

Er batterier fremtiden i det norske kraftsystemet?

Oppsummering

Batterier kan ha tre formål, som diskuteres i hver av de etterfølgende seksjonene, og i tillegg har vi spørsmålet om samfunnsmessige kostnader/eksternaliteter:

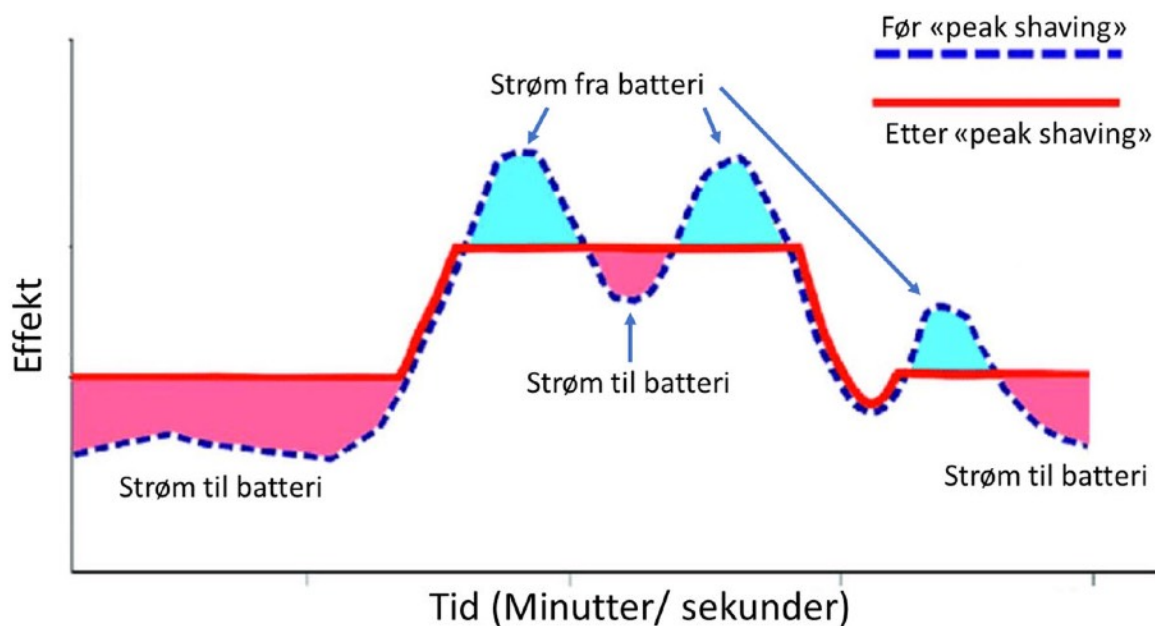
1. Batterier for utjevning av raske variasjoner i nettet på grunn av raske endringer i produksjon eller forbruk, såkalt Peak Shaving. Dette vil som regel være en god anvendelse av batterier, og vil redusere behovet for kapasitet i andre tiltak for balansering av nettet.
2. Batterier for lokal lagring av energi hos konsumentene, gjerne i kombinasjon med solceller. Dette er et rent privat/ bedriftsøkonomisk oppsett, men dersom det blir mye av det, kan det bli en utfordring for strømmettet.
3. Batterier for lang tids lagring av energi, for eksempel når det er installert mye vindkraft i nettet, og man får to uker med lite vind. For at batterier skal kunne lagre tilstrekkelig energi til å ha vesentlig betydning i slike tilfeller, så kreves det enorme batterier og kostnaden blir veldig høy. I praksis er dette lite aktuelt.
4. Eksternaliteter omfatter blant annet miljøspørsmål, barnearbeid og sikkerhet. Hvilke krav blir stilt til gruvedrift når det gjelder miljø og sosiale forhold i Kongo (kobolt) og Chile (litium)? Den naive teknologioptimismen man ser i forbindelse med en rekke av fornybarteknologiene vil ikke bare øke risikoen for store økonomiske feilgrep, men også store, negative miljøkonsekvenser og sosiale konsekvenser.

Innhold

- 1: Batterier til å håndtere raske variasjoner i forbruk og produksjon (Peak Shaving) (s. 3)**
- 2: Batterier til Demand Management (s. 3)**
- 3: Batterier i selve strømforsyningen (s. 5)**
- 4: Eksternaliteter (s. 7)**
- 5: Sammendrag (s. 9)**

1: Batterier til å håndtere raske variasjoner i forbruk og produksjon (Peak Shaving)

Det første formålet dreier seg om å håndtere raske variasjoner i nettet innen sekunder og minutter, og kalles «peak shaving». Med effektive teknologier er fordelene mange for alle i strømforsyningen¹ slik som lavere kostnader², mindre utslipp³ og bedre kvalitet⁴. Studier fra Irland viser at med 1.500 MW vindkraft i nettet, så kreves en økning i tilgjengelig reservekraft (for å balansere varierende forbruk og produksjon) på mellom 12%–44% sammenlignet med en situasjon uten vindkraft i den irske elektrisitetsforsyningen⁵. Dette behovet kan reduseres ved bruk av batterier. Batterier burde derfor vært implementert uavhengig av denne diskusjonen.



Ved hjelp av batteri blir de raskeste variasjonene jevnet ut (peak shaving).

2: Batterier til Demand Management

Det andre formålet er å bruke batterier hos konsumentene – altså «behind-the-meter» (bak strømmåleren). Dette kan for eksempel kombineres med solcellepaneler. Dette er et vanlig oppsett. I motsetning til det første formålet og det tredje formålet, er dette en ren privat/bedriftsøkonomisk vurdering som ligger bak. Sett fra strømforsyningen sin side er dette det som

¹ Se for eksempel Uddin, M., M.F. Romlie, M.F. Abdullah, S.A. Halim, A.H.A. Bakar and T.C. Kwang (2018). "A review on peak load shaving strategies." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*82:pp.3323–3332

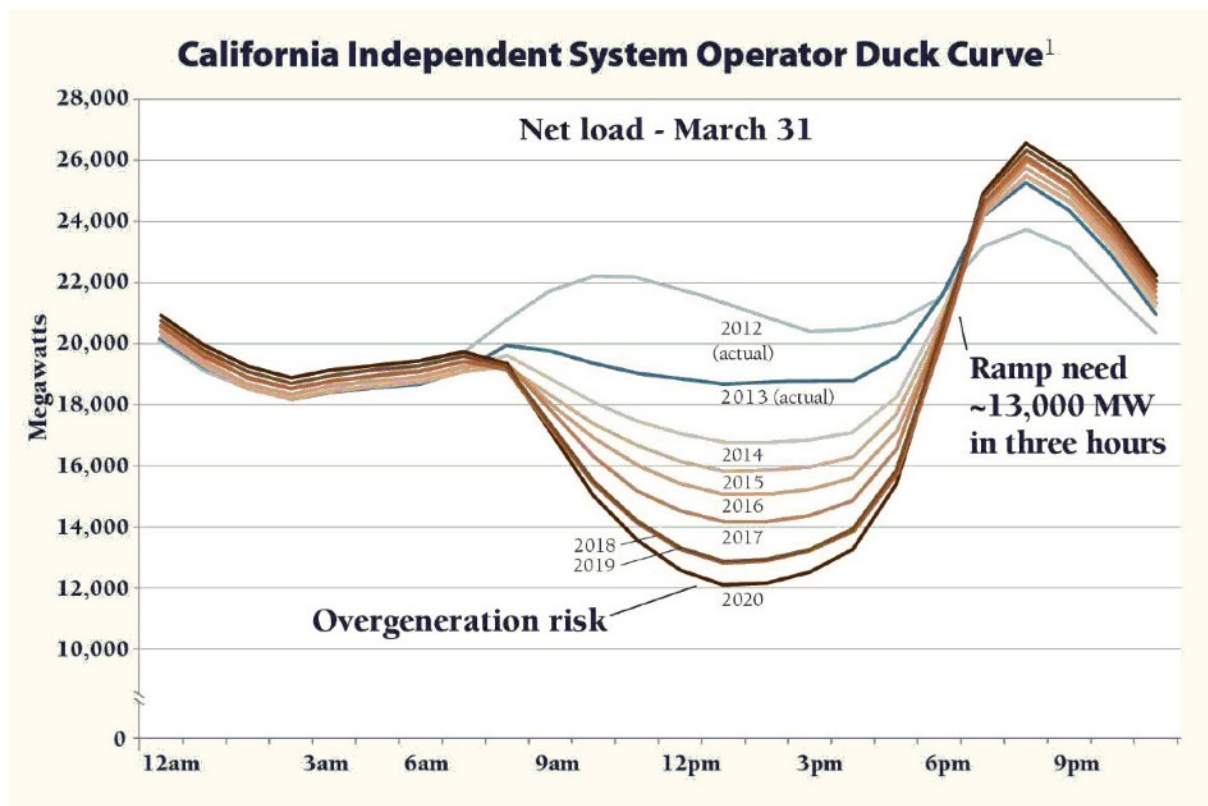
² Se Cartes, D.A., J. Ordonez, J. Harrington, D. Cox and R. Meeker (2007). Novel integrated energy systems and control methods with economic analysis for integrated community based energy systems. 2007 IEEE Power Engineering Society General Meeting. Tampa, FL, IEEE:pp. 1-6.

³ Se Sardi, J., N. Mithulananthan, M. Gallagher and D.Q. Hung (2017). "Multiple community energy storage planning in distribution networks using a cost-benefit analysis." *Applied Energy*190(March):pp.453-463.

⁴ Se Thompson, C.C., P.E.K. Oikonomou, A.H. Etemadi and V.J. Sorger (2016). "Optimization of data center battery storage investments for microgrid cost savings, emissions reduction, and reliability enhancement." *IEEE Transactions on Industry Applications*52(3):pp.2053-2060.

⁵ Se Doherty, R. and M. O'Malley, A New Approach to Quantify Reserve Demand in Systems With Significant Installed Wind Capacity. *IEEE Transactions on Power Systems*, 2005. 20(2): pp. 587-595.

kalles Demand management (etterspørselsstyring). Så lenge volumet på dette er relativt lite, har det lite å si for strømforsyningen, men i det øyeblikket det begynner å bli stort, fører det til den berømte duck curve (andekurve) problematikken i California⁶. Begrepet duck curve uttrykker at behovet for strøm er størst når leveransen fra solceller er lavest (om kvelden), og med stort innslag av solenergi blir dette en utfordring for strømforsyningen.



I perioden 5 pm – 7 pm er behovet størst, samtidig som solcellene slutter å produsere. Da må behovet dekkes fra andre kilder. Dette plutselige spranget i behov for kraft blir større, jo mer solenergi som er i systemet, og stiller store krav til strømforsyningen. Kilde: Caiso (2016)⁷

Skagerak Arena i Skien er et godt eksempel på dette. Med et batteri på 1 MWh, er det i stand til å levere strøm i noen timer. De ser for seg å bruke 6 timer på å lade opp til omtrent 800 kWh⁸, men med 20% minimum restlading (DOD) på slike batterier (se neste seksjon), har man i praksis 650 kWh å bruke. Med et forbruk på 300 kWh så gir dette omtrent 2 timer med strøm etter solen har gått ned. I praksis vil batteriet begynne å levere før, og fungere over noe lengre tid før det er tomt, men i alle tilfeller snakker vi om noen timer. Om vinteren blir selvsagt ytelsen mye dårligere. Selv i California leverer batteriet bare noen få timer om vinteren. Ser man dette under ett, så betyr det at Skagerak Arena har liten positiv effekt for den norske strømforsyningen, men den kan likevel lønne seg for Skagerak Arena. Den lave positive effekten skyldes at det er i den lyse årstiden har vi lavest strømforbruk, men da produseres det mest strøm for Skagerak Arena. I California er det omvendt, og således egner en slik konfigurering seg best der forbruket er høyest om dagen og

⁶ For en grundig analyse, se Emblemsvåg, J. (2021). "On the levelized cost of energy of Solar Photovoltaics." International Journal of Sustainable Energy40: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14786451.2020.1867139?journalCode=gsol20>

⁷ CAISO. 2016. Fast Facts: What the Duck Curve Tells Us About Managing a Green Grid. Folsom, CA: California Independent System Operator (CAISO). http://www.caiso.com/Documents/FlexibleResourcesHelpRenewables_FastFacts.pdf

⁸ Ifølge udatert presentasjon fra prosjektet holdt av Skagerak Energi.

om sommeren, slik som i California. I Norge blir dette i all hovedsak en bedriftsøkonomisk vurdering for Skagerak Arena med minimale positive effekter for miljøet.

Tesla mega-battery in Australia activated

BBC NEWS

1 December 2017



REUTERS

The battery has been installed in Jamestown, South Australia

The world's largest lithium ion battery has begun dispensing power into an electricity grid in South Australia.

BBC 01.12.2017, <https://www.bbc.com/news/world-australia-42190358>

3: Batterier i selve strømforsyningen

Det tredje formålet er fundamentalt annerledes. Da er det snakk om at batterier ikke bare skal håndtere høye, kortvarige belastninger, men også gi strøm til strømforsyningen over lengre tid i merkbare kvanta. Dette betyr store batterier, men i dag er selv de største, små i forhold til dette behovet⁹, men før vi ser på det må vi ta fram to ting.

For det første, vil pumpekraftverk i Norge ikke fungere. Pumpekraftverk står for hele 96% av global lagringsteknologi¹⁰, men er begrenset av tilgangen på egnede steder for å bygge slike anlegg. Det er ikke problemet i Norge, men med en effektivitet på 65-80%¹¹, så vil det aldri lønne

⁹ 90% av dagens globale batteripark holder i 4 timer, eller mindre, se Fu, R., T. Remo and R. Margolis (2018). 2018 U.S. Utility-Scale Photovoltaics-Plus-Energy Storage System Costs Benchmark. Golden, CO, National Renewable Energy Laboratory (NREL).

¹⁰ Ifølge World Energy Council (2019). Energy Storage Monitor: Latest trends in energy storage. London, World Energy Council, Future Energy Leaders' Programme.

¹¹ Se Ibrahim, H., A. Ilinca and J. Perron (2008). "Energy storage systems—Characteristics and comparisons." Renewable and Sustainable Energy Reviews 12:pp.1221-1250.

seg med de strømprisforskjellene man har i Norge mellom dag og natt. Teknisk sett må man også ta høyde for sesongvariasjoner og da blir dette veldig vanskelig.

For det andre, vi hører om det å bruke elbiler som batterier i strømforsyningen. Nyttan av det er svært tvilsom, noe man skjønner når det er slik at dersom 10% av alle lette nyttekjøretøyene i USA var elektrisk og fullstendig oppladet, så ville de ha holdt den amerikanske strømforsyningen i gang i 3 timer¹². Det er ingen grunn til å tro at situasjonen vil være noe bedre i Norge.

Skal Norge ha batterier i strømforsyningen i nevneverdig volum, vil man altså måtte bruke Lithium-ion batterier, og da må vi forholde oss til noen fundamentale fakta som ofte ser ut til å være glemt:

- Batterier kan ikke lades helt ut. Det er fornuftig å bruke 80% Depth of Discharge (DOD)¹³.
- Det er tap på omtrent 2%–15%¹⁴ ved utlading/lading innenfor de 80% av energien vi kan benytte.
- Krav til batteriene, slik som antall ladesykluser per år og lengden på utladingstiden er kostnadsdrivende¹⁵.
- Forventet levetid er mellom 8 og 13 år¹⁶.

Hva må til for at Norge skal balansere vindkraftproduksjon med batteri slik at man klarte å garantere 80% av installert kapasitet? Dvs at en vindpark på 100 MW ved hjelp av batteri og sin egen vindkraftproduksjon klarer å garantere 80 MW produksjon. På landsbasis betyr dette et energilager på 391,000 MWh, og korrigert for DOD, blir det hele 488,000 MWh. En slik batteripark, hvis den er mulig å lage, ville være ekstremt dyr.

En av de grundigste rapportene på området estimerer at et batteri på 60 MW effekt over 4 timer (240 MWh) vil koste omtrent 380 USD/kWh inkludert bygging av batteriparken og alt nødvendig utstyr. Antar vi at de på sikt klarer å få prisen ned til 300 USD/kWh, så tilsvarer det omtrent 2.750 kr/kWh. I tillegg kommer kostnaden på strømmen som skal lade batteriparken. Så kommer drifts- og vedlikeholdskostnadene, og der er det enorme variasjoner, men 2,5% av investeringskostnaden per år er brukt av flere¹⁷. Disse tallene er ikke justert for kjøpekraftforskjellen mellom Norge og USA, slik at de reelle tallene blir enda høyere. Når man setter disse tallene inn i formelen for LCOE (livsløpskostnad) får man en svært høy kostnad til en enormt stor batteripark som sammen med vindkraften vil kunne garantere 6,2 TWh/år. Selv om vi antar at fremtidig teknologiutvikling vil kunne redusere kostnadene med 80%, så blir kostnaden hele 331 mrd kroner. Legger vi til strømkostnaden gir dette en veid gjennomsnittlig livsløpskostnad på hele 5,894 NOK/MWh, eller 5,89 kr/kWh. Det er det dobbelte av det enkelte fikk på strømregningen i februar.

Så skal vi være forsiktig med å overtolke disse tallene da der er vesentlige usikkerheter rundt implementering, men det som er sikkert er at dagens batterier vil aldri kunne gi et vesentlig bidrag i norsk strømforsyning. Dersom man etter hvert får på plass termiske generatorer, slik som kjernekraftverk, vil man kunne bruke store saltsmeltebatterier. Disse kan bygges veldig store,

¹² Se Shaner, M.R., S.J. Davis, N.S. Lewis and K. Caldeira (2018). "Geophysical constraints on the reliability of solar and wind power in the United States." *Energy & Environmental Science*11:pp.914-925.

¹³ Tall fra Mongird, K., V. Fotedar, V. Viswanathan, V. Koritarov, P. Balducci, B. Hadjerioua and J. Alam (2019). *Energy Storage Technology and Cost Characterization Repor*. Oak Ridge, TN, Pacific Northwest National Laboratory, Argonne National Laboratory and Oak Ridge National Laboratory.

¹⁴ Tall fra Deloitte (2015). *Energy storage: Tracking the technologies that will transform the power sector*. Deloitte.

¹⁵ Se Smith, K., A. Saxon, M. Keyser, B. Lundstrom, Z. Cao and A. Roc (2017). *Life Prediction Model for Grid-Connected Li-ion Battery Energy Storage System*. Golden, CO, National Renewable Energy Laboratory (NREL).

¹⁶ Tall fra Smith, K., A. Saxon, M. Keyser, B. Lundstrom, Z. Cao and A. Roc (2017). *Life Prediction Model for Grid-Connected Li-ion Battery Energy Storage System*. Golden, CO, National Renewable Energy Laboratory (NREL).

¹⁷ Tall fra Cole, W. and A.W. Frazier (2019). *Cost Projections for Utility-Scale Battery Storage*. Golden, CO, National Renewable Energy Laboratory (NREL).

kostnadseffektive og de vil faktisk kunne gjøre kjernekraften i stand til å følge belastningen i strømforsyningen.

Så bør man være klar over eksternalitetene, da de er vesentlige og kan på sikt få store konsekvenser.

4: Eksternaliteter

Eksternaliteter kan kanskje enklest forklares som effekter/kostnader for andre, som du ikke tar hensyn til når du tar dine valg. Lithium-ion batterier er i dag den dominerende teknologien i alle nye lagringsystemer for strømforsyningen¹⁸.

Disse batteriene inneholder kobolt, og utvinningen forårsaker enorme lidelser og miljøødeleggelser i den Demokratiske Republikken Kongo, der omlag 60% av de globale volumet kommer fra¹⁹.

Heldigvis, er det nå under utvikling batterier uten kobolt, men en del utfordringer gjenstår²⁰. De nye batteriene har mange fordeler, men en hovedutfordring er lav energitetthet og derved større problemer ift rekkevidde/brukstid²¹.

Den globale markedsandelen av batterier som inneholder kobolt utgjorde rekordhøye 90% i 2019²², men noen forskere estimerer at

Nå utfordres elbilprodusentene av kraftig prishopp på kobolt

Kobolt er en viktig bestanddel i litium-ion-batterier, som brukes i elbiler.

E24!
13. januar 2018



KOBOLTGRUVE: Tenke Fungurume-gruven i DR Kongo er blant verdens største koboltgruver.
Foto: Staff Reuters

Tenke Fungurume kobolt gruve i DR Kongo. E24! 13.01.2018

¹⁸ IEA (2019a). Tracking Energy Integration. Paris, International Energy Agency. <https://www.iea.org/reports/tracking-energy-integration>

¹⁹ Se Nkulu, C. B. L., L. Casas, V. Haufroid, T. De Putter, N. D. Saenen, T. Kayembe-Kitenge, P. M. Obadia, D. K. W. Mukoma, J.-M. L. Ilunga, T. S. Nawrot, O. L. Numbi, E. Smolders and B. Nemery (2018). "Sustainability of artisanal mining of cobalt in DR Congo." *Nature Sustainability*1(September):pp.495–504

²⁰ Se Gourley, S. W. D., T. Or and Z. Chen (2020). "Breaking Free from Cobalt Reliance in Lithium-Ion Batteries." *iScience*: <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101505>

²¹ Se Yang, X.-G., T. Liu and C.-Y. Wang (2021). "Thermally modulated lithium iron phosphate batteries for mass-market electric vehicles." *Nature Energy*6(February):pp.176–185.

²² Se Adamas Intelligence (4 March 2020); <https://www.adamasintel.com/lfp-market-2019-cell-to-pack-comeback>

allerede innen 2030 vil kobolt-produksjonen bli for liten ift etterspørselen²³. Dette vil medføre stigende priser, og etter hvert er ikke dette lenger en farbar teknologi. En måte å håndtere dette enorme behovet vil være å avkreve fra leverandører av elektronisk utstyr, elektriske biler, etc at de må kunne dokumentere at barnarbeid og utnyttning av folk ikke forekommer på lik linje med konfliktdiamantene; full sporbarhet fra start til slutt.

Dessverre er ikke kobolt den eneste utfordringen til batteribransjen. Utvinningen av litium er ikke stort bedre heller, selv om det finnes nok av selve ressursen. I Chile's Salar de Atacama går 65% av regionen vann til gruvedrift og utvinning – for hvert tonn med litium som utvinnes brukes hele 1.900 tonn vann²⁴!

Så bør man også være klar over farene ved brann. Detaljerte studier fra Kina viser at over 100 farlige gasser slippes ut ved brann²⁵. Ved økt bruk av batterier bør man derfor også se på en rekke regelverk ift helse, miljø og sikkerhet. Det er ikke så enkelt at bare fordi noe ikke har utslipp her og nå, så er alt vel. Problemet ved resirkulering er om enn enda større. En brann i lageret av dekk i Powys, Wales, for eksempel, ulmet i hele 15 år fra 1989 til 2004²⁶. Siden batterier er mer reaktive ville en tilsvarende situasjon blitt langt verre om det var batterier som var lagret.

Dette problemet gir en tredje vesentlig utfordring – hvordan håndtere disse batteripakkene ved service og resirkulering, som vil være den endelige løsningen for brukte batteripakker²⁷. Der er en rekke faremomenter som man ikke finner på fossile biler. Det er illustrativt at av UK sine 170.000 bilmekanikere var det kun 1.000 i 2015 som var kvalifisert til å utføre vedlikehold på elbiler²⁸. Noen livsløpsanalyser har nylig indikert at med bruk av de resirkuleringsprosessene man har i dag, så vil gjenvinning av elbilene sine batteripakker ikke alltid medføre en reduksjon i utslipp av klimagasser ift bruk av nye materialer²⁹.

Dette betyr at dagens elbiler kan føre til en enorm ressursbruk, der resirkulering i liten grad blir brukt enten fordi man mangler folk, risikomomentene eller at det faktisk ikke har noen nevneverdig positiv miljømessig effekt. Sett fra et produktutviklingsperspektiv, synes det derfor å være et akutt behov for å tenke nytt. Bilfabrikantene må i større grad ta ansvaret for design, utvikling og implementering av batteripakkene med tanke på både service og resirkulering³⁰. Det er en grunn

²³ Se Alves Dias, P., D. Blagoeva, C. Pavel and N. Arvantidis (2018). Cobalt: Demand-Supply Balances in the Transition to Electric Mobility. Publications Office of the European Union, European Commission, Joint Research Centre.p. 98.

²⁴ Se Katwala, A. (2018). The spiralling environmental cost of our lithium battery addiction. Wired: <https://www.wired.co.uk/article/lithium-batteries-environment-impact>

²⁵ Se Sun, J., J. Li, T. Zhou, K. Yang, S. Wei, N. Tang, N. Dang, H. Li, X. Qiu and L. Chen (2016). "Toxicity, a serious concern of thermal runaway from commercial Li-ion battery." *Nano Energy*27:pp.313–319.

²⁶ Se Harper, G., R. Sommerville, E. Kendrick, L. Driscoll, P. Slater, R. Stolkin, A. Walton, P. Christensen, O. Heidrich, S. Lambert, A. Abbott, K. Ryder, L. Gaines and P. Anderson (2019). "Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles." *Nature*575:pp.75-86.

²⁷ Se Harper, G., R. Sommerville, E. Kendrick, L. Driscoll, P. Slater, R. Stolkin, A. Walton, P. Christensen, O. Heidrich, S. Lambert, A. Abbott, K. Ryder, L. Gaines and P. Anderson (2019). "Recycling lithium-ion batteries from electric vehicles." *Nature*575:pp.75-86.

²⁸ Ifølge IMI (2015). IMI Raises Skills And Regulation Concerns As Demand For Electric And Hybrid Vehicle Surges. Institute of the Motor Industry (IMI). <https://tide.theimi.org.uk/industry-latest/news/imi-raises-skills-and-regulation-concerns-demand-electric-and-hybrid-vehicle>

²⁹ Se Ciez, R. E. and J. F. Whitacre (2019). "Examining different recycling processes for lithium-ion batteries." *Nature Sustainability*2:pp.148–156.

³⁰ Se interessant analyse av Berg, H. and M. Zackrisson (2019). "Perspectives on environmental and cost assessment of lithium metal negative electrodes in electric vehicle traction batteries." *Journal of Power Sources*415:pp.83-90.

til at det er store utfordringer i dag som må løses før man har en løsning til resirkuleringsproblematikken³¹.

5: Sammendrag

Det finnes mange batteriteknologier, men denne seksjonen er basert på Lithium-Ion da det ikke er begrensning på plasseringen, og er den batteriteknologien som er ledende per i dag. Batterier til peak-shaving, for å glatte ut raske variasjoner i strømforsyningen, er fornuftig uansett diskusjonen rundt vindkraft. Det samme gjelder batterier for styring av etterspørselen i elforsyningen. Begge måtene å bruke batterier på handler om en enkel bedriftsøkonomisk analyse i forhold til teknologi, kostnader og eventuelle støtteordninger. Derimot er situasjonen helt annerledes når vi snakker om batterier til å håndtere fluktuationene til vindkraft.

Vindkraft har ikke bare store fluktuerende produksjon, men også uforutsigbare i tidsforløp. Det betyr at å dimensjonere en batteripark for vindkraft er svært vanskelig. Resultatet kan fort bli at en slik løsning blir kraftig underdimensjonert for å holde kostnadene nede. Alternativt, batteriparker som er store nok til å sikre at vindkraftanleggene ikke overfører kostnadene med sin fluktuerende produksjon til andre, vil bli svært kostbare. Ikke nok med det, levetiden er relativt kort.

De vesentlige eksternalitetene må håndteres med passende tiltak. Den naive teknologioptimismen man ser ift en rekke av fornybarteknologiene vil ikke bare øke risikoen for store økonomiske feilgrep, men også store, negative miljøkonsekvenser. Når det gjelder batterier har de interessante potensialer hvis de brukes riktig, men da må man være realistisk og ikke overselge teknologien. Det er ingen tjent med – spesielt ikke miljøet.

³¹ Les denne artikkelen for å få en god introduksjon, Beaudet, A., F. Larouche, K. Amouzegar, P. Bouchard and K. Zaghbi (2020). "Key Challenges and Opportunities for Recycling Electric Vehicle Battery Materials." Sustainability12:pp.doi:10.3390/su12145837.