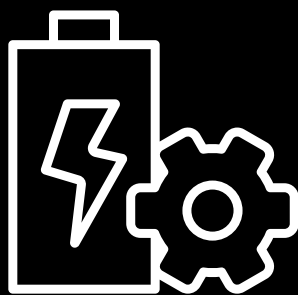


Lithiumbatterier:

Teknologi og utviklingstrender
enkelt forklart



Litiumbatterier: teknologi og utviklingstrender enkelt forklart

Dette notatet er utarbeidet av Tage Winther Maltby som en studentoppgave. Informasjonen er basert på LIB technology mapping rapport fra BATMAN prosjektet – utarbeidet av Hanne Flåten Andersen og kollegaer ved Institutt for Energiteknikk. Enkelte skisser er utarbeidet av Katarzyna Łukaszuk ved Morrow Batteries.

Content

1	Introduksjon	3
2	Hvordan et litiumbatterier fungerer	4
2.1	Viktige nøkkelord	5
3	Hvilke materialer trenger et litiumbatteri	6
3.1	Litium	6
3.2	Kobolt	6
3.3	Nikkel	7
3.4	Mangan	7
3.5	Karbon	7
3.6	Silisium	8
3.7	Kobber	8
3.8	Aluminium	8
4	Ulike batteriteknologier	9
4.1	Katodetyper	9
4.1.1	LCO	9
4.1.2	NMC	9
4.1.3	LMO	10
4.1.4	LFP	10
4.1.5	NCA	10
4.1.6	NMO/LMNO	10
4.1.7	Framtidens katoder	10
4.2	Anodetyper	10
4.2.1	Grafittanoder	10
4.2.2	LTO	11
4.2.3	Framtidens anoder	11
4.3	Elektrolytt	11
5	Gjenbruk og resirkulering	12
5.1	Gjenbruk	12
5.2	Resirkulering	12
6	Framtid og utvikling	13

1 Introduksjon

Behovet for litium batterier (LIB) vil øke massivt de kommende årene. Det blir produsert flere elektriske kjøretøy, og med flere grønne energikilder blir energilagring viktig. Verden elektrifiseres, og det forventes at batteribehovet vil være 14 ganger så høyt innen 2030. Markedet domineres foreløpig av Asia, men EU har som mål å etablere en særegen europeisk batterikjede for å sikre egenutvikling og sysselsetting.

Norge har en unik mulighet. Med tilgang til utslippsfri og fornybar elektrisk kraft, et etablert miljø innenfor materialteknologi og behandling av nødvendige råmaterialer har landet et godt utgangspunkt. Dagens batteriproduksjon krever behandling av råmaterialer, blant annet litium, kobolt, nikkel og grafitt. Dette er behandling som kan utføres av Glencore Nikkelverk, Elkem og en rekke andre norske selskap. Sintef, IFE, NTNU og andre forskningsmiljøer kan bidra med ekspertise innenfor batteriteknologi. Det er allerede fire initiativer for battericelleproduksjon i Norge av henholdsvis Freyr AS, Beyonder AS, Morrow Batteries AS og Joint Battery Initiative, et samarbeid mellom Hydro, Equinor og Panasonic. I tillegg finnes det etablert produksjon av batteripakker til båter i Bergen og Trondheim.

Med Norges høye andel elektriske biler kan vi spille en viktig rolle innenfor gjenbruk og resirkulering av batterier. Allerede i 2019 var halvparten av alle nykjøpte biler elektriske. Etter hvert som bilbatteriene mister effekt kan de brukes til nye formål, som energilagring og -sparing. Til slutt må de resirkuleres. Dette er en prosess som kan ta tid å optimalisere, men som vil bli nødvendig spesielt med det økende behovet for litium, kobolt og nikkel.

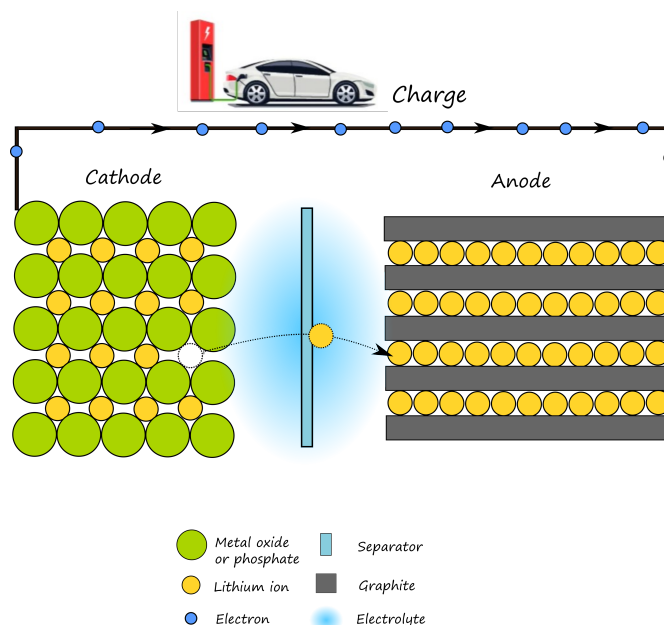
Formålet med dette dokumentet er å forklare hvordan et litiumbatterier fungerer, hvilke deler batteriet består av og hvilke råmaterialer som trengs for å produsere disse. Vi vil forklare nøkkelord som brukes for å bedømme hvor godt et batteri er. Videre vil vi presentere varianter av batteridelene som er på markedet med deres fordeler og ulemper. Prosessen rundt gjenbruk og resirkulering vil utdypes og noen nye teknologiske framskritt vil presenteres sammen med prosjeksjoner for hvor markedet vil bevege seg hen.

Teksten i dette dokumentet er i stor grad hentet fra rapporten "LIB Technology mapping report: A BATMAN report on current and future trends within lithium-ion battery chemistry" fra IFE, dens oppdatering, og ekspertnotatet "Batteriverdikjeden" fra Prosess21.

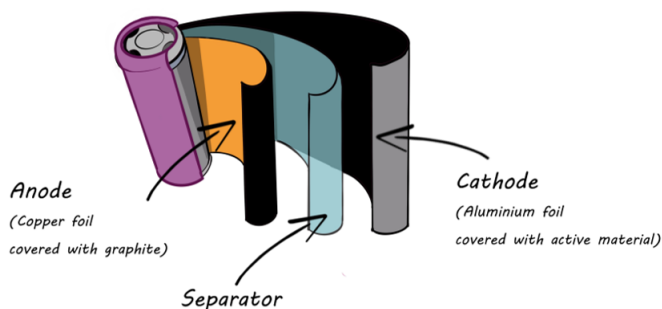
2 Hvordan et litiumbatterier fungerer

For å forstå batteriteknologien og de kommende trendene i produksjon av batterier er det viktig å forstå hvordan batterier fungerer, hvilke deler de består av og hvilke nøkkelord som brukes for å bedømme hvor gode batteriene er.

Et litiumbatteri produserer strøm gjennom en kjemisk reaksjon der elektroner reiser mellom to elektroder. Disse elektrodene er forskjellige, og har navnene anode og katode. Elektronene, som går i motsatt retning av strømmen, går fra anoden til katoden når batteriet avgir energi. Dersom batteriet skal lades opp går elektronene motsatt vei fra katoden til anoden. Mellom de to elektrodene finner man en elektrolytt, en væske som passer på at det er riktig mengde litiumioner (positivt ladde litium partikler) rundt de to elektrodene. For at elektronene skal reise gjennom en ledning og skape strøm sperres de av en separator. Uten en separator vil elektronene reise gjennom elektrolytten og over til katoden sammen med litiumionene. Dette skaper ikke strøm vi kan bruke, så separatoren er nødvendig for at batteriet skal fungere.



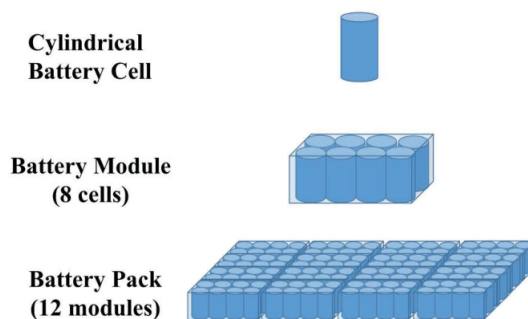
Figur 2.1: Illustrasjon som viser mekanismen til en litiumbattericelle



Figur 2.2: Illustrasjon av komponentene i batteriet

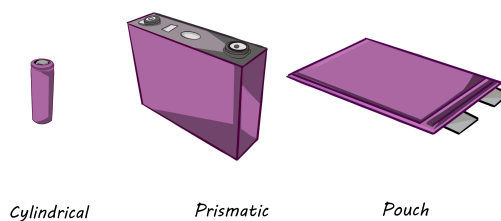
I virkeligheten vil et batteri bestå av mange mindre batterier/celler. Et batteri vil ha en bat-

teripakke som består av et antall moduler som igjen består av et sett med battericeller. Du kan se det illustrert i figur 2.4 som viser et sett av sylindriske celler.



Figur 2.3: Batteripakke illustrert fra cellenivå til en full batteripakke

Merk at battericellen kan ha andre former en den sylindriske, for eksempel prismatisk celle eller en pose celle.



Figur 2.4: Illustrasjon av forskjellige battericellevarianter

2.1 Viktige nøkkelord

Alle litiumbatterier er ikke like. Avhengig av hvilke materialer katoden, anoden og andre deler består av, vil batteriet ha forskjellige styrker og svakheter. For å veie disse styrkene og svakhetene opp mot hverandre er det lurt å ha kjennskap til nøkkelord knyttet til batterikvalitet:

Energitetthet er mengden energi et batteri kan lagre for hver liter eller kilo. Energitetthet måles i Wh/kg eller Wh/l. Et eksempel på høy eller lav energitetthet finner man når man kjøper Ulike kvaliteter av AAA batterier (ikke ladbart).

Kraft er mengden energi et batteri kan avgi i et gitt øyeblikk. Kraft måles i W/kg og W/l. Dette kan være viktig når man trenger mye kraft fort, for eksempel når en truck må dra et stort lass eller når man vil at elbilen skal akselerere og kjøre fort.

Syklabilitet er levetiden til batteriet, det vil si antall ganger batteriet kan lades før det begynner å brytes ned. For eksempel vil en splitter ny mobil kunne klare seg lenger enn en 4 år gammel mobil uten å måtte lades, selv om de har den samme batterimodellen.

Kapasitet er mengden strøm i et batteri. Kapasitet beregnes ofte i ampere time (Ah).

3 Hvilke materialer trenger et litiumbatteri

Før vi går gjennom de populære og mest brukte batteridelene og teknologien rundt dem hjelper det å vite hva de er laget av og hvor råstoffene kommer fra. Batterier består av materialer som må hentes ut fra gruver og behandles. Det er mange råstoffer som brukes i batterier. Litium, kobolt, nikkel, mangan og aluminium kan man finne i katoden. Karbon og silisium brukes i anoden. Kobber og aluminium brukes i strømsamlerene.

3.1 Litium



Råmaterialet litium(Li) er det letteste av alle metaller. Det kan brukes i katoden på batteriet. Materialet hentes ut av land som Australia, Chile, Argentina og Kina. Dette kan være problematisk, ettersom EU ønsker å hente ut litium i Europa i stedet for å være avhengig av import. Dermed er det mulig at litium i økende grad vil hentes ut i europeiske land som Finland, Østerrike og Tjekkia i framtiden. Behovet for litium vil øke. Selv om mengden litium i hvert batteri vil minke forventes det at forholdet mellom behov og tilgang vil være 5:3 innen 2030. Forholdet mellom behov og tilgang vil si forholdet mellom hva man har og hva man trenger. For eksempel trenger fabrikken din 5 tonn med litium, men du har bare tilgang til 3 tonn.

3.2 Kobolt



Kobolt(Co) brukes i katoden. Råmaterialet blir hovedsaklig hentet ut i Kongo, noe som er problematisk ettersom enkelte uavhengige koboltgruver i Kongo forbindes med barnearbeid og annen uetisk drift. I tillegg er kobolt ganske dyrt. I framtiden ønsker man å minke mengden kobolt i batterier, men innen 2030 forventes det at forholdet mellom tilgang og behov vil bli på 2:1.5. Her ligger det en forretningsmulighet for Norge. Vi har nemlig en rekke koboltforekomster rundt om i landet. Det kan også hentes ut kobolt andre steder i Norden, for eksempel gjennom forekomster i Finland og Sverige.

3.3 Nikkel



Nikkel(Ni) finner man i katoden. I Norge behandles nikkel hovedsaklig ved Glencore nikkelverk i Kristiansand, hvor de i hovedsak får råstoffet fra Canada. I dag brukes 70 prosent av nikkel til produksjon av rustfritt stål, men dette vil i økende grad gå til produksjon av batterier. Det er godt mulig at batterimarkedet vil ta over rundt 30 prosent av nikkelbehovet innen 2030, der behov:tilgang-forholdet vil være 2:1. Dette kommer av at fremtidens batterier forventes å bestå av en større mengde nikkel og mindre litium og kobolt. Dette vil utdypes i de neste kapitlene.

3.4 Mangan



Mangan(Mn) brukes i batteriets katode i små mengder. De små mengdene gjør at mangan ikke kommer til å spille en stor rolle når det kommer til hvor man henter det ut og behandler det, men det kommer til å bli brukt mer i framtidens batterier. Der 2020 forventes å være nikkels tiår, spekuleres det i at mangan vil være 2030-tallets grunnstoff til bruk i batterier.

3.5 Karbon



Karbon(C) er det mest dominerende materialet i anoden. I batterimarkedet består over 90 prosent av anodene av grafitt. Dette råmaterialet finner man hovedsaklig i land som Kina,

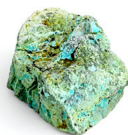
India, Brazil og Norge. Det finnes to grafittyper som brukes i anoden: naturlig grafitt (NG) og syntetisk grafitt (AG) der forskjellen er hvilket materiale som brukes for å hente grafitten ut. Naturlig grafitt finnes i jordskorpen, mens syntetisk grafitt produseres fra andre karbonkilder som koks. Grafitt vil fortsette å være anodematerialet, men det kan bli brukt en økende andel silisium til anoder i tiden framover.

3.6 Silisium



Silisium(Si) brukes i økende grad i anoden. Det er en av råmaterialene det er mest av i jordskorpen. Man finner mye silisium i Kina, Russland og Norge. Man forventer at det vil bli brukt mer silisium i anoder i tiden framover ettersom det øker batteriets kapasitet.

3.7 Kobber



Kobber(Cu) brukes i strømpopsamleren til anoden og i er en del av ledningsystemet rundt batteriene. Kobber er ganske jevnt fordelt over verden, men med voksende batteriproduksjon vil det bli økt behov for det.

3.8 Aluminium



Aluminium(Al) brukes til strømpopsamleren på katodesiden. Stoffet hentes hovedsaklig ut i Kina, men i Europa er det Norge som er den største produsenten. Behovet for aluminium vil

øke, ikke bare fordi det trengs til strømoppsamleren, men også fordi det trengs til battericeller og ladeinfrastruktur.

4 Ulike batteriteknologier

Med utgangspunkt i materialene som trengs i et litiumbatteri kan man se på forskjellige batterityper. Herunder er det mulig å se på hvor gode batteritypene er basert på hvilke materialer man bruker hvilke egenskaper de har og hvilke materialer som inngår i ulike type løsninger. Først vil vi gå gjennom forskjellige katodeløsninger ettersom en her finner flest variasjoner i de ulike batteritypene. Etter det presenteres anoder og elektrolytter. Vi vil forklare nærmere hva delene består av og hvordan det er forventet at disse vil endre seg framover. Merk at det finnes andre batterideler som ikke blir nevnt i dette kapitlet, som separatorene, bindemidler og andre deler.

4.1 Katodetyper

Som tidligere nevnt finner man mest variasjon blant katodene. Katodetyperens navn er forkortelser som LCO, NMC og NCA. Forkortelsene sier hvilke råmaterialer som er i katoden. For eksempel er LCO en forkortelse for litium(Li), kobolt(Co) og oksygen(O). Forkortelsene består ikke alltid av alle råmaterialene som er med, men av de råmaterialene som er mest karakteristiske. Vi går nå igjennom ulike egenskaper ved katodene LCO, NMC, LMO, LFP, NCA og NMO, der de viktigste for framtidens batterier vil være NMC, NCA og LFP.

4.1.1 LCO

LCO-katoden består av litium, kobolt og oksygen i formen LiCoO_2 . LCO-katoden ble oppfunnet av Sony i 1992. Katoden blir i dag i stor grad brukt til bærbar elektronikk. Katoden kjennetegnes ved at den gir batteriet god kapasitet og god syklabilitet. Problemet med LCO-katoden er at den består av dyr kobolt og at kapasiteten vil minke etter mye bruk.

4.1.2 NMC

NMC forventes å bli en av de mest populære katodeløsningene i framtiden. NMC-katoden kjennetegnes av råmaterialene nikkell, kobolt og mangan i formen $\text{LiNi}_x\text{Mn}_y\text{Co}_z\text{O}_2$. Bokstaverne x, y og z bak nikkell, mangan og kobolt viser til hvor mye av nikkell, mangan og kobolt man har i katoden. Den mest populære NMC-katoden i dag er NMC-111. 111 betyr at forholdet mellom nikkell, mangan og kobolt er likt (1:1:1). Det jobbes mot andre NMC løsninger i form av forhold som (5:3:2), (6:2:2) og (8:1:1). Det som kjennetegner disse er den økte mengden med nikkell i batteriet. Dette er grunnen til at nikkellbehovet er forventet å øke i tiden framover.

Så hva gjør NMC til framtidens katode? Den bruker mye mindre kobolt sammenlignet med andre katoder, og har høyere kapasitet enn LCO, men for lavere pris på grunn av den lave mengden kobolt. Ulempen med batteriet er at den høye nikkelmengden gjør det mindre stabilt, dvs. at det lettere lar seg ødelegge, selv om det i gjengjeld gir batteriet høyere energitetthet.

4.1.3 LMO

LMO består av litium, mangan og oksygen i formen LiMn_2O_4 og kjennetegnes ved at molekylstrukturen fører til bedre flyt av ioner i batteriet. Strukturen gjør at katoden har høy kraft og kan lade batterier raskere. Dessverre har den ganske lav levetid, og må ofte kombineres med andre batterier for å kompensere for dens lave kapasitet og levetid.

4.1.4 LFP

LFP består hovedsaklig av litium, jern og fosfor på formen LiFePO_4 . Den er ikke blant de mest populære batteriene på grunn av dens lave energitetthet. Den kan være ideel til prosesser på en større skala, som energilagring og lading av elektriske busser, ettersom batteriet er ganske kraftig. Katoden benytter materialer med god ressurstilgang og er stabil.

4.1.5 NCA

NCA er blant de mer populære batteriene. Den brukes blant annet i Teslas biler. NCA består av nikkell, kobolt og aluminium i formen $\text{LiNi}_{0.8}\text{Co}_{0.15}\text{Al}_{0.05}\text{O}_2$. Batteriet har høy kapasitet og god levetid sammenlignet med andre batterier med koboltinnhold. Kapasiteten kan minke dersom batteriet utsettes for temperaturer rundt 40 til 70 grader celsius over tid.

4.1.6 NMO/LMNO

NMO, bedre kjent som LMNO, ble utviklet for å lage rimeligere katodetyper. Dette batteriet består hovedsaklig av nikkell, mangan og oksygen i formen $\text{LiNi}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_2$. Den har lik energitetthet som LCO, men er billigere på grunn av den lavere koboltmengden.

4.1.7 Framtidens katoder

Det er også muligheter for at nye batteriteknologier kommer inn på markedet. Morrow, i samarbeid med det danske selskapet Haldor Topsoe, annonserte en satsing på LMNO-katoder. LMNO er en koboltfri katode som inneholder litium, nikkell, mangan og oksygen. Det har blitt omtalt som et kraftig batteri med høy energitetthet i tillegg til å være billigere enn andre katodetyper som NMC og NCA.

4.2 Anodetyper

Over til katodens søster, anoden. Her er det mindre variasjon. Som nevnt tidligere er det mest populært å bruke anoder laget av grafitt, men det finnes også anoder som LTO, som består av litium, titan og oksygen, og som er i kommersiell bruk. I tillegg utforsker man i økende grad nye anodetyper der man blander grafitt med silisium.

4.2.1 Grafittanoder

Det finnes en rekke grafitttyper. Som tidligere nevnt finnes det både syntetisk og naturlig grafitt, men vi bruker også hard og myk karbon som anodemateriale. Hard og myk karbon er som grafitt, men de er mindre ryddige i strukturen. De forskjellige typene har både sine styrker og svakheter som anodemateriale. Naturlig og syntetisk grafitt har høyere kapasitet fordi naturlig

grafitt er litt mer stabil og har lengre levetid. Ofte blandes de to typene. Hard og myk karbon kan lagre litium bedre og gjør at batteriene kan lade raskere.

4.2.2 LTO

LTO består av litium, titan og oksygen i formen $\text{Li}_4\text{Ti}_5\text{O}_{12}$. Det er stabilt, lader raskt og har god syklabilitet. Ulempen med LTO er at titan (Ti) er dyrt. Dermed brukes det mer i nisjeprodukter som trenger lavere kapasitet, men mye kraft og syklabilitet. Det er en økt interesse for LTO-anoder i transportsektoren på grunn av anodes raske ladetid.

4.2.3 Framtidens anoder

Man utforsker også andre kandidater for anoder. Blandinger av grafitt og silisium skal teoretisk sett oppnå høyere kapasitet dersom det er en større andel silisium. Det finnes riktignok utfordringer knyttet til "svelling" ved bruk av store silisiummengder. I tillegg er silisium billig. Uten å løse utfordringene med svelling vil batterier med en slik løsning ha kort levetid. Det finnes også kandidater som TNO (TiNb_2O_7), som skal være lik til LTO, men med bedre kapasitet, og anoden $\text{Li}_3\text{V}_2\text{O}_5$, som består av litium, vanadium og oksygen. Denne anodetypen skal ha høyere energitetthet enn LTO.

4.3 Elektrolytt

Elektrolytten er en væske som regulerer mengden litiumioner i batteriet så det kan avgi strøm. Det er på grunn av elektrolytten vi kaller batteriene for litiumbatterier. Dette navnet kommer av litiumionene som reiser mellom elektrodene. Et eksempel på en typisk elektrolyttvæske i batterier er vann, men når det gjelder litiumbatterier er ikke vann stabilt nok som elektrolytt. Væsken som vanligvis brukes i litiumbatterier er sykliske karbonater. Disse molekylene kjennetegnes ved at de danner en sirkel med karboner og oksygen. Litiumsalter som LiPF_6 , som bestående av litium, fosfor og fluor, oppløses i karbonatene og fungerer godt som elektrolytt, men selv denne elektrolytten er litt ustabil ved høye temperaturer og er følsom mot fuktighet. Denne ustabiliteten gjør at det hadde vært bedre med andre alternativer til elektrolytt. Et slikt alternativ kan være ioniske væsker (smeltet salt) ettersom de er mer stabile og lite brannfarlige. Den mest lovende substitutten er faste elektrolytter.

Faste elektrolytter (Solid-state electrolytes) kan ha mange fordeler sammenlignet med vanlige elektrolytter. Teoretisk sett vil de være tryggere, ha lengere levetid og høyere energitetthet. Teknologien er fortsatt umoden. Det samler seg nemlig litium på en måte som kan føre til kortslutning, men denne teknologien utvikler seg fort. Man har allerede testet seg fram til en fast elektrolytt med polymerer. Denne har nådd et kommersielt nivå og kommer trolig til å bli brukt i framtidige batterier.

5 Gjenbruk og resirkulering

Når et bilbatteri har mistet en betydelig andel av kapasiteten sin ble det tidligere forventet at batteriet skulle fjernes fra bilen. Da satt man fortsatt igjen med et brukbart batteri som kan ha ulike bruksområder. Det kunne brukes til noe nytt eller resirkuleres, og råmaterialene kunne brukes til nye batterier. Dette diskuteres mye i disse dager. Mange mener at batteriet vil ha en levetid tilnærmet bilens. I hvor stor grad batteriet er tilgjengelig for annen bruk er derfor diskuterbart, men det vil kunne etableres et marked for brukte, funksjonelle batterier som av ulike grunner ikke kan følge bilens levetid. Man kan f.eks. sette elbil og energiforsyning til egen husstand i system, ved at en benytter batteriet i bilen til strømforsyning til tider på døgnet hvor strømprisene er høye etterfulgt av lading av bil når prisene er lave (gjerne om natten).

5.1 Gjenbruk

Et batteri som skal brukes til noe nytt må gjennom en rekke trinn. Man må demontere batteriet fra elbilen og teste batteriets helse, det vil si at man sjekker batteriets kapasitet og ser om den har dårlige moduler som evt. må byttes. Økonomisk sett ville det ideelle her vært å bruke hele batteriet, heller i de fleste tilfeller må man demontere batteriene ned til modulnivå før man kan bruke dem til noe nytt. Å utføre disse stegene vil kreve mye arbeidskraft som kan koste en del, men med Norges store andel bilbatterier er det satt igang en rekke pilotprosjekter og start-upselskaper som bl.a. kan bidra med en løsning på dette. Med et økt fokus på energisparing kan gjenbrukte batterier fort få mange nye funksjoner.

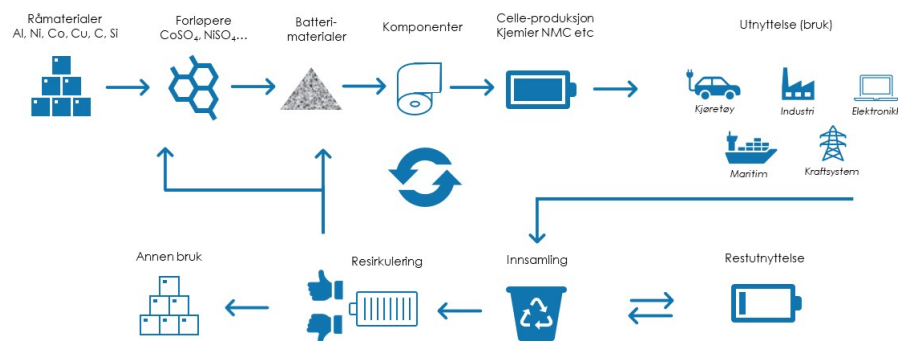
5.2 Resirkulering

Med den store variasjonen av litiumbatterier følger det mange sikkerhets- og miljømessige utfordringer når det kommer til hvordan man behandler batteriet. I dag skjer resirkulering i liten skala i Europa. Brukte batterier, ofte fra elektronikk, samles og sendes til Kina for gjenbruk og/eller resirkulering. Med en økende mengde brukte batterier fra elbiler vil det bli behov for å bygge opp et resirkuleringnettverk i Europa. Batterier blir bare resirkulert for materialer som kobolt, kobber, jern og aluminium ettersom dette er mest lønnsomt. Med det økende behovet for stoffer som litium og nikkell blir resirkulering mer aktuelt. I dag kan resirkulering av batterideler gjøres på tre ulike måter: Pyrometallurgisk, der høytemperaturovner brukes til å hente ut metaller, hydrometallurgisk, der man bruker syrer til å løse opp metaller og/eller fysisk/mekanisk resirkulering, der man demonterer batteriet og henter ut delene som de er. Med økende behov og mulighet for å automatisere resirkuleringprosessen vil kostnadene reduseres. Dermed vil det i fremtiden stilles høyere krav til de resirkulerte materialene i nye batterier.



Figur 5.1: Mulig livssyklus til et batteri med gjenbruk og resirkulering

6 Framtid og utvikling



Figur 6.1: Illustrasjon av syklusen til et litiumbatteri

Med den økende produksjonen av batterier vil kostnadene for å produsere dem synke til tross for varierende råvarepriser. Det blir flere og flere elbiler som vil dominere litiumbatterimarkedet. Spørsmålet er hvilke type batterier som vil bli brukt i elbilene. Mellom 2020 og 2021 holdt Tesla og Volkswagen arrangementer der de viste til fremgang i teknologien sin og fortalte hvilke materialer de vil satse på. Når det gjaldt katoder annonserte Tesla at de skal redusere mengden kobolt i batteriene sine og vil hente inspirasjon fra LFP-katoder. Volkswagen annonserte en satsing på NMC-katoder og en videreutvikling av faste elektrolytter. Faste elektrolytter er forventet å dukke opp på markedet i 2025.

Figur 6.1 viser hvordan syklusen til litiumbatteriet vil gå fra råvarer til applikasjoner til gjenbruk. Med oppbyggingen av denne verdikjeden er det forventet størst utfordringer knyttet til råvarer. Med det økende behovet for batterier trenger man nemlig mer råmateriale som litium, nikkell og kobolt. Selv om de nye batteriene har en lavere mengde kobolt er materialet fortsatt tilstede. European Battery Alliance overvåker annonserte investeringer gjennom hele verdikjeden. Frem mot 2030 er gapet mellom annonserte kapasitetsutvidelser og med forventet behov størst innen grafitt, kobolt og nikkell. Videre er det færre annonserte anode-prosjekter. Innen celleproduksjon er det relativt god balanse mellom forventet kapasitet og behov. Innen resirkulering gir Norges store andel elbatterier en spennende og utfordrende mulighet for resirkulering. Med økene energilagingsbehov kommer også en mulighet for gjenbruk. I det neste tiåret vil litiumbatterier prege hverdagen til oss alle.



Prosess21
Litiumbatterier: teknologi og
utviklingstrender enkelt forklart
prosess21.no

September 2021
Design: Miksmaster as · www.miksmaster.no

Publikasjonen kan lastes ned fra
www.forskningsradet.no/publikasjoner