

KAPITEL 17



FIGUR 132. Moderne villa oplyst med energibesparende LED-lys. Shutterstock.

LED – BIDRAGER TIL MINDRE ENERGIFORBRUG

LED-BELYSNING – EN DEL AF DEN GRØNNE ENERGIREVOLUTION

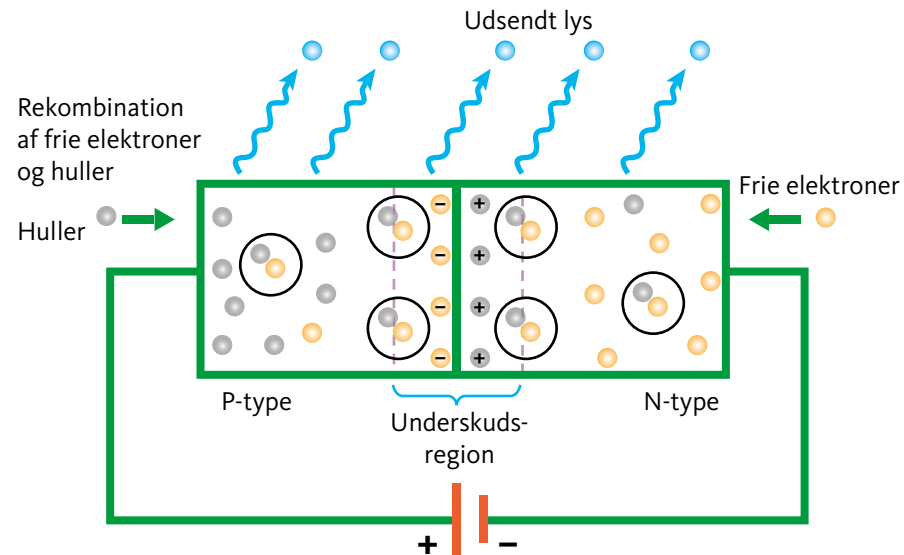
Light Emitting Diodes eller LED-lamper er blevet en almindelig del af vores belysning, både hjemme, til gadebelysning, i bygninger, til biler, cykler, i lommelygter, som baggrundsbelysning i smartphones og computerskærme og meget andet. Der er tre væsentlige årsager til LED-lampernes popularitet:

- De bruger meget lidt energi.
- Enhederne kan laves i meget små størrelser.
- De har levetid på op til flere tusinde timers brug.

Det gør dem anvendelige til mange forskellige formål, og i løbet af meget få år er LED-teknologien blevet den dominerende lyskilde og har overtaget markederne for de traditionelle glødelamper og fosforescerende lamper.

LED ER IKKE EN NY TEKNOLOGI

LED-lamper består af dioder, der udsender lys. Man kan sige, at lampen virker som en omvendt solcelle, hvor strøm sendes



gennem en diode, hvorved der dannes lys. Dioden består af plader af halvledere (typisk silicium, germanium, selen og gallium), som er konstrueret, så der er overskud af elektroner på den ene side og underskud på den anden side. Når der sættes spænding hen over halvlederen, bevæger de overskydende elektroner (p-laget) sig mod området med underskud af elektroner (n-laget) og mod den positive pol, hvorved der skabes strøm igennem halvlederen (figur 133). Det kaldes for elektroluminescensprincippet. Lysets bølgelængde, og dermed farven på lyset,

FIGUR 133. Princippet i LED-belysning er, at der dannes fotoner, lys, når der tilføres en elektrisk strøm. Denne proces kaldes elektroluminescens. Fotonerne dannes, når elektroner på deres vej igennem et ledende materiale tvinges til at gå ned i energiniveau, hvorved der sker en energiudladning i form af fotoner. Lysdioden, LED-lampen, er konstrueret så den optimerer udladningen af fotoner. Efter PRE (u.å.).

bestemmes af typen af halvleder, der anvendes i dioden.

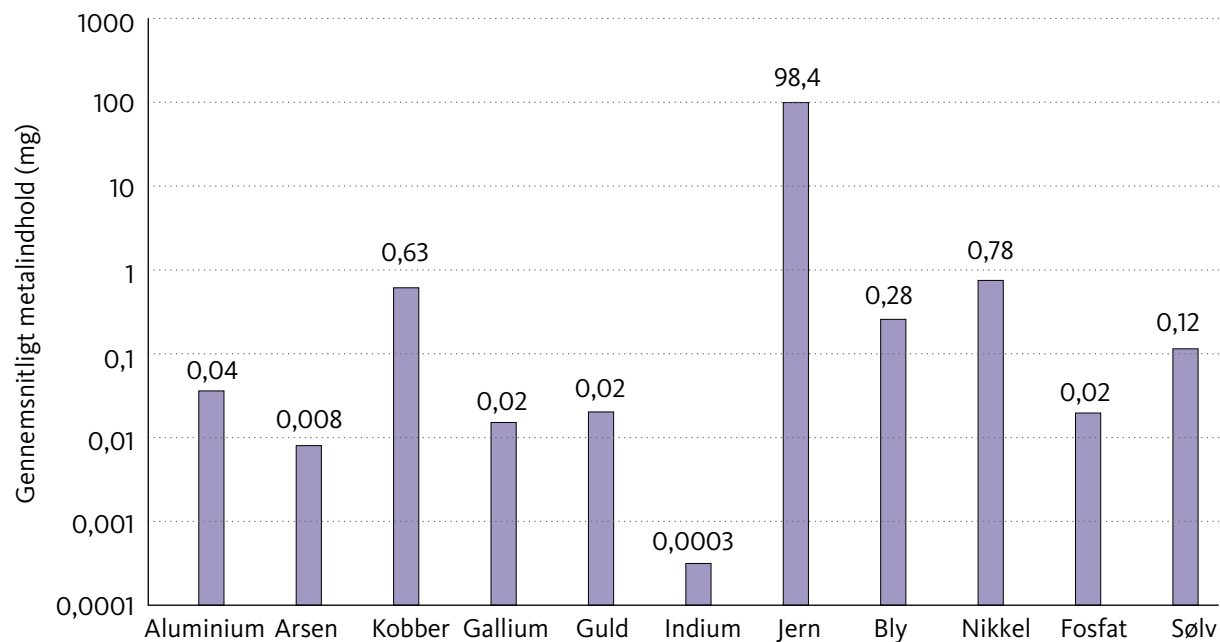
INNOVATION I BELYSNINGSTEKNOLOGIEN

Udviklingen af LED-teknologien er et eksempel på, at der kan være lang vej fra forskeres første påvisning af bestemte årsagssammenhænge til, at de kan udnyttes industrielt.

De første opdagelser, som senere har ført til LED-teknologien, blev allerede beskrevet i 1927 af den russiske fysiker Oleg Losev.

I 1960'erne begyndte amerikanske forskere at interessere sig for teknologien, men først i 1976 blev LED-teknologien brugt til telekommunikation i lysledere. Der skulle gå yderligere nogle år, inden man havde fundet metoder til at frembringe hvidt lys, og i 1990'erne begyndte forskellige industrier at se de tekniske fordele i LED.

Derefter skete udbredelsen meget hurtigt, og i de senere år er LED-lamper blevet særligt efterspurgt på grund af deres lave energiforbrug, og udskiftningen af konventionelle lamper med LED kan bl.a. bidrage til at nedbringe CO₂-udslippet.



RÅSTOFFERNE TIL LED-LAMPER

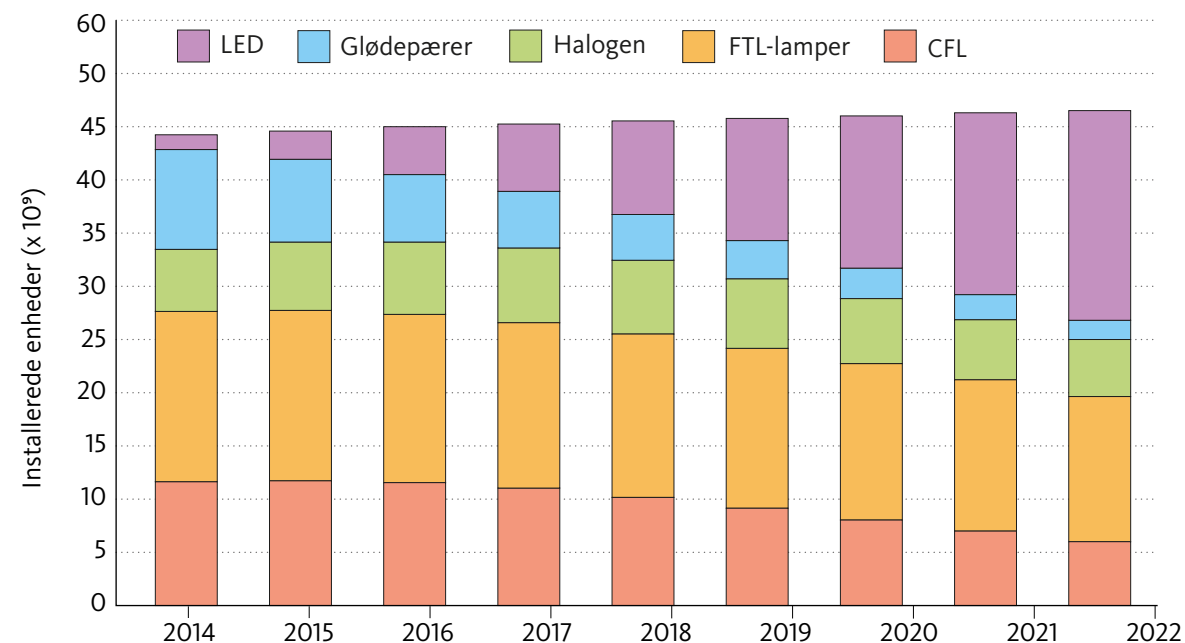
Der er mange forskellige typer af LED-lamper, og med det følger også, at der skal bruges mange forskellige råstoffer for at lave de materialer, som lamperne fremstilles af. Silicium og kobber til henholdsvis glas og strømledere er de råstoffer, der skal bruges mest af til fremstillingen af LED-lamper. Herudover er der nogle råstoffer, som ikke kan undværes, og som kan være svære at skaffe, fx de sjældne jordartsmetaller europium og

FIGUR 134. Indholdet af udvalgte metaller som bruges til LED-lamper. Tallene er fra 2011, og der kan være store forskelle i forhold til indholdet i de LED-lamper, der fremstilles i dag, men den slags informationer betragter producenterne som forretningshemmeligheder. Efter Ticleanu & Littlefair (2011).

yttrium samt gallium, germanium og indium. Disse råstoffer tilfører materialerne forskellige lysbrydende egenskaber og bestemmer farven af det lys der udsendes.

De virksomheder, der fremstiller LED-produkter, anser deres forbrug af råstoffer som forretningshemmeligheder, og derfor ved vi ikke meget om, hvor store mængder af de forskellige råstoffer der bliver brugt til produktionen af LED-lamper. Ældre data kan dog give en idé om forbruget. For eksempel blev der i 2011 brugt mindre end 1 mg af de lysgivende råstoffer til hver LED-lampe (figur 134). I dag er forbruget formentlig mindre pr. produceret enhed, men antallet af enheder er til gengæld markant større.

Allerede i 2014 blev omkring halvdelen af den samlede produktion af råstofferne europium, yttrium, gallium og indium anvendt til LED-lamper. Med den stigende LED-produktion øges denne andel formentlig, og konkurrencen om disse vigtige råstoffer bliver hårdere. Derfor arbejder LED-industrien på at finde alternative råstoffer, som er lettere at få fat på, samt på at finde metoder som kan nedsætte råstofforbruget. Dette udviklingsarbejde har allerede medført et



stort fald i forbruget af europium og yttrium. Til gengæld er forbruget af indium og især gallium vokset.

Forskerne forventer, at den næste generation af LED – benævnt 'organic LED' (OLED) kommer på markedet omkring år 2025. Det vil betyde større forbrug af indium og mindre forbrug af europium, mens yttrium måske helt udfases.

FIGUR 135. Elbelysningen i verden består af forskellige typer af lamper, fordi der kommer nye teknologier på markedet inden de 'umoderne' er faset helt ud.

Her ses den forventede udvikling fra 2014 til 2022. LED-teknologien forventes for alvor at vinde indpas frem mod 2020, samtidig med at CFL og glødepærer udfases. Efter The National Academies Press (2017).

TEKNOLOGIEN BESTEMMER RÅSTOFFERNE – OG DET SKIFTER HURTIGT

Når en virksomhed laver nye modeller af en vare, betyder det næsten altid, at der er ændret i opskrifterne på de materialer, der bruges og måske er der endda introduceret helt nye materialer. Dermed kommer nye råstoffer i spil, mens andre måske bliver udfaset.

Dette er også tilfældet for det, vi normalt omtaler som elpærer eller glødepærer. Man brugte i mange år elpærer, som lyste, når der blev sendt strøm igennem en glødetråd af wolfram; herudover blev der brugt kobber til fatningen, noget bly, molybdæn og glas til selve kobben, som holder wolframtråden i vakuum. Denne type elpærer blev i 1980'erne delvist afløst af Compact Fluorescent Lamp (CFL), ofte omtalt som 'neon-lamper' eller sparepærer. CFL-lamperne fungerer ved, at der udsendes lys, når der sendes strøm igennem en gas, som er monteret på en fatning. CFL-lamperne brugte ikke wolfram, men indeholdt bl.a. nogle sjældne jordartsmetaller. Fatningen var stadig af kobber. Skiftet fra at bruge den gammeldags glødepære til CFL-lampen påvirkede

H																	He				
Li	Be															B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	■ Vigtige grundstoffer til LED-industrien														Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr				
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe				
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn				
Fr	Ra	Ac																			
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu					
			Tb	Pu	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr					

efterspørgslen på råstofferne wolfram, molybdæn og sjældne jordartsmetaller. Men selvom CFL-lamperne er mere energieffektive end de traditionelle elpærer, blev de udfaset i 2016 på grund af deres indhold af miljøskadelige kviksølvgasser. Herefter steg forbruget af halogenpærer til erstatning for CFL-lamperne; det var små, kraftigt lysende pærer, som brugte glødetrådsprincippet, hvor en glødetråd lyser, når der blev sendt strøm igennem. Halogenlamperne indehol-

FIGUR 136. Vigtige grundstoffer der bruges i LED-industrien. Af MiMa (2019).

der både wolfram og nogle sjældne jordarts-metaller. Men allerede i 2018 besluttede Europa-parlamentet at udfase halogenlamperne, fordi teknologien ikke er tilstrækkelig energieffektiv. I disse år overtager LED-lamperne derfor belysningsmarkedet (figur 135). LED-lamperne indeholder meget mindre mængder sjældne jordartsmetaller end CFL-lamperne, men til gengæld en del gallium. I figur 136 ses nogle af de vigtigste grundstoffer til CFL-lamper.

Skifte i belysningsteknologier har stor indflydelse på forbruget af specifikke råstoffer og derfor også på forbruget af de råstoffer, som anvendes til fremstillingen. Opbygningen af forsyninger af råstoffer til fx belysningsindustrien tager ofte betydelig længere tid, end den tid det tager at ændre teknologien på grund af råstofindustriens lange responstider. Hvis ikke mineindustrien tilstrækkelig hurtigt når at omstille sig til de nye tider, kan man ende i en situation, hvor det kan være svært at få råstoffer nok. Dette vilkår for adgangen til råstoffer deler belysningsindustrien med andre industrier, som anvender råstoffer, som kun udbydes i små mængder.

NØGLEBEGREBER

- LED (Light Emitting Diodes)
- Glødepærer/elpærer
- Halogen
- FTL
- CFL (Compact Phosphorescent Lamp)

REFERENCER

- National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. (2017). *Assessment of Solid-State Lighting, Phase Two*. <https://doi.org/10.17226/24619>
- PRE. (u.å.). Light Emitting Diode (LED). Hentet fra <https://www.physics-and-radio-electronics.com/electronic-devices-and-circuits/semiconductor-diodes/lightemittingdiode-ledconstructionworking.html>
- Ticleanu, C., & Littlefair, P. (2011). *Metals Shortages and Their Impacts on the Long Term Feasibility of LED Supply*.