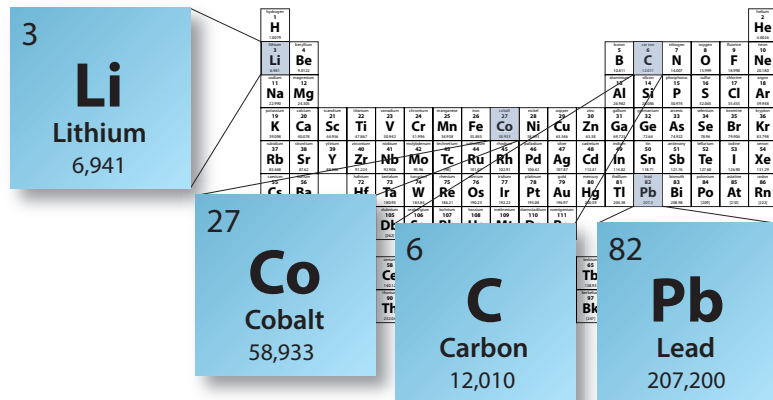
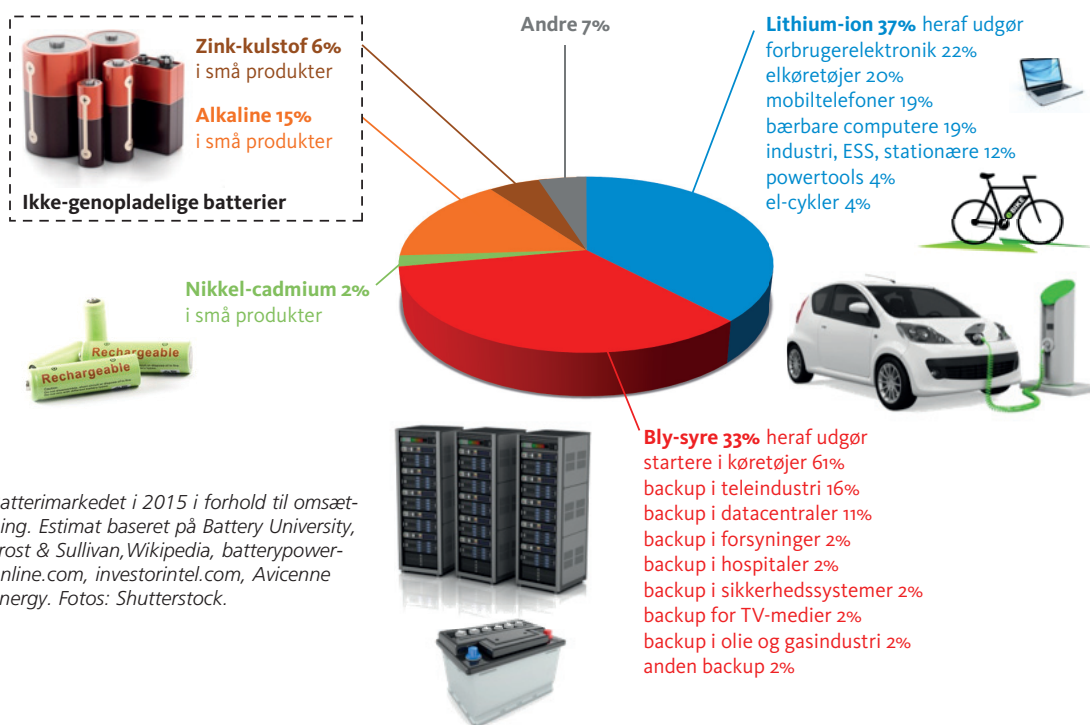


Råstoffer til batterier



Batterier giver energi til et utal af elektriske apparater og systemer, fra små høreapparater og mobiltelefoner til store elektriske apparater som startbatteriet i bilen og backupsystemer på hospitaler og telecentre. I de senere år er det især udviklingen af lithium-ion-batterier, der bl.a. bruges i el-biler og el-cykler, som har øget anvendelsen af batterier. Tendensen til øget forbrug af batterier forventes fortsat at stige de kommende 20 år. Batteriernes funktion er den samme, som da de blev opfundet for 150 år siden – at opbevare energi – men råstofferne til fremstilling af batterier har ændret sig i takt med, at nye batterityper er blevet udviklet. Stigende efterspørgsel på batterier giver øget forbrug af de råstoffer som indgår i fremstillingen af dem, herunder især bly, kobolt, lithium og grafit. For at dække råstofefterspørgslen til det hurtigt voksende batterimarked er det nødvendigt at åbne nye miner, øge genanvendelsen og etablere nye forsyningskæder.



Batterimarkedet i 2015 i forhold til omsætning. Estimat baseret på Battery University, Frost & Sullivan, Wikipedia, batterypower-online.com, investorintel.com, Avicenne Energy. Fotos: Shutterstock.

Batterityper og anvendelse

Batterier anvendes til et utal af formål, fx lommelygter, håndværktøj, smartphones, høreapparater, power tools, transportmidler eller som back-up-strømforsyning på eksempelvis hospitaler. Hvert af disse formål stiller forskellige krav til batteriets egenskaber, fx energitæthed (Wh/kg), effekt (W/kg), hvor længe apparatet skal kunne holde strøm, når det ikke bruges, strømstyrke indtil afladning, ladetid, pris i forhold til ydelse (kr./Wh), størrelse og batteriets sikkerhed. Derfor fremstilles der mange forskellige batterityper, som i varierende grad opfylder disse krav. Tre hovedtyper dominerer markedet: blybatterier, lithium-ion-batterier og alkali-batterier. Men udviklingen af nye batterityper går hurtigt, og om nogle år vil der sikkert være nye typer med andre egenskaber på markedet.

De forskellige typer af batterier anvender forskellige typer af råstoffer og opnår dermed forskellige fysiske og kemiske egenskaber:

Lithium-ion-batterier har en høj energitæthed, kort ladetid og kan holde til mange genopladninger. Derfor anvendes de især i mindre elektroniske apparater (laptops, tablets, smartphones, kameraer, el-værktøj etc.). Disse batterityper har dog i stigende omfang vundet indpas i el-biler, og netop denne anvendelse forventes snart at blive det største markedsområde for lithium-ion-batterier.

Blybatterier har lav energitæthed, høj effekt (W/kg), og så er de billige. De anvendes mest som startbatteri til biler og som back-up strømforsyning til hospitaler og andre vigtige anlæg, fordi vægt og størrelse ikke er afgørende til disse funktionsområder.

Nøgletal (2015)

Råstof	Anvendt i batterier*	Mængde [1000 ton]	Metalværdi
Bly	80%	8.500	85 mia. kr.
Kobolt	42%	72	10 mia. kr.
Lithium	35%	58	5 mia. kr.
Grafit	25%	95	4 mia. kr.
Nikkel	2%	55	3 mia. kr.
Mangan	0,5%	130	3 mia. kr.
Cadmium	86%	22	0,2 mia. kr.

Oversigt over forbruget af nogle vigtige råstoffer til batterier, med angivelse af hvor mange ton der bruges, og hvor meget batteriproduktionen udgør af råstofferne (%); desuden viser tabellen metalværdien (mia. kr.) af de råstoffer, der bruges til fremstilling af batterier.

*I forhold til den globale anvendelse af råstoffet.

Indhold af udvalgte grundstoffer i tre meget anvendte batterityper

		% Ni	% Co	% Al	% Li	% C*	% Pb	% Fe	% Zn	% Mn	% Cu
Li-ion	(NCA-grafit)	12	2,3	21	1,9	17					13
	(LMO-grafit)			22	1,4	16				11	14
Bly							59				
Alkali (Zn-Mn)								17	17	22	1

Fyldstoffer og emballage er ikke medtaget i tabellen. (NCA: Ni, Co, Al) (LMO: Li, Mn, Oxid).

*C her i form af grafit.

Alkali-batterier og de øvrige ikke-genopladelige batterier kombinerer høj effekt med, at de er små og billige. De bruges derfor især til håndværktøj, husholdningsapparater, ure, digitalkameraer, radioer, legetøj, brandalarmer, høreapparater og lignende.

Forskellige batterier – forskellige råstoffer

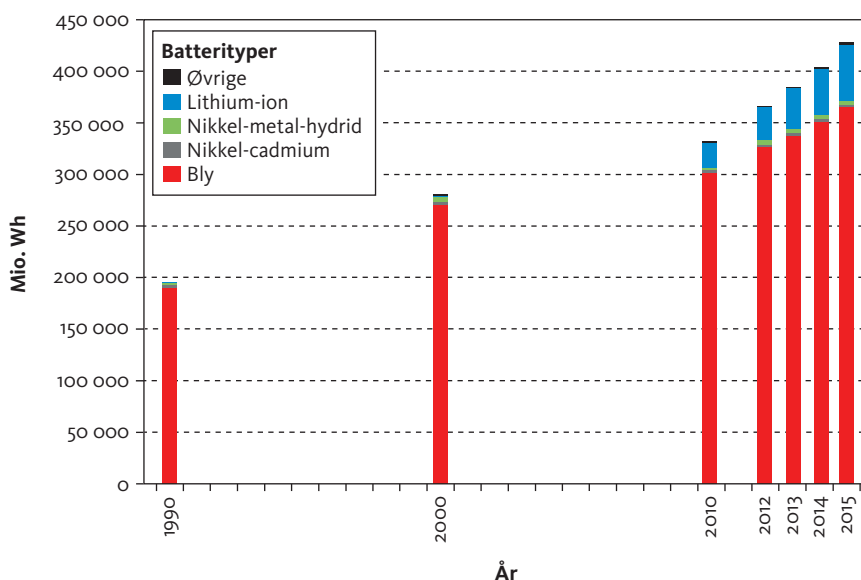
Det er som nævnt råstofferne, der er med til at give batterierne deres forskellige egenskaber. Især følgende syv råstoffer har været vigtige for batterier: bly, kobolt, lithium, grafit, nikkel, mangan og cadmium; men cadmium er under udfasning, da ændrede teknologier har gjort det muligt at udfase dette miljøskadelige grundstof.

Bly. Det meste bly brydes som biprodukt i enten zink- eller kobberminer. Efter brydningen separeres blymineralet typisk fra de øvrige mineraler i malmen, hvorefter et blymineral-koncentrat sendes fra minen til et smelteværk og derfra til raffinaderier, hvor de forskellige halvfabrikata blyprodukter fremstilles. De velbestemte geologiske bly-reserver indeholder ca. 89 mio. ton bly, hvoraf hovedparten findes i Australien (ca. 35 mio. ton) og i Kina (ca. 16 mio. ton). Herudover skønner geologerne, at der kan være yderligere ca. 2 mia. ton af ukendt kvalitet i en lang række lande.

Verdensproduktionen af bly fra minerne var i 2016 på 4,7 mio. ton. Kina er langt den største producent (49%), efterfulgt af Australien (13%), USA (8%) og Peru (6%). Der har været et lille fald i denne primære produktion af bly i de sidste 5 år, men til gengæld har fremstillingen af metallet bly været svagt stigende, og udgjorde i 2016 ca. 11,1 mio. ton, som helt svarede til efterspørgslen. Det store underskud mellem primærproduktionen og metalproduktion dækkes af en meget stor genanvendelse af bly.

Omkring 80% af blyproduktionen bruges til batterier; resten bruges i fremstilling af bl.a. plader og rør (6%), pigmenter til den kemiske industri og maling (ca. 5%). Kina har øget sin import af blykoncentrat fra ca. 0,4 mio. ton i 2001 til 1,5 mio. ton i 2016 for at dække landets behov for bly-metal til batterier.

Det er vanskeligt at regulere primærproduktionen af bly, da det meste produceres som biprodukt, og er derfor underlagt konjunk-



Udviklingen af fire almindeligt anvendte batterityper, vurderet i forhold til typernes samlede kapacitet. Kilde: Avicenne Energy.

turene for hovedprodukterne. De store og geografisk spredte reserver og den høje grad af genanvendelse betyder, at bly ikke betragtes som kritisk. Men bly er sundheds-skadeligt, og EU Kommissionen diskuterer muligheden for at forbyde produkter med et indhold af bly over en vis mængde.

Kobolt fremstilles næsten kun som biprodukt ved brydning af kobber- og nikkel-malm; derfor er det vanskeligt at tilpasse den stigende efterspørgsel på kobolt. Koboltholdige kobberforekomster findes især i DR Congo og Zambia, mens kobolt-holdige nikkelforekomster især findes i nikkel-laterit-forekomster i Australien, Ny Kaledonien og på Cuba, samt i magmatiske nikkelforekomster i Canada, Australien, Rusland og USA. De velbestemte koboltreserver udgør 7,1 mio. ton, mens de skønnede ressourcer er på omkring 25 mio. ton, samt ca. 120 mio. ton i manganknolde i oceanerne.

I 2015 producerede minerne ca. 124.000 ton rå-kobolt; DR Congo er den dominerende producent (51%), fulgt af Kina (6%), Australien, Canada og Rusland med hver 5% og Zambia (4%). Kobolt anvendes til mange formål (batterier, special-stållegeringer, magneter, kemikalier), og omkring 42% af produktionen af kobolt bruges til batterier. Denne andel forventes at vokse til næsten 50% i 2020. Det vil være en udfordring for minerne og raffinaderierne, som fremstiller de kvaliteter, der skal bruges til batterierne, at følge med en sådan stigning i efterspørgsel, og batteriindustrien vil derfor være i yderligere konkurrence med andre industrier om den mængde kobolt der fremstilles. Der sker dog en betydelig genanvendelse af kobolt. EU-Kommissionen betragter allerede nu kobolt som et kritisk råstof, hvilket især er en følge af den politiske ustabilitet i DR Congo og Kinas dominerende rolle i forsyningskæden.

Lithium udvindes både fra lithium-rige saltsøer (brines) i fx Chile og Argentina og fra lithiumholdige bjergarter i fx USA og Australien; de hyppigste lithiummineraler er spodumene og lepidolit. Samlet blev der i 2015 produceret ca. 32.500 ton lithium heraf 41% i Australien, 36% i Chile, 12% i Argentina og 7% i Kina. I disse produktioner er lithium det vigtigste produkt. Begge produktionstyper fremstiller typisk lithium-



Udvinding af lithiumholdige brines fra saltsø i Bolivia. Kilde: Yonhap News Agency.

karbonat med en renhed på 99,9% lithium, som er kravet hvis råstoffet skal bruges til produktion af Li-ion-batterier.

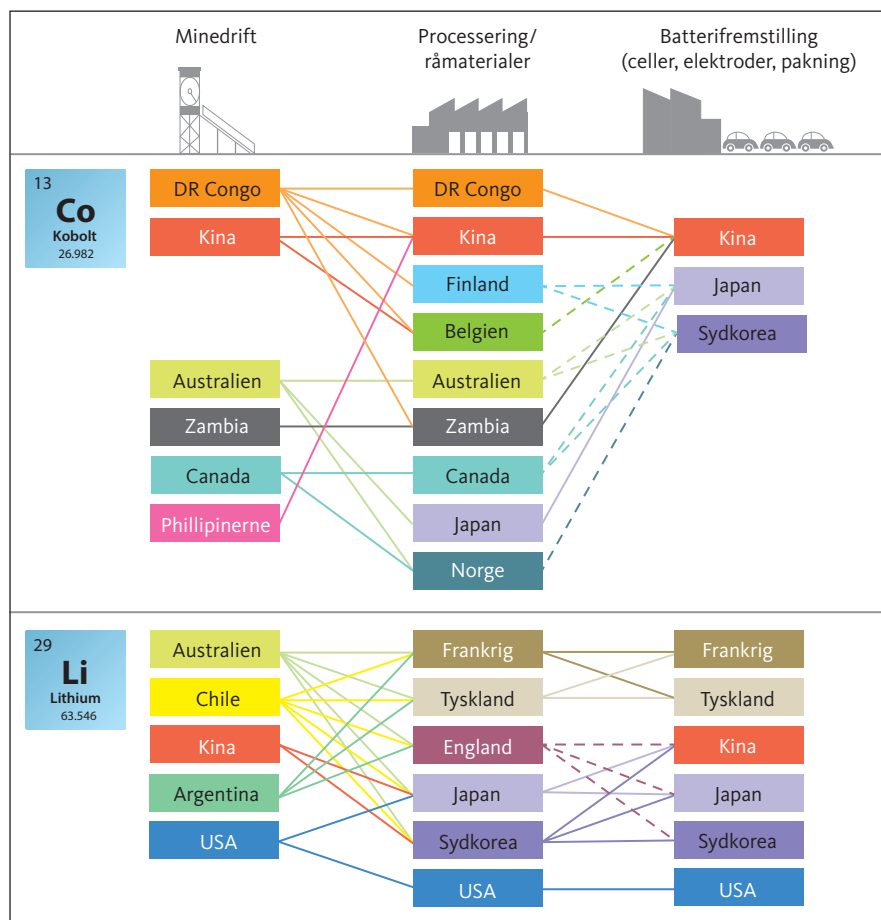
Der findes lithium-forekomster i mange lande, og der er 14 mio. ton velbestemte reserver, hvoraf hovedparten ligger i Chile (54%), Kina (23%), Argentina (14%) og Australien (11%). Hertil kommer yderligere ca. 40 mio. ton mindre velbestemte ressourcer, af hvilke halvdelen befinder sig i Chile, Bolivia og Argentina.

I 2015 blev der produceret ca. 201.000 ton lithiumkarbonat, af hvilke ca. 39% blev brugt til batterier, 24% i glas, 12% smøremidler og resten i kølesystemer, medicin, legeringer og polymerer. Efterspørgslen på lithiumkarbonat er vokset mere end 10% om året i de sidste fem år. Det er især batterifremstilling til elbilmarkedet, der er det store vækstområde for lithium, hvor efterspørgslen forventes at stige til ca. 130.000 ton i 2020; desuden har en række fabrikanten planer om også at udvikle batterisystemer til familieboliger, som vil forstærke efterspørgslen yderligere. For at afhjælpe den forventede efterspørgsel, arbejdes der på at udvikle billige og mere effektive systemer til at genanvende Li-batterier.

Kina er en stor importør af lithiumkarbonat og må forventes at dominere markedet i de kommende år. EU-kommissionen anser ikke lithium som et kritisk råstof for EU.

Grafit er et mineral, som kun består af kulstof (C). Der skelnes mellem typerne 'amorf grafit' og flagegrait; i nogle miner findes begge typer, i andre kun den ene. En betydelig del af forarbejdningen af grafitprodukter foretages i minerne, hvor der fremstilles forskellige produkter, som skræddersys til bestemte forbrugsområder. Grafitbrydning domineres af Kina, Indien og Brasilien, som står for henholdsvis 66%, 14% og 7% af de ca. 1,2 mio. ton flage- og amorf grafit, der blev brudt i 2015. Herudover findes der mindre produktioner i bl.a. Tyrkiet, Canada og Norge. De globale grafitreserver udgjorde i 2015 ca. 230 mio. ton, hvoraf Tyrkiet, Canada og Kina råder over respektive 39%, 31% og 24%. Herudover udgør den mindre velbestemte ressource ca. 800 mio. ton.

Grafit anvendes til mange forskellige formål, og batterisektoren aftager ca. 24%, ild-faste materialer (ca. 35%), smøremidler (10%) og støberier (7%); hvert anvendelsesområde har deres særlige krav. Til fremstilling af batterier bruges overvejende flagegrait, og materialet behandles af virksomheder, der er specialiseret i fremstilling af produkter til batterier. Kina dominerer i forhold til specialbehandling (spheritisation/pelletisering), og Japan spiller en dominerende rolle i de næste trin (coatningsprocessen) i forsyningskæden for grafitprodukter til batterier. I 2015 blev der brugt ca. 125.000 tons grafit, inklusiv ca. 25% syntetisk grafit. Syntetisk grafit er et konkurrerende produkt til naturlig grafit, selvom det har lidt dårligere ledningsevne. Som følge



Oversigt over forsyningskæderne for kobolt og lithium, som er vigtige råstoffer i lithium-ion-batterier. Kina og DR Congo dominerer forsyningskæden for kobolt; forsyningskæden for lithium er mere diversificeret. Figur baseret på ERT (2013).

af landekonzentrationen af primærproducenterne, og på grund af Kinas dominerende rolle i brydningen af flagegratit anses grafit som et kritisk råstof i EU. Det antages, at den forventede øgede genanvendelse ikke vil være tilstrækkeligt til at dække det voksende behov.

Råstoffer til batterier er forudsætningen for omstilling til "grøn" elektricitet

Batterier vinder indpas på flere og flere områder, og batteriteknologien udvikler sig meget hurtigt. Dette skyldes bl.a., at en række lande har truffet politiske målsætninger om udfasning af benzin- og dieseldrevne transportmidler indenfor få årtier, hvilket giver særlig stor efterspørgsel på batteriråstofferne kobolt, lithium og grafit.

Omstillingen til det batteridrevne samfund, baseret på vedvarende energikilder, forudsætter, at batteriproducenterne kan fremskaffe de nødvendige råstoffer i de rigtige mængder, kvaliteter og priser. Fremstillingen af batterier er koncentreret i Asien og særligt i Kina. Kina bryder hovedparten af verdens grafit, men de største mængder af lithium og kobolt udvindes uden for Asien, og Kina skal derfor importere disse to råstoffer.

Kilder og videre læsning

Battery Materials Value Chains:
http://www.beg.utexas.edu/energyecon/thinkcorner/CEE_Research_Note-Battery_Materials_Value_Chain-Apr16.pdf

Battery University:
<http://batteryuniversity.com/>

International Lead and Zinc Study Group:
<http://www.ilzsg.org/static/statistics.aspx?from=1>

Cobalt Development Institute:
<http://www.thecdi.com/>

Lithium production: SDGS Mineral Commodity Summaries 2016
<https://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/lithium/mcs-2016-lithi.pdf>

Graphite production and further processing:
http://www.carbonandgraphite.org/pdf/graphite_production.pdf