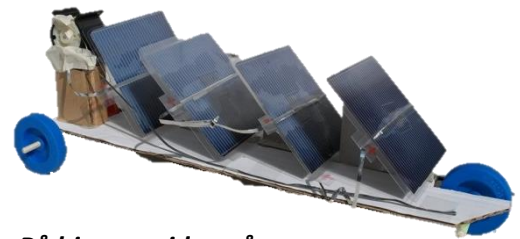




Solenergi og solceller- teori

Innholdsfortegnelse

Solenergi er fornybart – men hvorfor?	1
Sola -Energikilde nummer én	1
Solceller - Slik fungerer det.....	3
Strøm, spenning og effekt – ampere, volt og watt	5
Serie- og parallellkobling.....	6
Virkningsgrad - Noen panel er bedre enn andre.....	7



På hjemmesiden vår

www.ungenergi.no/undervisningsmaterieell

finner du blant annet regneoppgaver og praktiske oppgaver knyttet til solcellepanel. Du kan også se hvordan du bygger din egen solcellelader eller solcellebil.

Sola -Energikilde nummer én

Sola er uten tvil vår største og viktigste energikilde. Den gir varme, lys og ikke minst energi. Energien fra sollyset er opphavet til nesten alle andre energikilder vi har her på jorda, både fornybare og ikke-fornybare. Fotosyntesen, en av naturens viktigste kjemiske prosesser, ville ikke fungert uten sollys. Uten fotosyntese, ville vi hatt et svært beskjedent planteliv, som igjen hadde satt en stopper for fossile brennstoff som kull, olje og gass. Sollys er også med på å varme opp luft, noe som fører til lokale høy- og lavtrykk som igjen skaper vind. Vinden er videre med på å lage bølger i havet. Sola er i tillegg til alt dette en fornybar energikilde, såfremt den fortsetter å brenne!



Sola er en ganske alminnelig, tung stjerne. Så lenge den brenner vil det frigjøres fornybar energi som vi kan nyttiggjøre oss på jorda.

Solenergi er fornybart – men hvorfor?

Du tenker sikkert at fornybare energikilder er energikilder med kontinuerlig tilførsel av ny energi. Det er riktig.

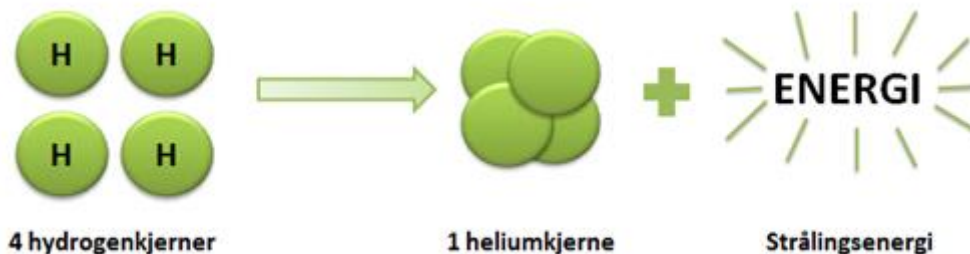
Ser vi energikildene i et meget langt perspektiv er sola en av de få energikildene som ikke er fornybar. I et slikt perspektiv er derimot fossilt brensel (inkludert olje) fornybart.

En dag vil sola gå tom for brennstoffet hydrogen, og slutte å brenne. Sola er minst 4,5 milliarder år gammel og vil lyse med omtrent samme styrke som i dag i ytterlige 5 milliarder år. Sola har altså svært lang levetid, og det er derfor den regnes som fornybar.

Det er riktig at fornybar energi kommer fra energikilder med kontinuerlig tilførsel, men innenfor et vist tidsrom. Fornybare energikilder er definert som **«energikilder som kan fornyes i løpet av 100 år»**.

Termodynamikkens første lov sier at “energi hverken kan skapes eller forsvinne, kun endre form”, samtidig sier vi at sola er opphavet til energikildene våre. Hvordan er dette mulig?

Sola er en ganske alminnelig, tung stjerne, og som de fleste andre stjerner er den hovedsakelig bygd opp av hydrogen og helium. I sentrum av sola er det hele 15 millioner grader celsius og trykket er svært høyt.



På sola “produseres” energi ved at hydrogenkjerner *fusjonerer*. Det betyr at de smelter sammen. Fire hydrogenkjerner (kjernen består av protoner og nøytroner) og to elektroner blir til en heliumkjerne. Vis vi studerer periodesystemet ser vi at hydrogen er grunnstoff nummer 1, og at atommassen til hydrogen er 1,008. Helium er grunnstoff nummer 2 og har atommassen 4,003. Når fire hydrogenkjerner smelter sammen skulle man kanskje anta at atommassen ble firedoblet, altså $4 \times 1,008 = 4,032$, men slik er det ikke. Heliumkjernen har en masse på 4,003 (se periodesystemet).

De fire hydrogenkjernene og de to elektronene har til sammen mer masse enn den nye heliumkjernen. Det blir dermed masse “til overs”. Denne massen frigjøres som strålingsenergi som sendes ut i verdensrommet og blant annet treffer jorda. Energien har altså vært der hele tiden, lagret inne i hydrogenkjernene, men istedenfor å si at den skapes sier vi at den frigjøres. Denne beskrivelsen av fusjon på sola er veldig forenklet. Dersom du velger fysikk 1 som valgfag i videregående skole, vil du lære mer om dette emnet.

1 H 1,008 Hydrogen	2 He 4,003 Helium
------------------------------------	-----------------------------------

Atommassen

1 H 1,008 Hydrogen	1 H 1,008 Hydrogen	2 He 4,003 Helium	$ \begin{array}{r} 1,008 \\ + 1,008 \\ + 1,008 \\ + 1,008 \\ \hline = 4,032 \neq 4,003 \end{array} $
1 H 1,008 Hydrogen	1 H 1,008 Hydrogen		

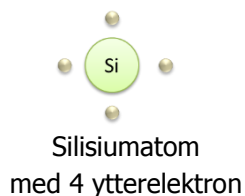
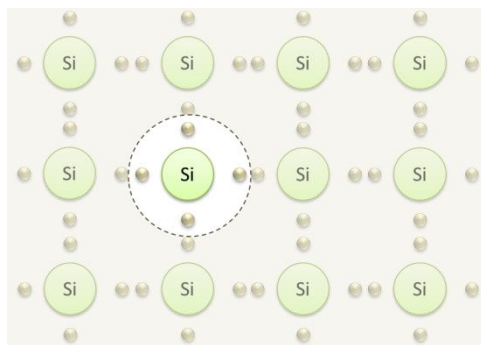
Vi mennesker har lært oss å utnytte energiproduktene (mat, fossilt brensel, vind, bølger osv) fra sollys. En kan likevel lure på om det ikke hadde vært bedre å benytte seg av sollyset direkte. Ved hjelp av solcellepanel og solfangere er dette blitt en realitet. Hvis 1 % av jordas ørkenområder hadde vært dekt av solcellepanel, ville det, i seg selv, vært nok til å produsere energi til hele jordens befolkning. Teknologien og kostnadene per panel setter dessverre en stopper for å gjennomføre noe slikt.

Solceller - Slik funker det

Solcellepanelet

Omkring 95 % av alle solceller som blir produsert i dag lages av silisium. For å forstå hvordan et solcellepanel virker, må vi derfor først se litt nærmere på dette grunnstoffet.

Silisium er grunnstoff nummer 14, og har 4 elektroner i det ytterste skallet. Silisium og alle andre stoffer ønsker å oppfylle oktettregelen, som vil si å ha 8 elektroner i det ytterste skallet. Silisium er et grunnstoff hvor atomene er bundet til hverandre i et krystallgitter. I gitteret deler naboatomer elektronene mellom seg, og på denne måten får alle atomene 8 elektroner i det ytterste skallet (de oppfyller oktettregelen).

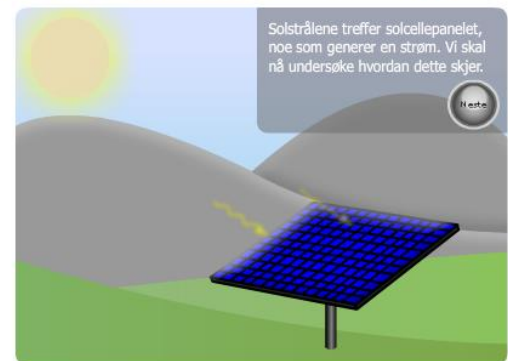


Silisiumgitter

Et slikt krystall leder i utgangspunktet elektrisk strøm dårlig. Ved å *dope* silisium, det vil si tilsette små mengder av andre materialer, kan vi endre egenskapene til silisium slik at det blir svakt ledende.

I ei solcelle er silisiumet som regel dopet med bor (atomnummer 5) og fosfor (atomnummer 15). Når vi doper silisium med bor, blir det "mangel" på elektroner (de fyller ikke opp alle ytterskallene). Bor har nemlig bare tre elektroner i ytterste skall, mens silisium som sagt har fire. Dette kalles for p-doping, positiv doping, fordi det blir ledige elektronposisjoner i gitteret. Disse ledige posisjonene kaller vi "hull". Det betyr ikke at materialet er "positivt ladet", p-dopet materiale er fortsatt elektrisk nøytralt. (Det har beholdt alle protoner og elektroner og er altså ikke et ion.)

Hvordan virker solceller?



(Animasjon laget av UngEnergi)

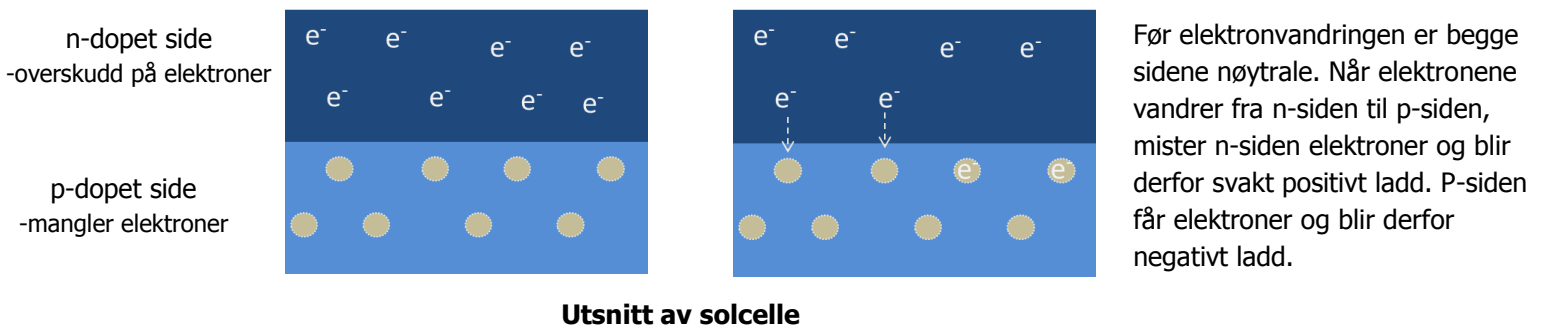
På www.ungenergi.no/fornybar-energi/solenergi/hvordan-virker-solceller/ finner du en animasjon som på en enkel måte gir en oversikt over hvordan solcellepanelet fungerer.

Det motsatte skjer når vi tilsetter fosfor. Siden fosfor har fem elektroner i det ytterste skallet vil det bli overskudd på elektroner. Dette er n-doping, altså "negativ doping". Elektronene som blir til overs i gitteret lar seg lett flytte på. Også n-dopet silisium er elektrisk nøytralt.

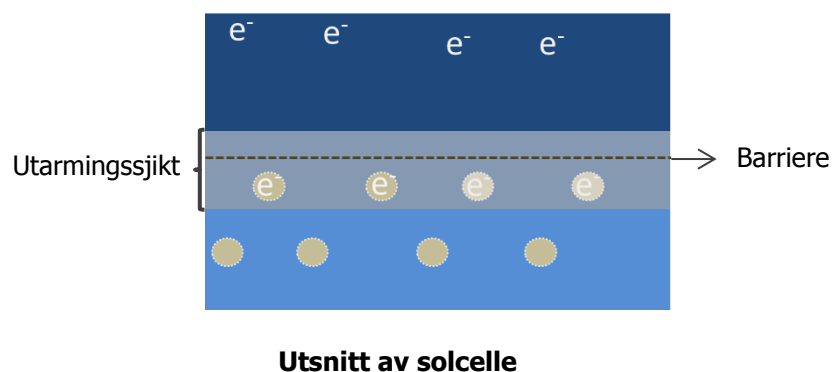
Ei solcelle er p-dopet med et tynt n-dopet lag nærmest overflaten som skal belyses.



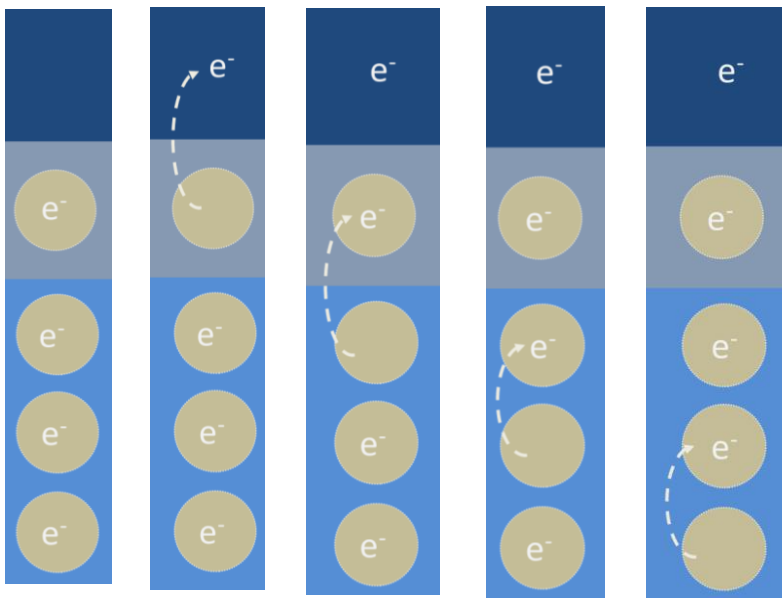
Fordi n-siden av solcellen har overskudd av frie elektroner, og p-siden har for få, vil en del av elektronene flytte seg over fra n- til p-siden. Vi kan se for oss at overskuddselektronene i det n-dopede materialet blir tiltrukket av de ledige hullene i de p-dopede materialet. Etter hvert som elektronene forflytter seg over grensen til det p-dopede materialet vil den n-dopede delen bli positivt ladet, mens p-siden som får elektroner blir negativt ladet. Vi får en ladningsforskjell mellom n- og p-siden, n-siden blir svakt positiv og p-siden svakt negativ.



Når de frie elektronene finner ledige plasser i hullene på p-siden vil det i et tynt sjikt mellom n- og p-siden være svært få frie ladninger, vi kaller dette sjiktet et "utarmingssjikt". Utarmingssjiktet fungerer isolerende. Fordi det er en ladningsforskjell over sjiktet og sjiktet har svært få frie ladningsbærere sier vi at det dannes en barriere mellom den n-dopete siden og den p-dopete siden. Til slutt vil denne barrieren hindre at flere elektroner forflytter seg mellom n- og p-siden, og det oppstår en balanse.



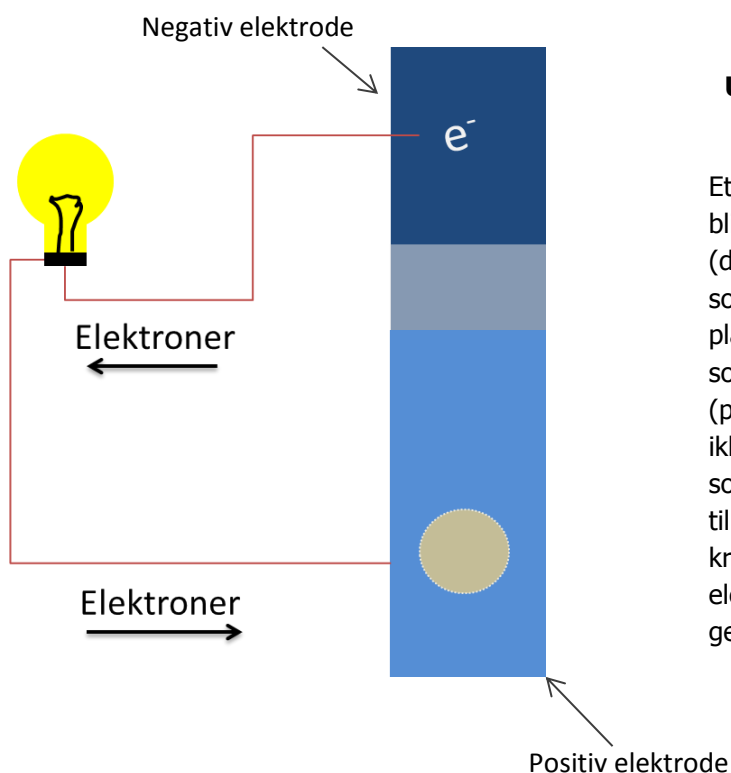
Energien fra et lysfoton har likevel mulighet til å slå løs elektroner i utarmingssjiktet. Spenningen (potensialforskjellen) over sjiktet gjør at elektronene som slås løs raskt beveger seg over mot n-siden. Hullet som oppstår når elektronet slås løs, fylles av elektroner fra p-siden. Da dannes det et nytt hull på p-siden som fylles av et annet elektron. På denne måten beveger hullet seg innover i p-siden. Hvis solcellepanelet er koblet opp i en sluttet krets, vil elektronet forflytte seg gjennom denne og tilbake til p-siden. Skjer dette gjentatte ganger, får vi generert en strøm.



Utsnitt av solcelle

Denne rekken med figurer illustrer hvordan hullet beveger seg innover i p-siden. "Kjedereaksjonen" starter når et lysfoton slår løs et foton i utarmingssjiktet.

Det n-dopede sjiktet (oversiden av solcellen) er tynt i forhold til p-området, slik at lyset når inn i utarmingssjiktet.



Utsnitt av solcelle koblet opp i en sluttet krets

Etter elektronhoppene vist i illustrasjonen over blir det et overskudd av ladninger på n-plata (den negative elektroden på oversiden av solcellen) og et underskudd av ladninger på p-plata (den positive elektroden på undersiden av solcellen). Men på grunn av spenningsforskjellen (potensialforskjellen over utarmingssjiktet) kan ikke elektronene vandre tilbake igjen. Kobler vi solcellen opp i sluttet krets, som vist på figuren til venstre, vil elektronene forflytte seg gjennom kretsen og til hullene i p-plata (positive elektroden). Skjer dette gjentatte ganger får vi generert strøm.

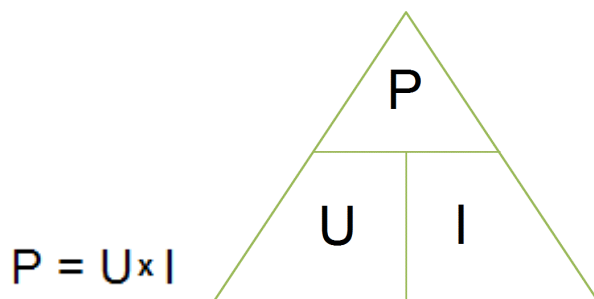
Strøm, spenning og effekt – ampere, volt og watt

Solcellepanelet generer elektrisk strøm. En elektrisk strøm er elektroner i bevegelse.. Når kretsen er sluttet beveger elektronene seg i kretsen. Jo flere elektroner som strømmer gjennom lederen, jo sterkere er strømmen. Måleenheten for elektrisk strøm er ampere (A) og symbolet som benyttes i formler er I.

Elektrisk spenning er kraften elektronene blir dyttet med, eller trykket. Måleenheten for elektrisk spenning er volt (V) og symbolet som benyttes i formler er U.

Vi kan sammenligne strømmen av elektroner i lederen med vanndråpene i en hageslange. Jo flere vanndråper som strømmer gjennom slangen, jo mer vann. Lavt trykk i vannslangen gir en svak stråle, mens et høyt trykk gir en sterk stråle. Flere elektroner i bevegelse gjennom lederen gir sterkere strøm. Øker vi trykket (spenningen) vil vannet strømme raskere og mer vann går gjennom slangen (mer strøm gjennom ledningen).

De fleste elektriske apparater omdanner elektrisk energi til en annen energiform. En kokeplate omdanner elektrisk energi til varme (termisk energi). På elektriske apparater står det ofte hvor mange watt de "bruker". Watt (W) er energi pr. sekund. En kokeplate på 1500 W omdanner 1500 W elektrisk energi til 1500 W termisk energi (i løpet av et sekund). Watt er altså måleenheten for effekt, som er definert som arbeid (energi) utført per tidsenhet. Effekt er altså et mål på hvor fort energien overføres. Når vi kjenner spenningen og strømstyrken kan vi regne ut effekten. I formler benyttes symbolet P (fra engelsk Power) for effekt.



Serie- og parallellkobling

Et solcellepanel består av flere solceller som er seriekoblet. Seriekobling betyr at cellene er koblet etter hverandre. Dette gjøres ved å koble den negative polen på den første cellen til den positive polen på den neste cellen. Når cellene seriekobles øker spenningen. Dersom man doubler antall solceller i seriekobling, dobles også spenningen. Formelen $P = U \times I$ forteller oss at når spenningen (U) øker må også effekten (P) øke.

Ved å koble sammen flere solcellepanel og øke arealet kan vi øke effekten ytterligere. Dette gjøres ved å parallellkoble panelene. Parallellkobling betyr at panelenes positive poler kobles sammen og at panelets negative poler kobles sammen. Ved parallellkobling påvirkes ikke spenningen, men sammenkoblingen gir økt strøm. Økt strøm gir økt også effekt, $P = U \times I$.



Seriekobling - øker spenningen
Parallellkobling - øker strømmen



Disse solcellepanelene i skjærgården utenfor Stockholm består av seriekoblede solceller. Solcellepanelene er parallellkoblet. Slik oppnår man ønsket spenning og høy effekt.

Virkningsgrad - Noen panel er bedre enn andre

Noen solcellepanel fungerer bedre enn andre til tross for at de har samme areal. Vi sier at de har høyere *virkningsgrad*. Det betyr at de klarer å omdanne en høyere prosentandel av energien fra sola til elektrisk energi.

Virkningsgraden er definert som forholdet mellom avgitt elektrisk effekt og mottatt lyseffekt.

Dette er et enhetsløst tall (tall uten benevnning) mellom 0 og 1, men oppgis ofte i prosent. Den generelle formelen for virkningsgrad er effekt ut/effekt inn. For solceller tilsvarer dette forholdet mellom soleffekt inn (solinnstråling) og elektrisk effekt ut (produsert strøm).

$$\frac{\text{Elektrisk effekt}}{\text{Lys effekt}} \times 100\%$$

Et silisiumpanel har normalt en virkningsgrad på 16-20 prosent. Ved bruk av andre materialer har man klart å fremstille solcellepanel som har oppnådd en virkningsgrad på litt over 40 % i laboratorieforsøk, men slike panel er svært kostbare og ikke økonomisk lønnsomme.