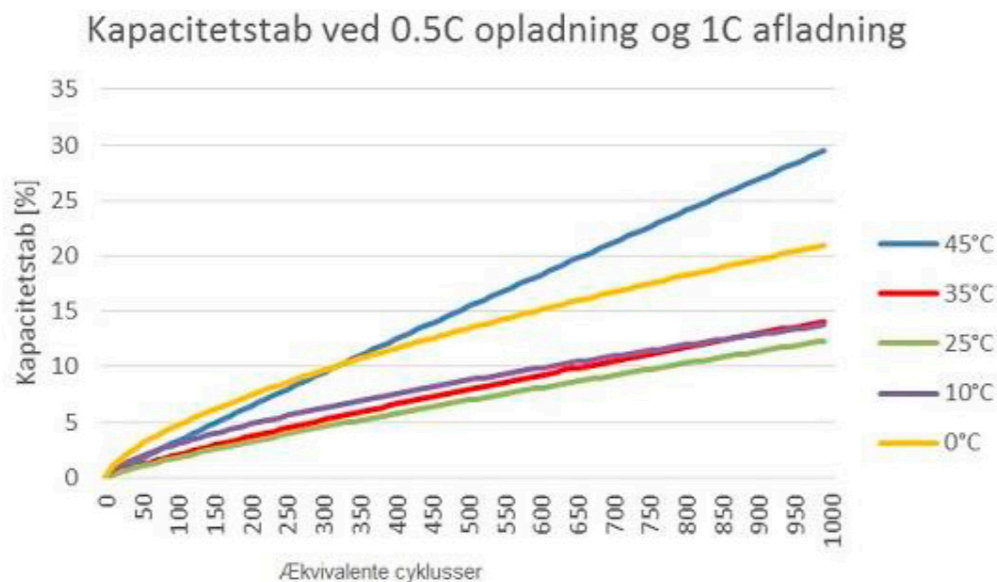


Figur 10 Eksempel på levetidens afhængighed af afladningsdybden. [EasyLi]

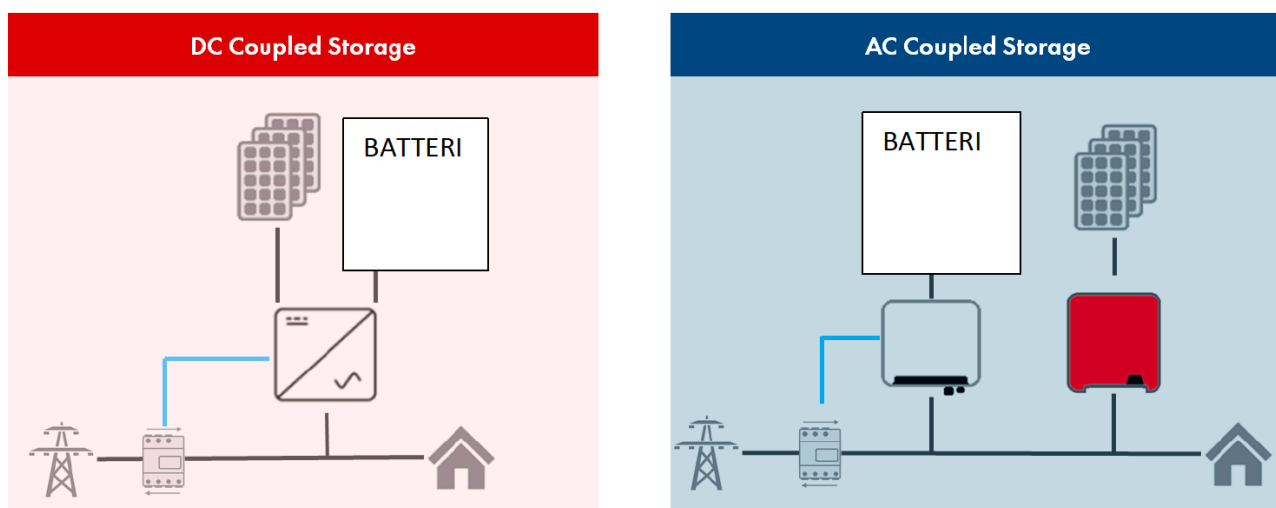
AC eller DC batteri?

Alle batterier er lagre for jævnstrøm, men for at bruge dem på nettet skal der tilkobles en vekselretter(inverter) og ladeensretter. Som regel er det bygget sammen til én enhed.

Batterilagres kapacitet måles som regel i kWh, og det er her vigtigt at se på om det er den nominelle værdi der er angivet, eller den anbefalede udnyttelsesgrad, for eksempel 60 % eller 80% af den nominelle. Især for blybatterier bør men ikke regne med en alt for høj afladning (DOD=Depth of Discharge). Det er også vigtigt at vide om lade/ afladeelektronikken er medregnet i systemets virkningsgrad.



Figur 11 Typisk kapacitetstab som funktion af tid ved cyklisk drift og forskellige temperaturer for Li-Ion batteri. Man kan typisk regne med 250 cyklusser pr år, så på 4 år vil dette batteri være degraderet med mindst 12%. [Teknologisk Institut]



Figur 12. To principper for batteritilslutning. I det DC koblede system sidder batteriet på solcelleanlæggets egen inverter. I det AC koblede system er batteriet koblet til husets eltavle via en særlig tovejs inverter. Elmåleren styrer batteriets op/afladning i forhold til det aktuelle forbrug. [SMA]

- AC koblet batteri
 - Kan tilsluttes alle installationer (med eller uden eksisterende solceller)
 - Uafhængig inverterdimensionering
 - Ekstra inverter/lader
- DC koblet batteri
 - Enklere installation, men kræver særlig solcelleinverter forberedt for batteri
 - Fylder mindre
 - Passer ikke altid effektmæssigt



Figur 13 Eksempel på et 5 kWh Batterilager bestående af 15 celler. Til højre en 10 kWh væghængt batteripakke fra Tesla [Teknologisk Institut]

Energilagring

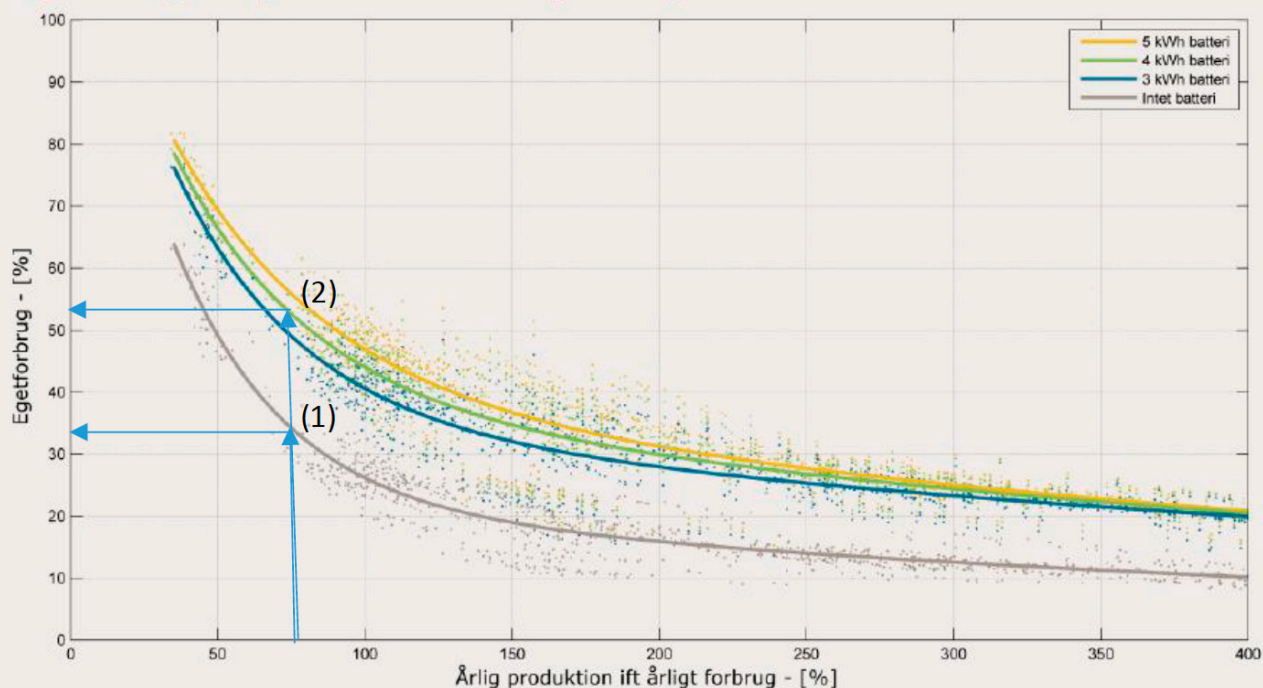
Batterier producerer ikke energi, som en vindmølle eller solceller – eller sparer energi, som isolering eller nye vinduer, så batterierne giver ikke en energibesparelse. Men i og med man med batterierne gemmer solcelle-strøm, til man selv kan bruge det, i stedet for at købe el fra nettet, så giver batterierne en økonomisk gevinst. Hvor meget man sparer, kommer an på forskellen på købs- og salgspris på elektricitet.

Dimensionering

Det vil typisk være økonomien der bestemmer hvor store batterier der skal investeres i. Det skal være stort nok til at samle så meget overskudsstrøm som muligt på en solskinsdag, men det skal heller ikke stå tomt en stor del af året. En tommelfingerregel er at kunne gemme 1 times fuld elproduktion eller det natlige elforbrug.

Et typisk 6 kWp solcelleanlæg kan som eksempel producere omkring 30 kWh på en god solskinsdag.

Egetforbrug for ejere af solcelleanlæg med og uden batterier



Figur 14 Selv et beskedent batteri giver en betydelig forøgelse af den egetforbrugte andel sol-el ved timeafregning. [Energinet.dk]

Hvis der bruges en separat batteriinverter, kan denne med fordel dimensioneres til cirka halvdelen af solcelleinverterens effekt for at undgå for mange driftstimer med lav belastning og dermed dårlig virkningsgrad.

Eksempel 1: (se grafik)

Årligt elforbrug: 4000 kWh. Elproduktion fra solceller: 3000 kWh svarende til 75% af elforbrug.

Egetforbrugt andel solcelle-el uden batteri:	ca. 33% (1)
Egetforbrugt andel solcelle-el med 4 kWh batteri:	ca. 53% (2)

Forskel i kWh: 20% af 3000 kWh = 600 kWh som altså ikke længere skal sendes ud og købes tilbage fra nettet men kan bruges direkte fra solcelleanlægget.

Udførelse

Ved installation af batterisystemer med opladede celler er der tale om arbejde under spænding og de dertil gældende regler for personbeskyttelse skal følges.

Myndighedskrav

Der er registrerings- og tilslutningskrav fra Energinet for batterianlæg siden juni 2017, omfattende alle anlæg/ elbiler der kan aflades ind i installationen. (Teknisk Forskrift 3.3.1) Anlæg skal fx:

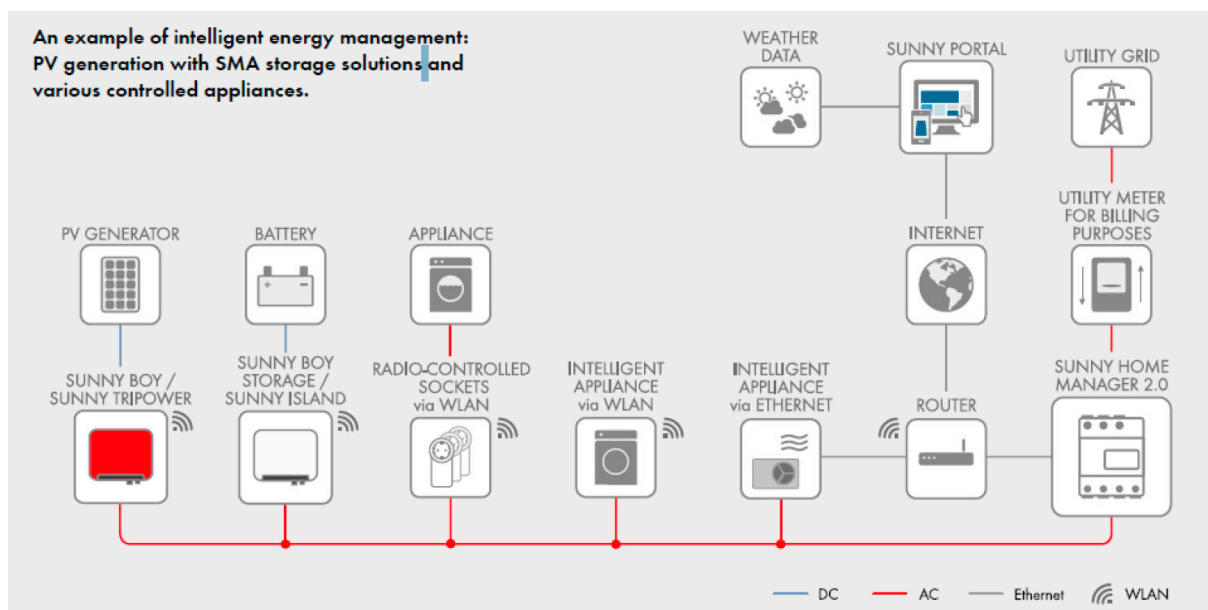
- Overholde krav til spændingskvalitet, flicker, harmoniske mv.
- Agere korrekt ved høj og lav netspænding og netfrekvens
- Kunne styres eksternt (afhængig af effektstørrelse)

Energiindholdet i batterierne er steget betragteligt med litium-ion teknologien. Dette giver helt nye udfordringer med hensyn til sikkerhed og størrelsen på laderne. Med litium-ion-teknologien fulgte også nye risici for brand i batteriet, hvis spændingen kommer uden for det mulige driftsområde. Sikkerheden er afhængig af en nøje overvågning af hver battericelle, så batteriet afbrydes inden der opstår fare. Selv små Li-ion batterier har normalt et elektronisk Battery Management System (BMS).

Eltilslutning mm

Måler

Batterier til solcelleanlæg tilsluttes til elnettet på forbrugssiden af elmåleren. Tilslutning sker enten via solcelleanlæggets inverter, eller en særskilt batteriinverter på en eller flere faser. De fleste markedsførte "egetforbrugssystemer" kræver at der installeres en ekstra elmåler, som kan registrere ind- og udgående el, og herudfra fortælle om batteriet skal oplades eller aflades.



Figur 15 Eksempel på intelligent energistyring i forbindelse med solceller og batterilager [SMA]. Sunny Home Manager er en ekstra elmåler som er indsat i eltavlen.

Vekselretter

Placering

Generelt bør det tilstræbes, at batterilageret placeres et tørt, tempereret og støvfrit sted af hensyn til levetid og maksimal ydeevne. Med hensyn til batterilader/inverter skal man være opmærksom på, at den ikke placeres, så den generer støjmessigt.

Kabler

Ved batterier med lav spænding (typisk 50 V) bør der ikke være for stor afstand mellem inverter/lader og batteripakken. Nogle batteripakker har spændinger omkring 500V og her er afstanden ikke så afgørende. Det er vigtigt at vælge kabler til DC med tydelig mærkning af polaritet.

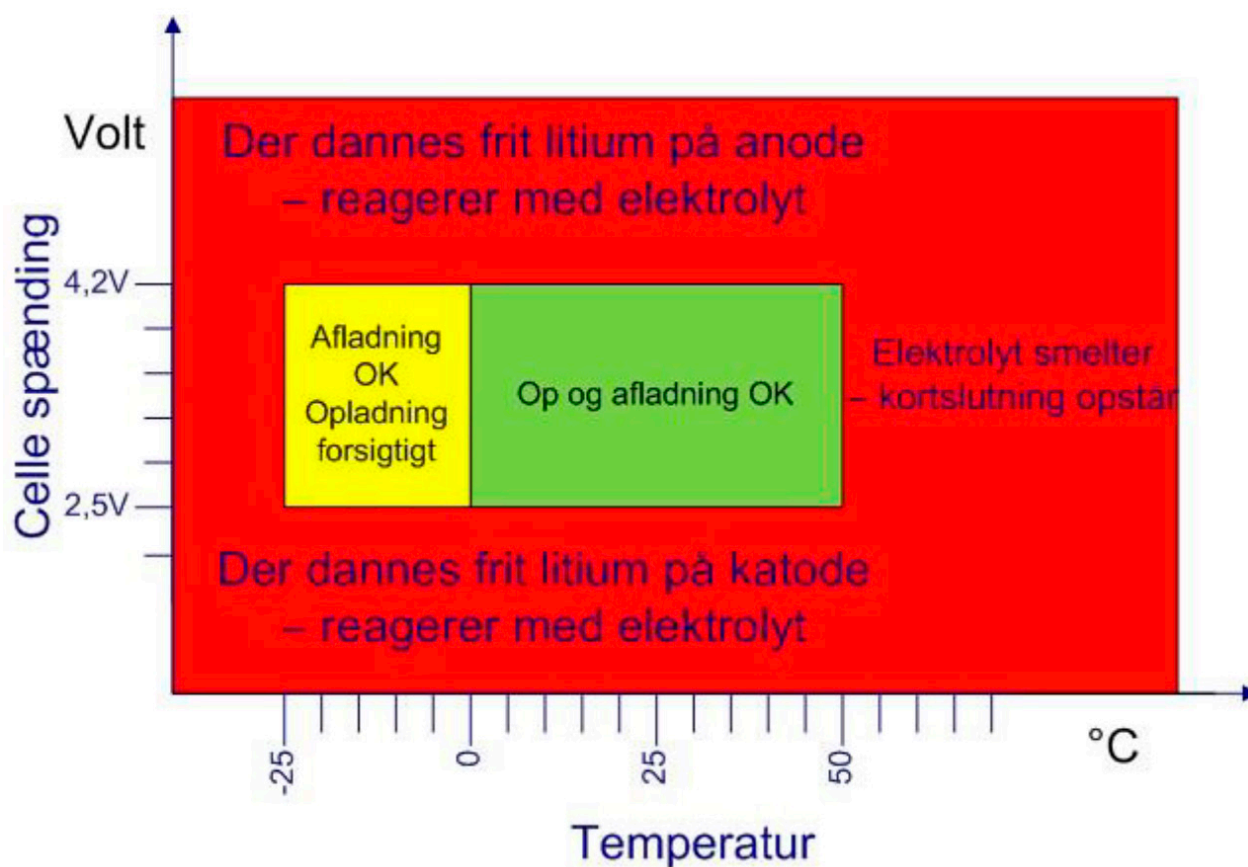
Adgangsforhold til batterilager

Batterilageret bør anbringes så det er lettilgængeligt for service og eftersyn. Alt efter batteritype kan der være forskellige krav om ventilation og brandsikring.

Temperatur

Batterier til solcelleanlæg bør installeres i et tempereret rum. Kapacitetstabet afhænger i høj grad af, hvordan batteriers bruges og ikke mindst ved hvilken temperatur, de anvendes. De fleste batterier opnår den bedste kapacitet og længste levetid, hvis de bruges ved stuetemperatur, mens især høj temperatur afkorter levetiden væsentligt. Ved en batteritemperatur på 50 °C og derover kan batteriet ældes mere end fire gange så hurtigt som ved 20 °C.

Li-Ion batterier må af sikkerhedsgrunde kun bruges indenfor et begrænset interval:



Figur 16 Li-ion batterier arbejder sikkert inden for et snævert spændings- og temperaturområde. Uden for det sikre område kan batteriet under uheldige omstændigheder bryde i brand. [Teknologisk Institut]

Funktionsafprøvning

Der stilles ingen krav til funktionsafprøvning, men der er omfattende krav om teknisk dokumentation.

Anlægget skal sluttes til elnettet af en autoriseret elinstallatør.

Der er ingen specifikke krav i bygningsreglementet til batteriets effektivitet eller kapacitet.

Installationer, som kan medføre en særlig risiko for brand, skal placeres og udføres i bygningen, så risikoen for, at en brand opstår og spredes, minimeres.

Eftersyn

Batterianlæg bør kontrolleres visuelt med for eksempel nogle måneders mellemrum for at se eventuelle tegn på korrosion, temperaturskader eller andet der kan indikere et begyndende nedbrud. I systemer med BMS på celleniveau vil celler med unormal spænding eller temperatur blive registreret automatisk og en alarm afsendt.

Kilder

- TF 3.3.1 Batterianlæg. Teknisk Forskrift for batterianlæg tilsluttet transmissions- og distributionsnettet. Energinet 2017
- Solceller og batterier i Danmark, version 2. Energinet 2016
- Safe BESS project: <https://www.teknologisk.dk/ydelser/anbefalinger-til-husstands-batterier/40140>
- Anbefalinger ved installation af batterianlæg. Tekniq
- Teknologisk Institut