

Batterilager i framtidens elsystem

En syntesrapport över forskning och
innovation inom SamspEL



Detta är en syntes av en delmängd av projekten inom forsknings- och innovationsprogrammet SamspeL som drivs av Energimyndigheten. SamspeL samlar Energimyndighetens insatser inom elsystemområdet och ska stödja övergången till ett helt förnybart system.

Syntesen är framtagen av Power Circle som har till uppdrag att sprida och konsolidera kunskap från forskningsprogrammet. Power Circle är elkraftsbranschens intresseorganisation och samlar aktörer som är nyfikna på framtidens elsystem.

Läs mer på www.framtidenselsystem.se.

POWER CIRCLE

Electricity for sustainable energy



Förord

FORSKNINGSFRONTEN NÄR DET gäller batteriers roll i energisystemet förflyttas ständigt, och kunskapen har onekligen utvecklats under de år som projekten i denna syntes sträckt sig över. Vi önskar med denna publikation ge dig en bild både över de resultat och lärdomar som forskningen lett till men också över bredden av batteriprojekt i portföljen. Syntesen tar sin utgångspunkt i de projekt inom SamspeL som utförts under de senaste två till tre åren och berör batterilager. För att sätta resultaten i en branschkontext och ge en helhetsbild tar syntesen även upp några andra aktuella batteriprojekt.

I denna syntes är projekten uppdelade i fyra teman utifrån batteriers olika placering, egenskaper och nyttor:

- Bakom mätaren – ökad egenanvändning och kapade toppar
- Frikopplad – mikronät och ödrift
- Nätansluten – nätkapacitet och stödtjänster
- Optimerad – smarta driftstrategier

Därefter kommer ett kapitel om affärsmodeller och lönsamhet och ett annat om forskningsbehov framåt som samlar ihop resultat och lärdomar från samtliga projekt i denna syntes.

Trevlig läsning!



A handwritten signature in purple ink that reads "Johanna Lakso".

JOHANNA LAKSO, vd Power Circle

Energilager i framtidens elsystem

ELSYSTEMET GENOMGÅR EN stor omställning. En allt större del av elproduktionen genereras från förnybara och variabla källor som sol- och vindkraft. Industrier och transporter elektrifieras och skapar ökad efterfrågan på el och nya konsumtionsmönster.

I det system som växer fram blir energilager en kritisk komponent på många nivåer. De kan flytta energi från tidpunkter med hög produktion av sol- och vindkraft till timmar med lägre produktion och de kan avhjälpa nätkapacitetsbrist genom att mata in el i nätet lokalt. De kan bidra med stödtjänster för att reglera spänning och frekvens och kan möjliggöra ödrift under avbrott.

Just nu ser vi ett stort fokus på batterier, vars teknikkostnader sjunker snabbt och som har flera fördelar i framtidens elsystem. Batterilager kan placeras på olika platser i elnätet; i transmissionssystemet, i distributionssystemet, i anslutning till produktion eller hos konsumenten. De kan generera olika nyttor beroende på var de placeras och hur de styrs. De kan också installeras snabbt och modulärt.

Även om vi börjar se en begynnande lönsamhet för vissa applikationer finns ännu relativt få kommersiella energilager i elsystemet och marknadsaktörer har många frågor som behöver besvaras. Till vilka applikationer kan vi använda batterier? Vem ska äga dem och hur skapas en lönsam affär? Hur ska smarta driftsstrategier utformas?

Det finns ett stort antal forsknings-, utvecklings- och demonstrationsprojekt med målsättningen att svara på dessa frågor och ambitionen med denna syntes är att sam-

manställa kunskapsläget där vi står idag. Syntesen tar sin utgångspunkt i de projekt inom SamspeL som utförts under de senaste två till tre åren och berör batterilager. För att sätta resultaten i en branschkontext och ge en helhetsbild tar syntesen även upp några andra aktuella batteriprojekt.



Två röster om forskning och innovation om batterier

Hur står sig svensk forskning om batterier i energisystemet? Och hur använder Energimyndigheten själva forskningsresultaten från Samspelet? Vi har pratat med Fredrik Lundström, programansvarig på Energimyndigheten.



Fredrik Lundström, Programansvarig på Energimyndigheten

Vad är målsättningen med Fol:n inom forsknings- och innovationsprogrammet Samspelet?

– Vi ser att det behövs ett systemtäckande perspektiv

kopplat till elsystemet och elnätet, men också mer forskning om de olika aktörerna som samverkar på marknaden. Målsättningen för Samspelet handlar om samspelet och utvecklingen av elsystemet för att skapa förutsättningar att nå de klimatpolitiska målen. Både det energi- och klimatpolitiska målet om 100 % förnybar elproduktion och målet om ett långsiktigt hållbart energisystem med nettonollutsläpp.

Inom Samspelet bedrivs en hel del forskning på batterier. Varför är det viktigt att forska på batterier, och varför är de viktiga för elsystemet?

– Generellt är energilagring en jätteviktig funktion som vi är helt beroende av i vårt befintliga energisystem. Idag lagras mycket energi i form av bränslen. När vi får en större andel förnybara energiresurser som t.ex. sol och vind får vi nya förhållanden att ta hänsyn till, som hur vi ska ta tillvara på energin när den finns tillgänglig. Då behöver vi kunna lagra den, för att matcha med tillfällena när vi vill använda den. Batterier ger en möjlighet att kunna flytta energianvändningen i tid och rum.

Om man tittar globalt har ju batteriinstallationer

börjat dyka upp i elsystemet på flera håll, men i Sverige har det ännu inte tagit fart. Vad tror du det beror på?

– Det finns inget jätteenkelt och entydigt svar, men jag ser flera faktorer som man kan peka på. För det första har vi fram till nu kunnat tillgodose väldigt många av de behov vi haft i energisystemet. Även vid förändringar i systemet, som vid ökad andel vindkraft, har vi haft bra vattenkraftresurser som hjälpt till att skapa en bra flexibilitet. Vi har också haft bra kapacitet i elnätet. För det andra handlar det såklart om hur reglering och elmarknad sett ut, och vad det funnits för incitament att ansluta batteriteknik till det system och de förutsättningar vi haft fram till nu.

Finns det något Fol-område där Sverige ligger i framkant när det gäller batterier?

– Det finns framgångsrik forskning kring batterimaterial och framtidens batteritekniker i Sverige. Den forskningen och de resultaten är inte bara relevanta för elsystemet, utan fler applikationer. Sett till systemperspektivet ligger vi ganska långt fram gällande samarbeten mellan

olika system och aktörer, t.ex. på fastighetsnivå där man valt batterier för tillämpningar i lokala energisystem, men vi är inte unika här.

Har Energimyndigheten dragit nytta av några lärdomar från batteriprojekten inom SamspeL?

– De mer direkta slutsatserna från projekten har varit viktiga underlag inte minst för policyarbetet internt på Energimyndigheten. Vi använder även resultat och slutsatser från forskningen när vi diskuterar frågor med andra myndigheter samt när vi ger input till olika remisser. Andra viktiga lärdomar har varit att se vad som händer runtom oss i andra länder. Genom internationella samarbeten inom SamspeL-projekten får vi en bra inblick i områden där andra länder ligger i framkant.



Hur viktiga är batterier i framtidens elsystem och vad händer i Europa? Vi har pratat med Ilka von Dalwigk som är Policy Manager på InnoEnergy och arbetar med den europeiska batteri-alliansen.



Ilkavon Dalwigk, Policy Manager på InnoEnergy och engagerad i den europeiska batteri-alliansen

Hur viktiga ser ni att batterier kommer vara i elsystemet, jämfört med andra lagringstekniker?

– Kanske allra viktigast, tillsammans med vätgas. Vi har märkt att batterier blir allt viktigare på flera användningsområden, när alltmer förnybar energi kommer in.

Inom vilka områden sker det mest utveckling just nu?

– Tekniskt pågår mycket forskning för att hitta nya, mer hållbara material. Framförallt vill man minska mängden kobolt, men mycket forskning görs också på elektrolyter. Mycket av utvecklingen går mot det som kallas solid state-batterier. Ett annat område är forskningen på nya

batterikemier. Där tittar man mycket på hur datorstödd intelligens kan förutsäga hur blandningar av element kommer att reagera. Affärsutveckling är också ett stort område, där är nätintegrerade batterier och återvinning centrala frågor.

Kan du berätta om något av de företag ni stöttar just nu, som innoverar kring batterier?

– Altris som gör natriumbatterier, en helt ny kemityp som börjar växa. Inom batteriområdet har vi dessutom investerat i företag som Northvolt som är batteriproducent, och Skeleton som producerar så kallade superkondensatorer. Utöver det stöttar EIT InnoEnergy flera företag med innovativa lösningar för både transmissions- och distributionsnätet, som t.ex. Hibreak som utvecklar nya lösningar för kontroll och skydd av transmissionsnätet.

Skiljer det sig vilka batteriapplikationer som är intressanta ute i Europa jämfört med i Sverige?

– Fordonsindustrin är generellt den som driver utvecklingen i alla länder, men vissa länder har börjat titta mer på andra användningsområden. Tyskland har t.ex. omfamnat stationär lagring och blivit ledande i frågan om hemmalagring, mycket tack vare de tidigare stöden man kunde få för solenergi på sitt eget hus, och den lagstiftning som gjort det lönsamt för privatpersoner att ha egenanvändning. Även Italien och Frankrike har gjort försök. Sverige, i alla fall på den privata sidan, ligger inte riktigt lika långt fram.

Bakom mätaren – ökad egenanvändning och kapade toppar

Fastighetsbolag och industrier kan använda batterier bakom mätaren för att öka egenanvändning av egenproducerad el – ofta solet – och för att sänka effekttoppar med drivkraften att sänka elnätsavgiften. Ägare av laddstationer för elbilar tittar också på batterier för att möjliggöra snabbladdning där elanslutningen dröjer eller blir för dyr. Vad visar forskningen på området?

ETT OMRÅDE SOM undersöks i flera projekt är batterier bakom mätaren i större fastigheter. Ofta görs det som en del av ett system med komponenter såsom solceller, elbilsaddning, laststyrning och i vissa fall även tillsammans med likströmsnät. Syftet med många av projekten är att både demonstrera den faktiska tekniska lösningen och att undersöka de ekonomiska förutsättningarna. Rent tekniskt har projekten visat att batterier kan integreras i ett fastighetssystem utan nämnbar påverkan på elkvaliteten, men att det finns ett behov av standardisering kring hur batterier kommunicerar med styrsystem och andra komponenter såsom elbilsaddare.

Både resultaten från projekten och branschens aktörer pekar på att det är kapning av effekttoppar som är den stora nyttan i större fastigheter, även om många fastighetsbolag och flera projekt i SamspeL-portföljen närmar sig batterier med det primära syftet att öka egenanvändningen av solet.

»BÅDE RESULTATEN FRÅN PROJEKTEN OCH BRANSCHENS AKTÖRER PEKAR PÅ ATT DET ÄR KAPNING AV EFFEKTOPPAR SOM ÄR DEN STORA NYTTAN«

Elpriset i Sverige är helt enkelt inte tillräckligt högt för att denna applikation ska bidra mer än marginellt till batteriets lönsamhet, till skillnad från exempelvis Tyskland.

Det finns även flera exempel på externa projekt (utanför SamspeL-portföljen) med batterier i större fastigheter. ÖrebroBostäder har installerat ett antal batterier på över 100 kWp tillsammans med solet och elbilsaddning med V2G,¹ i FED-projektet på Chalmers används ett batteri tillsammans med lagring i värme och kyla,² och BRF Viva där begagnade bussbatterier används för att bland annat lagra solet och kapa effekttoppar.³ Både näringsliv

¹ ÖrebroBostäder, 2020 Smart stad. <https://www.obo.se/smart-stad/>

² Johanneberg Science Park, 2020 FED – Fossil-free Energy Districts <https://www.johannebergsciencepark.com/projekt/fed-fossil-free-energy-districts>

³ Johanneberg Science Park, 2020 Energilager i BRF Viva <https://www.johannebergsciencepark.com/projekt/energilager-i-brf-viva>

och projekt vittnar om att batterier som används för att hantera effektuttag i större fastigheter håller på att ta stegen från demonstration till kommersiell fas.

Ett annat område är batterier bakom mätaren hos företag och industrier. Även för industrier blir batterier ett sätt att kunna sänka elnätskostnader. Ett SamspeL-projekt visar att batterier är ett billigare alternativ än en säkringshöjning för att utöka verksamheten i en industri, i detta fall ett sågverk. Vattenfall, Boliden och Landskrona Energi driver också ett nystartat forskningsprojekt där ett 1 MWh/0,5 MW batteri ska installeras hos Boliden för att optimera industrins energi- och effektförbrukning, projektet är också finansierat av SamspeL.

För vissa kunder är ekonomin dock sekundär; i ett forskningsprojekt fokuserat på lantbrukare visade det sig till exempel att den största motivatorn hos denna kundgrupp var att öka egenanvändningen av solelen ur ett hållbarhetsperspektiv och att målgrupperna värderar självständighet och oberoende högre än ekonomi i vissa fall.

Andra projekt tittar mer specifikt på batterier för att hantera effektuttaget vid laddning av fordon. En utmaning i flera av projekten har varit att elbilsaddarna inte använts så mycket som förväntat, vilket har gjort det svårare att verifiera nyttan med batteriet. I ett av de fortfarande pågående SamspeL-projekten förväntas batteriet dock kunna sänka effektopparna vid en laddstation med hela 80 %, vilket baseras på faktiska mätningar av hur stationen används.

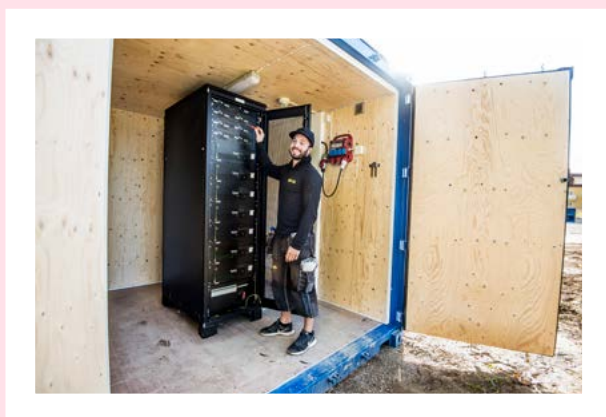
»ÄVEN FÖR INDUSTRIER BLIR BATTERIER ETT SÄTT ATT KUNNA SÄNKA ELNÄTSKOSTNADER.«



Batterilager för offentliga och kommersiella lokaler

Aktörer: Sustainable Innovation, Vattenfall, Askersunds kommun

Projektid: nov 2016 – oktober 2018



Batterilagret ligger i anslutning till det nybyggda kunskaps- och kulturcentrumet Sjöängen i Askersunds kommun.

Projektet installerade en pilotanläggning med ett system med batterilager (50 kWh) med styrning, solceller (100 kWp) samt snabbladdning av elbilar i en större fastighet i Askersund. Syftet var att skapa kunskap och praktisk erfarenhet inom optimering av batterier och energiflöden, samt att undersöka både tekniska och ekonomiska aspekter av konceptet.

Projektet testade flera driftstrategier, bland annat för att öka egenanvändningen av solek och för att utnyttja variationer i elpriset, men den största ekonomiska nyttan av batteriet visade sig vara att använda det för att kapa effekttoppar. Trots detta visade sig batteriet vara långt ifrån lönsamt. Vid tidpunkten för projektet beräknades att batterilager och styrutrustning skulle behöva komma ned i priser på 1700 SEK/kWh för att kunna återbetalas på 10 års tid. En annan slutsats var att det var svårt att pricka rätt effekttoppar och att maskininläring kunde vara ett viktigt verktyg här.

I demonstrationsprojektet genomfördes även ett test av ödrift med goda resultat. Batteriet, tillsammans med solceller, stöttade ett dieselaggregat och klarade av att hantera både större och mindre laster enligt kommunens kravspecifikation, dock med viss påverkan på elkvaliteten. I övrigt var påverkan från batterisystemet på elkvaliteten liten.

#ELKVALITET – #ÖKAEGENANVÄNDNING – #KAPAEFFEKTTOPPAR – #ÖDRIFT – #DRIFTSTRATEGIER
#AFFÄRSMODELLER – #ELBILSLADDNING



Energilagringlösningar i BRF Kontrollanten

Aktörer: Karlstads Universitet, Karlstad El & Stadsnät, Glava Energy Center, BRF Kontrollanten, HSB Energi Värmland.

Projektid: dec 2018 – dec 2020 (pågående)

Projektet utvärderar olika tekniker för att maximera egenanvändningen av solek i ett flerbostadshus med likströmsnät i Karlstad. Ett batteri (7,2 kWh) och en elbilspool samt laststyrning och möjligheten att aggregera mätning för fyra olika fastigheter i BRFen används. Utöver att maximera användningen av solek planeras batteriet även att användas för att kapa effekttoppar.

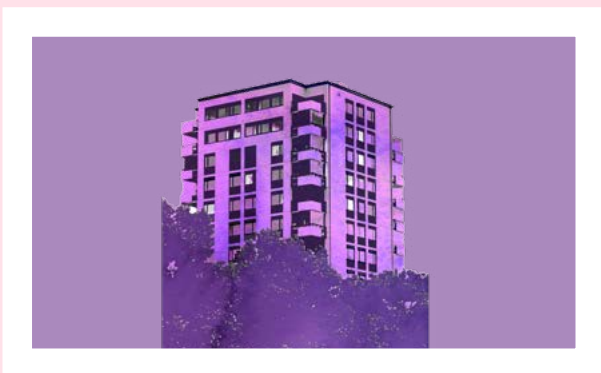
På grund av hur regleringen kring aggregerad mätning ser ut idag kommer detta endast testas i teorin baserat på mätvärden. En del i projektet har också varit dialogen med Energimarknadsinspektionen kring regleringen. Ytterligare en utmaning i projektet har varit den låga användningen av elbilspoolen. Projektet undersöker även elbilspoolen från ett tjänsteperspektiv och tar reda på de boendes inställning till hur de resonerar och faktiskt använder elbilspoolen under testperioden. Studiebesök i fastigheten planeras under hösten 2020.

#ÖKAEGENANVÄNDNING – #KAPAEFFEKTTOPPAR
#ELBILSLADDNING

»DC-snabbladdning för fastighetsintegration i stadsmiljö« och »Ta ledningen – Laddning«

Aktörer: CTEK, FreeThem Generation, Akademiska Hus, Chalmers Tekniska Högskola, Specificate Innovation, Ferroamp, No Picnic, Wallenstam.

Projektid: juni 2017 – april 2020 och nov 2016 – dec 2018



Det här är två tätt integrerade projekt som genomfört en pilotinstallation med ett batteri (100 kWh) i ett lokalt likströmsnät med solceller och snabbladdning förberett för V2G i en fastighet på Chalmers.

Projektet har utvecklat ett unikt koncept för snabbladdning i innerstadsmiljöer, där parkeringsplatser ofta finns

i anslutning till byggnader avskilt med en trottoar. Därför har kraftelektroniken och batteriet placerats i byggnaden frånskilt själva laddstationen. Genom att designa en laddare som är kopplad till byggnaden via en arm som går högt över trottoaren istället för genom marken, undviks både dyrt grävarbete men också att det lokala elnätsbolaget behöver involveras. Batteriets roll är att möjliggöra snabbladdning med högre effekter utan att påverka befintliga elanslutningar och abonnemang.

En utmaning i projektet var bristen på standardisering i kommunikationsprotokollen mellan komponenterna i systemet: batteriet, batteriets styrsystem och laddaren. Ytterligare en utmaning har varit att kunna testa V2G-funktionaliteten i laddaren. Detta på grund av att den är utvecklad för den europeiska laddstandarden CCS, men att arbetet med att få på plats V2G-kompatibilitet för bilar med CCS-uttag ännu inte är klart.

Snabbladdaren är i publik drift sedan september 2020. Nästa steg för projektdeltagarna är en möjlig kommersialisering av konceptet. Det är Akademiska Hus som äger både batteri och laddare och den vidare ambitionen är att kunna implementera detta system i flera av deras byggnader.

#ÖKAEGENANVÄNDNING - #KAPAEFFEKTTOPPAR
#ELBILSLADDNING

Integrerade batterilager, för att möjliggöra omställningen mot ett fossilfritt Sverige

Aktörer: Mälarenergi, Northvolt, Rocklunda Fastigheter
Projektid: dec 2018 – juni 2021 (pågående)

Projektet installeras och demonstreras tre olika batterilager i Västerås med en total kapacitet på 1-2 MWh. Målet är att validera de fördelar som batterilager kan ge elnätet, kunden och samhället i stort.

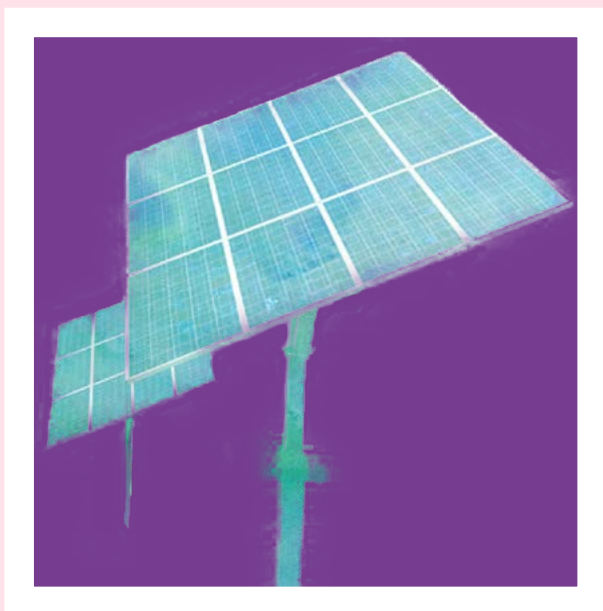
Ett av dem avser att sänka effektuttaget vid en laddstation för elbilar. Laddstationen har nio uttag på totalt över 200 kW (1 x 50 kW, 8 x 22 kW) och batteriet (220 kW/320 kWh) har dimensionerats för att sänka effekttopparna med 80 %. Batterisystemet är modulärt och kan skalas upp vid ökat laddbehov i framtiden. Det här är det första batteriet i sitt slag i Mälarenergis elnät. Det andra batteriet syftar till att minska effektuttaget hos en industri och tredje batteriet kommer installeras i en BRF med solceller och elbilsaddning med det primära syftet att öka egenanvändningen från solel. Status i projektet är att de första batterierna är på väg att installeras vid laddstationen.

#ÖKAEGENANVÄNDNING - #KAPAEFFEKTTOPPAR
#ELBILSLADDNING

Solbruket

Aktörer: *RISE, Vattenfall*

Projektid: *juni 2017 – dec 2018*



I projektet demonstrerades batterier bakom mätaren specifikt för lantbruk, där även svaga elnät som kan finnas på landsbygden är en drivkraft. Ett 30 kWh batteri installerades på en gård i Hälsingland och tre olika driftsstrategier testades: att kapa effekttoppar, öka egenkonsumtion av solet och att utnyttja variationerna i elpriset. En viktig del i det här projektet, som är en socio-teknisk studie, var att undersöka av vad som skulle motivera svenska lantbrukare med solet att också investera i batterier.

Även i detta projekt gav kapning av effekttoppar störst ekonomiskt utbyte. Däremot visade användarstudien att den största motivatorn hos de tillfrågade lantbrukarna var att öka egenanvändningen av solet ur ett hållbarhetsperspektiv. Den viktigaste utmaningen var osäkerhet kring batteriernas prestanda också över tid. Ekonomin kom alltså på andra plats både inom drivkrafter och upplevda hinder för just den här målgruppen. En intressant aspekt är även att den här målgruppen inte var intresserad av leasingavtal eller tredjepartslösningar, utan målgrupperna värderar självständighet och oberoende högt.

#ÖKAEGENANVÄNDNING – #KAPAEFFEKTTOPPAR

Modulär batterilagring

Aktörer: *Comsys, Krafringen, LTH*

Projektid: *dec 2018 – dec 2020 (pågående)*

Projektet tittar på batteriapplikationer hos industriella kunder, genom att utveckla ett energilager baserat på second-life batterier tillsammans med en modulär inverterlösning. Lösningen demonstreras i pilotinstallationer hos industriella kunder, varav en hos ett sågverk. Där gör batterilagret det möjligt att köra två sågar istället för en med samma säkring genom att kapa effekttoppar, vilket visade sig bli billigare än alternativet

som var att byta ut både kablar och transformator. Batterierna som används har tidigare suttit i bussar, och det visade sig att dimensionerna hos ett sådant batteri (60 kW/1 kWh) passade perfekt för den industriella cykeln hos sågverket. Lösningen gör det möjligt att använda flera second-life-batterier av olika typ och generation tillsammans, en fördel när fordonstillverkarna stadigt uppgraderar sina bilbatterier.

Att använda second-life-batterier har fördelar både ur ett ekonomiskt och hållbarhetsmässigt perspektiv. Projektet har dock upptäckt att det kommer med ett antal utmaningar: bilbatterier har en lägre spänning än batterier för elnätsapplikationer och de kräver vätskekyllning. Eftersom de inte är designade för andra applikationer är de dessutom svåra att serva – här skulle bil- och batteritillverkarna kunna tänka annorlunda i framtiden.

I skrivande stund är ett batterilag på väg att installeras i piloten hos sågverket. Även större installationer planeras framöver samt att undersöka möjligheten att sälja frekvensreglering till Svenska kraftnät.

#KAPAEFFEKTTOPPAR – #FREKVENSGREGLERING

Frikopplad – mikronät och ödrift

Batterier kan användas för dödnätsstart och för att kontrollera spänning och frekvens i små delar av elnätet som kan sättas i ödrift, så kallade mikronät. En viktig drivkraft bakom mikronät är att de kan vara ett sätt för elnätsbolag att förbättra avbrottsstatistiken i glesbefolkade områden, där det är för dyrt att kablifiera för samma ändamål. Den andra drivkraften är beredskap, där batterier kan skapa en trygghet för användarna – både för enskilda fastigheter och för avgränsade delar av samhället – genom att agera som reservkraft.

FLERA SAMSPEL-PROJEKT HAR genomfört lyckade demonstrationer av ödrift med hjälp av batterier. I Ludvika används ett batteri för att starta upp det lokala vattenkraftverket och tillsammans med vattenkraften och lokal solceller försörja ett antal prioriterade elanvändare. Lösningen är ännu unik i Sverige, men har förmodligen potential i fler delar av landet där det finns lokal vattenkraft.

Inom ramen för EU-projektet Interflex⁴ driver E.ON⁵ mellan 2017-2020 år ett lokalt, förnybart energisystem i Simris. Tillsammans med vindkraft och solceller samt en biodieseldriven reservgenerator installerades två batterier. Det ena är ett litiumjonbatteri (800 kW/330kWh) som används för att motverka snabba frekvensförändringar i ödrift och det andra ett flödesbatteri på (200kW/1,2 MWh) effekt används till att lagra energi vid produktionsöverskott och förse mikronätet med el vid produktionsunderskott.

»EN SPECIFIK OCH VÄXANDE BRANSCH DÄR BATTERIER UNDERSÖKTS ÄR DATACENTER, DÄR BATTERIER KAN ERSÄTTA DIESELGENERATORER FÖR RESERVKRAFT.«

⁴Interflex 2020, MULTI-SERVICE STORAGE & ISLANDING <https://interflex-h2020.com/results-and-achievements/multi-service-storage-islanding/?cn-reloaded=1>

⁵E.ON, 2020 Direkt från Simris <https://www.eon.se/om-e-on/innovation/lokala-energisystem/direkt-fran-simris>



När systemet är uppkopplat till elnätet används batteriet istället till att bidra med stödtjänster på systemnivå.

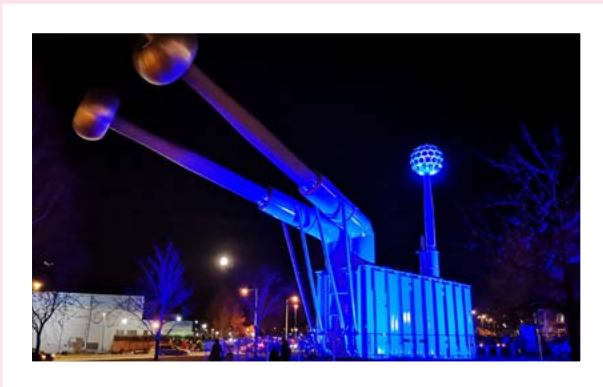
Dimensioneringen av batterier i mikronät är en viktig fråga för forskningen. Aspekter som påverkar dimensionering är hur länge ödrift ska kunna upprätthållas samt produktions- och konsumtionsprofiler i mikronätet. Det är av stor vikt att hitta strategier som gör att överdimensionering kan undvikas. En annan viktig aspekt är att titta på hur lång tid kommunikationen till batteriet får ta för att dödnätsstart ska undvikas. Forskningsresultaten visar att en kommunikationsfördröjning på några millisekunder är hanterbar.

En specifik och växande bransch där batterier undersökts är datacenter, där batterier kan ersätta dieselgeneratorer för reservkraft. Forskning inom Samspel har visat att det är möjligt att driva ett datacenter som ett mikronät i ödrift under vissa förutsättningar med hjälp av batteri och lokal sol. Samtidigt var ändamålet att datacentret på detta sätt ska kunna leverera efterfrågeflexibilitet.

Multifunktionellt lokalt energilager

Aktörer: *Samarkand/High Voltage Valley, VB Elnät, VB Kraft, Ludvika Kommun, Högskolan Dalarna, Sweco, ABB*

Projekttid: *dec 2018 – feb 2020*



Batterilagret i Ludvika är placerat i världens största transformatorlåda som döpts till Krafttanken.

Projektet har installerat, testat och demonstrerat ett batteri på 400 kWh/300 kW i Ludvika för att stötta övergången till ett lokalt och fossilfritt mikronät i ödrift vid längre elavbrott. Fallet som studerats är tre veckor vintertid. Batteriet används här för att starta upp det lokala vattenkraftverket och tillsammans med vattenkraften och lokal solel (218 kW) kan systemet försörja ett antal prioriterade elanvändare: räddningstjänsten, stadshuset

och ett IT-center. Solelen kan används för att återladda batteriet under ödrift.

En viktig aspekt i projektet har varit designen av systemet och dimensionering av batteriet både utifrån vattenkraftverkets effektbehov och utifrån beredskapsstrategiska aspekter. Elkvaliteten i mikronätet har studerats och vid till- och fränkoppling av laster är systemet stabilt med frekvensvariationer inom +/- 1 Hz och spänningsvariationer inom +/- 10 %.

Lösningen är ännu unik i Sverige, men i har förmodligen potential i fler delar av landet där det finns lokal vattenkraft. Projektet har bland annat identifierat ett antal intressanta kraftverk längs samma vattendrag.

Andra applikationer hos batteriet har även undersökts, såsom att stötta snabbladdning av elbilar, och framåt kommer det användas för att studera elkvalitet.

#DÖDNÄTSSTART – #ÖDRIFT



Kontroll och stabilitet av maskade mikronät med kommunikationsfel

Aktörer: *Chalmers, ABB, Vattenfall*

Projekttid: *jan 2017 – dec 2020*

Huvudsyftet med projektet är att analysera effekterna av kommunikationsfördröjning och -fel samt behov av styrtoggrannhet och stabilitet i ett maskat mikronät. Ett annat syfte är att studera hur ett batteri ska dimensioneras för att kunna dödnätstarta ett mikronät.

Aspekter som påverkar dimensioneringen är produktions- och konsumtionsprofiler i mikronätet och hur länge ödrift ska kunna upprätthållas, och en viktig aspekt är att hitta strategier som gör att överdimensionering kan undvikas.

En viktig del av projektet är dessutom att titta på hur lång tid kommunikationen till batteriet får ta för att dödnätsstart ska undvikas. Resultaten hittills visar att en kommunikationsfördröjning på några millisekunder är hanterbar. Nästa steg är att titta på med hjälp av vilka signaler batteriet själv skulle kunna upptäcka lokalt att det befinner sig i ödrift om kommunikationsfel uppstår.

Projektet modellerar händelseförloppen i ett mikrolab, men utgår från ett 10 kV nät i norra Sverige. I det

studerade nätet finns vindkraft och det undersöks även hur vindkraft skulle kunna hjälpa till i övergången till ödrift genom att bidra med syntetisk svängmassa.

#DÖDNÄTSSTART – #ÖDRIFT

MultiportGrid-Multi-sektoriell energikontroll genom sammankopplade mikronät av multiport som riktare

Aktörer: Chalmers, RISE, DTG-University of Padova, TeknoCEA, ABB, Azelio, Vattenfall Eldistribution, Akademiska hus

Projektid: sep 2019 – aug 2022

et här projektet syftar till att utveckla en helhetslösning för att optimalt reglera energiflödet mellan flera olika energibärare samt laster inom elektricitet, transport och värme. För att åstadkomma detta används energilagringlösningar och en innovativ ny komponent som utvecklas inom projektet, en så kallad multiportsomriktare. Denna möjliggör multipla AC- och DC-anslutningar och som kan koppla ihop två olika distributionsnät på ett

kontrollerat sätt. Detta gör att två distributionsnät kan dela på samma resurser, såsom en koppling till värmenätet eller till laddstationer för elbilar, och att det ena nätet kan »dela« resurser till det andra vid ödrift.

I projektet undersöks även hur dimensionering av batteriet kan reduceras med hjälp av resurser som laddning av elbilar, värme, och efterfrågefleksibilitet.

#DÖDNÄTSSTART – #ÖDRIFT

Integrering av datacenter med microgrid

Aktörer: Luleå Tekniska Universitet, ABB, Acon, E.ON Värme, Ericsson, RISE

Projektid: sep 2019 – aug 2022

rojektets syfte var att demonstrera att datacenter kan vara en viktig flexibilitetsresurs i elnätet. Ett datacenters huvudsakliga elkonsument består i drift av servrar samt kylning och projektet har undersökt möjligheten att leverera flexibilitet till elnätet genom lastfördelning i tiden eller genom att låta datacentret köras i ödrift.

Projektet tog fram en arkitektur för ett datacenter i ett mikronät med batteri och solceller. Därefter byggdes en demonstrationsanläggning i RISE provmiljö för datacenter baserat på arkitekturen. Där har modellering

genomförts, som i sin tur validerats med data från ett kommersiellt datacenter.

Resultaten från projektet visar att det är möjligt att driva ett datacenter som ett mikronät i ödrift under vissa förutsättningar, och då får datacentret sin kraftförsörjning från den egna solelen. Dessutom kan lokal kylenergilagring minska det externa energibehovet under perioder av topplast.

Projektet arbetade även med affärsmodeller för att driva ett datacenter i mikronät. Slutsatserna här visade att det vid tiden för projektet fortfarande var ett alltför tidigt skede för att avgöra lönsamheten för en mikronätlösning och det var inte tydligt vilken aktör som skulle göra investeringen. Däremot identifierades frekvensreglering som en möjlig intäktström.

Testmiljön som byggdes upp i projektet kommer användas i det nyligen uppstartade projektet SONDER som också finns i SamspeL-portföljen, och som undersöker efterfrågefleksibilitet från mikronät med datacenter vidare.

! Kolla även in projektet »Batterilager för offentliga och kommersiella lokaler« som också undersöker ● ödrift för större fastigheter.

#FREKVENSSREGLERING – #MINSKAEFFEKTTOPPAR – #ÖDRIFT – #AFFÄRSMODELLER

Nätansluten – nätkapacitet och stödtjänster

När andelen variabel kraft ökar i elsystemet ändras vissa egenskaper som påverkar elsystemets stabilitet. Batterier kan reagera snabbt och precist och generera många stödtjänster till det nationella elsystemet, såsom exempelvis frekvensreglering. De lokala elnätbolagen kan också ta hjälp av batterier för att avhjälpa nätkapacitetsbrist eller skjuta upp investeringar samt reglera spänning, reaktiv effekt och elnätskvalitet.

ETT PROJEKT HAR testat att använda energilagring som ersättningströghet i ett kraftsystem dominerat av förnybart med goda resultat. Beräkningar visar att om halva den nordiska svängmassan skulle ersättas med energilagring enligt den utvecklade lösningen så räcker det med 29 MW/1 MWh för att klara normaldriftsreserven.

Även flera av de SamspeL-projekt som nämnts tidigare i rapporten undersöker möjligheten att stötta elnätet lokalt eller nationellt utöver de lokala nyttor batteriet ska leverera. Resultat från de projekten har bland annat visat att batterier, utöver de lokala nyttorna för ett datacenter, kan användas för att leverera frekvensreglering på marknaden för FCR-D. Ett av projekten levererar bud till Svenska kraftnät sedan januari 2020 men kikar nu även på ytterligare marknader.

Det finns också många externa projekt, både inom FoI och på den kommersiella marknaden, som använder batterier för olika typer av stödtjänster. I somras meddelade exempelvis Fortum att deras bolag Fortum Spring kan använda 0,3 MW av backup-batterier från en serverhall i Stockholm som ett virtuellt kraftverk.⁶ Under våren kom också

nyheten att Power2U kunde leverera frekvensreglering på FCR-N från ÖrebroBostäders batterier på tillsammans 100 kWp, efter arbete i det externa projektet CODES.⁷

Att kombinera batterier med vattenkraft för att leverera frekvensreglering gör att dimensioneringen av batterierna kan hållas nere samtidigt som slitaget på turbinerna kan minska genom att batterierna hanterar de snabba frekvenssvängningarna. I Fors-huvud har Fortum installerat ett batterisystem på 5 MW/6,2 MWh med detta syfte⁸ och Uniper har nyligen lanserat en lösning med batterier dimensionerade för att ersätta rotationsenergi som ska testas vid två vattenkraftverk i Sverige under 2020.⁹

⁶ Fortum, 2020 Fortum och Bahnhof i nytt samarbete om virtuellt kraftverk <https://www.fortum.se/media/2020/06/fortum-och-bahnhof-i-nytt-samarbete-om-virtuellt-kraftverk-kan-pa-sikt-hjalpa-till-att-hantera-stockholms-effektbrist-i-elnetet>

⁷ Power2U, 2020 Så blir dina batteriinvesteringar lönsamma <https://www.power2u.se/nyheter/the-energy-market-landscape-is-changing-fundamentally-2>

⁸ Fortum 2019, Vår unika batterilösning vid Forshuvuds kraftverk <https://www.fortum.se/om-oss/hallbarhet/investering-ar-i-vattenkraft/var-unika-batterilosning-vid-forshuvuds-kraftverk>

⁹ Uniper, 2020 Vattenkraft med storskalig batterilösning ska ge ökad stabilitet i elsystemet <https://www.uniper.energy/sverige/nyheter/vattenkraft-med-storskalig-batterilosning-ska-ge-okad-stabilitet-i-elsystemet/>



Regionala flaskhalsar i elnätet har skapat behov av att upphandla resurser mer lokalt och även där kan batterier stötta. För elnätsbolag är lokal effekt och möjligheten att använda batterier som reservkraft för att minska avbrott de primära drivkrafterna. En fördel med batterier gentemot traditionell nätutbyggnad är också att det går snabbt att bygga ut. Dessutom blir nätutbyggnaden mer flexibel, vilket passar i ett system där efterfrågan förändras snabbt.

Inom ett av SamspeL-projekten gjordes en genomgång av befintliga batteriprojekt och -studier nationellt och globalt. Tillsammans med resultaten från en fallstudie drog de slutsatsen att det är möjligt att med batterier avhjälpa utmaningar som kan uppstå i distributionsnäten i framtiden på grund av hög penetration av sol och elbilsladdning. Batteriet i fallstudien användes dock endast under ett fåtal timmar per år, vilket gjorde att även detta projekt drog slutsatsen att batterier för lokal nätnyttan kan kombineras med att leverera stödtjänster till nationella marknader för att öka lönsamheten.

I Uppsala, där kapacitetsbristen mot överliggande nät är en verklighet, bygger Vattenfall landets första storskaliga batteri kopplat direkt till elnätet med det primära syftet att förse elnätet med effekt lokalt. Batteriet är på 5 MW/20 MWh och förväntas tas i drift under hösten 2020, vilket gör att projektet kommer att vara klart på under ett år från investeringsbeslut.¹⁰ Det kommer främst användas för lokal effekt i december till februari, och för andra tjänster såsom frekvensreglering mot Svenska kraftnät resten av tiden.

-
- ! Kolla också in projekten »Batterilager för offentliga och kommersiella lokaler« och »Multifunktionellt energilager« och »Modulär batterilagerlösning« som undersöker påverkan på elkvalitet från ett batteri.
-

¹⁰ Vattenfall, 2020 Vattenfall bygger unikt batterilager i Uppsala <https://group.vattenfall.com/se/nyheter-och-press/nyheter-pressmeddelanden/nyheter/2020/vattenfall-bygger-unikt-batterilager-i-uppsala>

Ersättningströghet för ett kraftsystem dominerat av förnybara källor

Aktörer: Uppsala Universitet, Vattenfall, Energiforsk

Projektid: juli 2017 – juni 2019



Projektet har utvecklat och demonstrerat ett sätt att leverera syntetisk svängmassa som är kontinuerligt aktiv från energilagrar. Projektgruppen har tidigare utvecklat styrmetoder och regulatorer för ändamålet och i detta tog man fram hårdvara som kan leverera syntetisk svängmassa. Till skillnad från den syntetiska svängmas-

sa som idag levereras från exempelvis vindkraft, vilken är ett snabbt svar på en frekvensavvikelse, är denna proportionell mot derivatan av frekvensen och därmed mer lik traditionell svängmassa.

Systemet består av en superkondensator, omriktare och styrsystem. Anledningen att superkondensatorer används i projektet snarare än batterier, är att de kan cyklas fler gånger och att de har en snabbare ramphastighet. Systemet skulle dock kunna kompletteras med batterier som skulle kunna leverera frekvensreglering på någon av Svenska kraftnäts balansmarknader.

Systemet har testats på en testrigg med goda resultat och beräkningar visar att om halva den nordiska svängmassan skulle ersättas med dessa energilagrar så räcker det med 29 MW/1 MWh för att klara normaldriftsreserven. Nästa steg är att testa systemet vid en vattenkraftsstation, där systemet kommer hantera de snabba frekvensförändringar som vattenkraften inte är lika lämpad för.

Svängmassa är en stödtjänst till systemet som idag inte handlas på en marknad och inte heller är ett direkt krav från nätägaren, och en fråga som uppstått under projektet är hur Svenska kraftnät planerar att hantera detta framöver. En annan frågeställning är de affärsmässiga aspekterna av lösningen – kan lönsamhet uppnås även utan en marknad för svängmassa genom att spara slitage på vattenkraftverken?

#FREKVENSSREGLERING

Lokal energilagring eller traditionella nätförstärkningar?

Aktörer: Power Circle, Uppsala universitet, RISE

Projektid: jan 2019 – april 2020

Projektet undersökte batterier som alternativ till traditionell nätutbyggnad för att lösa problem som kan uppstå i elnätet i framtiden, till exempel på grund av småskalig produktion av sol och laddning av elfordon. Frågeställningen var i vilken utsträckning det är möjligt att ersätta eller skjuta upp nätinvesteringar med hjälp av batterier ur ett tekniskt-, ekonomiskt- och ett aktörsperspektiv.

Slutsatsen var att det är komplext att jämföra batterier med traditionella investeringar, då batteriet kan leverera fler nyttor till flera olika aktörer. Dessutom tar en direkt jämförelse inte hänsyn till tidsaspekten och vad samhället förlorar på att utvecklingen stannar av i väntan på nätutbyggnad.

Projektet drog slutsatsen att det är bättre om någon annan än elnätsbolagen investerar i batterier, både då det är svårt lagstiftningsmässigt och då behovet i det studerade nätet enbart uppstod ett fåtal timmar under vinterhalvåret. Detta betyder dock att batteriet hade stor kapacitet att användas till stödtjänster resterande tid, och om elnätsbolaget köper tjänster från ett batteri

istället för att äga det kan de skjuta upp eller ersätta nätinvesteringar för en bråkdel av kostnaden.

Projektet har genom en intervjustudie också tittat på hinder och drivkrafter för nätbolagen att investera i nya tekniker. Kortfattat finns flera hinder kopplade till kultur och kompetensbrist internt men även resurser och reglering har identifierats, samtidigt som drivkrafterna verkar vara mer person- eller situationsberoende. Ett av de största upplevda hindren är hur nätbolagen ska få betalt för att upphandla tjänster från en tredjepartsaktör.

#SKJUTAUPPNÄTINVESTERINGAR #SPÄNNINGSREGLERING
#AFFÄRSMODELLER

DELAKTIG – Distribuerat energilagring som tjänst i ett förnyelsebart elsystem

Aktörer: *Multigrid Data Centers*

Projektid: *juli 2018 – maj 2020*

Projektet syftade till att demonstrera en affärsmodell och ett tekniskt system för ett distribuerat energilagring i en datahall. En frågeställning var vilken påverkan på teknik och ekonomi det har att använda ett batteri som levererar reservkraft till datahallen även till att kapa

effekttoppar och leverera stödtjänster till elnätet. Den andra frågeställningen var hur lösningen bör utformas (tekniskt och kommersiellt) samt hur regleringen bör se ut.

Projektet har visat att batterier (2 enheter med tillsammans 600 kW/200 kWh), utöver de lokala nyttorna, kan användas för att leverera frekvensreglering på marknaden för FCR-D. En viktig del i projektet har varit dialoger med Svenska kraftnät och lösningen blev godkänd som leverantör av FCR-D i slutet på 2019 och började leverera bud i januari 2020. Projektet har även gjort sig redo att leverera både FCR-D och FFR samtidigt.

Projektet tog fram en affärsmodell för »battery energy storage as a service«. Även algoritmer för optimering av batteriet har utvecklats samt stödverktyg för att kommunicera bud till balansansvarig och för att prediktera priser på balansmarknaden. Resultaten visar att slitaget på systemet inte har ökat märkbart med leverans av ytterligare tjänster och att lösningen är tillräckligt lönsam för att ha kommersialiseringspotential. Kommersialisering är nästa steg för projektutförarna.

Några lärdomar från projektet är att det existerar både tekniska och processmässiga trösklar vid inkoppling till det lokala elnätet och att flertalet lokala elnätsägare inte är förberedda för batterier i näten. Det var även svårt att köpa batterier i små ordrar från batterileverantörerna och växelriktare hade inte de fullständiga tekniska funktionerna som krävdes i projektet.

! Kolla även in projekten »*Prognostisering för styrning av lokalt batterilagring*« och »*Realtidsstyrning av Batterilagring för Framtidens Flexibilitetsbehov*« som också undersöker frekvensreglering som del av smart batteristyrning.

#FREKVENSSREGLERING - #MINSKAEFFEKTTOPPAR - #RESERVKRAFT - #DRIFTSTRATEGIER
#AFFÄRSMODELLER



Optimerad – smarta driftstrategier

För att utnyttja batterierna effektivt kan ett och samma batteri användas till flera olika applikationer, exempelvis kapa effekttoppar, frekvensreglering, flaskhalshantering, reservkraft, maximera egenanvändning av elproduktion, samt spänningsreglering. Flera av projekten undersöker multipla applikationer och forskningen hittills har genomgående visat att detta, som ofta refereras till som »service stacking«, är nödvändigt för att nå lönsamhet i dagsläget. Hur ska dessa batterier driftas för att optimera nyttorna?

DET HAR VISAT SIG SVÅRT att ta fram optimala driftsstrategier med enkla nätsimuleringsmodeller, då batteriet behöver optimeras för de olika nyttorna och ha beredskap för att både kunna ladda i och ur beroende på behoven i systemet. Ur denna insikt kommer behovet att utveckla driftsstrategier och avancerade algoritmer - ofta med hjälp av maskininlärning och AI – som optimerar hur batteriet används för olika tjänster, vilket är något som ett antal av de lite nyare projekten inom programmet undersöker.

Forskningsportföljen innehåller också utveckling av avancerade styralgoritmer för en bredd av olika typer av kunder. Ett projekt utvecklar avancerade styrstrategier för att optimera egenanvändningen av solel tillsammans med andra batterinyttor hos hushållskunder, med målet att ta fram en optimal dimensionering av anläggningen hos olika typkunder. Ett annat fokuserar på större fastigheter, men även på vätgaslagring i kombination med ett batteri. Här tas det även hänsyn till hur batteriets hälsa påverkas av styrningen med målet att kunna svara på frågan om styrningen sliter mer på batteriet än vad som tjänas på den. Ett tredje utgår från en industrikund, vars batteri

bland annat kommer sälja flexibilitet på CoordiNETs marknad i Skåne.

Det externa projektet CODES har intressanta slutsatser om när i tid batteriet ska användas till olika applikationer. När fastigheten själv har hög elanvändning ska batterierna användas bakom mätaren, vilket för projektets bostadshus var dagtid och kvällstid. Egenproducerad solel lagras dagtid. Till frekvensreglering kunde batterierna användas nattetid och tidig morgon, vilket sammanfaller med större behov och högre priser på balansmarknaderna.¹¹

En annan viktig lärdom från ett SamspeL-projekt är utmaningen i att få olika komponenter att kommunicera med varandra utan standarder och färdiga protokoll. Denna kommunikation är helt nödvändig för att bygga smarta driftstrategier, och behov finns därför av att utveckla standarder.

¹¹CODES, 2018, Slutrapport till Energimyndigheten

ACES – Adaptiv Styrning av Energilagrar

Aktörer: *Metrum Sweden AB/WSP, RISE, Glava Energy Center, Insplorion, ABB, VänerEnergi (Sverige), Embriq (Norge), Mincom, Fraunhofer, Krebs Engineers (Tyskland)*

Projektid: *sep 2018 – mars 2021*

Projektets huvudfokus är att utveckla och testa algoritmer baserat på mönsterigenkänning för att optimera användandet och lönsamheten i ett batteri som används till en rad olika tjänster, såsom energilagring, reservkraft, lastutjämning, styrning av elproduktion, spänningsreglering, samt filtrering och övertoner. Även hybridlösningar med lagring av vätgas ingår.

Algoritmerna demonstreras på tre olika sidor med olika egenskaper. I en av HSB Karlstads bostadsfastigheter används batteriet tillsammans med solceller och elbilsaddning för att optimera fastighetens energi- och effektförbrukning. Den andra, i Tyskland, kommer utöver ovanstående att använda batteriet för att leverera reaktiv effekt. På den tredje sidan, hos VänerEnergi, används batteriet tillsammans med vätgaslagring (150 kWh/50 kW). Umeå Energi har varit delaktiga i utvecklingen av algoritmer för prediktion av reaktiva effektutmaningar.

I tillägg till att leverera tjänster inom fastigheten och till det lokala och nationella elnätet kommer algoritmerna

generera input till ett faktureringsystem gentemot batteriets olika intressenter och ta hänsyn till hur batteriets hälsa påverkas av styrningen. Det senare görs i en separat del av projektet, som utvecklar en nanosensor, och målet är att kunna svara på frågan om styrningen sliter mer på batteriet vad än som tjänas på styrningen. Även prognostisering av förbrukning, produktion och effektlöden ingår för att generera styrsignaler.

En viktig lärdom från projektet hittills är utmaningen som ligger i att få olika komponenter att kommunicera med varandra utan standarder och färdiga protokoll. I skrivande stund har projektet dock lyckats integrera sin lösning med Ferroamps Energyhub, via ett öppet och nyutvecklat API. Med detta kan projektet nu skicka automatiserade styrsignaler via molnet till demositen i Karlstad.

Resultaten från projektet kommer att ligga till grund för framtida studier, även inom andra användningsområden såsom hos företag och eventuellt industrier.

#REAKTIVEFFEKT - #FLASKHALSHANtering - #ELKVALITET -
#ÖKA EGENANVÄNDNING
#MINSKA EFFEKT TOPPAR - #RESERVKRAFT - #VÄTGAS -
#DRIFTSTRATEGIER

Prognostisering för styrning av lokalt batterilagrar

Aktörer: *RISE, Chalmers Tekniska Högskola, Uppsala Universitet, Herrljunga Elektriska, Trä- och möbelföretagen (TMF), Cell Solar*

Projektid: *jan 2019 – dec 2020*

Projektet utreder hur batterier ska utformas och användas i småhus, samt utvecklar batteristyrning baserat på AI-modeller för prognostisering av lastanvändning och solcellsproduktion. Nyckelfrågan är vilka förutsättningarna är för att nå lönsamhet för slutkunder och målsättningen är att kunna rekommendera en optimal dimensionering och användning av ett system med batteri och solceller utifrån olika kundkluster.

Detta görs genom att studera över 3000 användarprofiler i Herrljungas nät. Genom att ta reda på hur förbrukningen kommer att se ut, hur mycket solel som kommer att produceras och hur elpriset kommer att vara de kommande 24 timmarna kan man lägga upp en styrning av batteriet som gör att användningen blir så lönsam som möjligt.

Den prioriterade applikationen i det här projektet är egenanvändning, men utöver det studeras även hur batteriet kan användas till andra tjänster såsom frekvensreglering. En del i projektet är att, med hjälp av uppmätta frekvensvariationer i elnätet, studera hur de matchar med tillgänglig effekt i batteriet. Projektet har

även gjort mätningar för att se hur batteriets verkningsgrad ser ut under dynamiska förhållanden och modellerat variationerna över ett helt år för ett småhus med PV och batteri.

Styrningen ska demonstreras i RISEs Forskningsvilla i Borås och modellerna som utvecklas finns tillgängliga på GitHub att ladda ned. Resultaten hittills visar att det är svårt att få lönsamhet för hushållskunder idag, men lönsamheten är även starkt påverkad av de regelverk som finns, såsom skattereduktion för försäljning av sole.

#FREKVENSGREGLERING – #ÖKAEGENANVÄNDNING – #MINSKAEFFEKTTOPPAR – #DRIFTSTRATEGIER

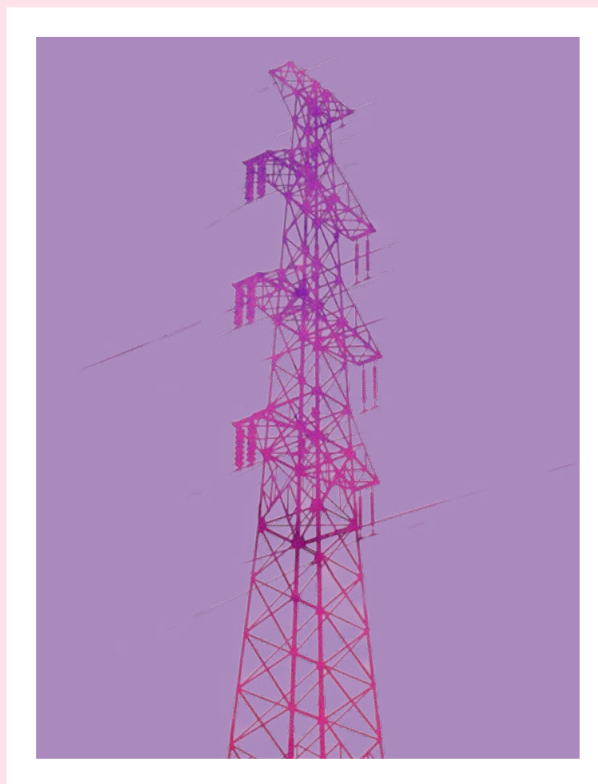
Realtidsstyrning av Batterilager för Framtidens Flexibilitetsbehov

Aktörer: *Vattenfall, Boliden, Landskrona Energi*

Projektid: *feb 2020 – juli 2022*

Det här projektet avser att utveckla en avancerad styralgorithm för ett batteri som står placerat på Bolidens blyåtervinningsfabrik i Landskrona. Projektet ska utvärdera ett antal »stackade« tjänster: prisoptimering för kund (med avseende på effekttariff och timvis spot-

pris), effektbrist i regionnätet (genom att delta på E.ONs lokala flexibilitetsmarknad CoordiNet i Skåne), frekvenstjänster mot Svenska kraftnät (planen är att delta med FCR-D) och eventuellt lokalnätsnytta.



Batteriet har i dagsläget provkörts hos Boliden och själva pilotdriftperioden är planerad att pågå från november 2020 till mars 2022. Planen är att utveckla och testa styrning och algoritmer på en verklig marknad just utifrån denna kunds förutsättningar.

! Kolla även in projektet »*DELAKTIG*« som också arbetat med att ta fram driftsstrategier för ett batteri i ett datacenter.



Affärsmodeller och lönsamhet

Affärsmodeller och lönsamhet är en knäckfråga för branschens aktörer. Många av projekten i rapporten undersöker detta i olika grad och här finns både slutsatser att ta med sig från kunskapsläget idag och frågor som behöver undersökas vidare framöver. Batterier är fortfarande en dyr investering och att nå lönsamhet är ofta utmanande, även om de första kommersialiserbara applikationerna nu börjar ta form.

FÖR BATTERIER BAKOM mätaren hos slutkund är den största ekonomiska vinningen att kapa effekttoppar – att bara öka egenanvändning av sole är marginellt för ekonomin i dagsläget. Med större skillnader i elpriser mellan timmarna på dygnet kan hemmabatterier tillsammans med solceller komma att bli lönsamma på sikt såsom de är idag i Tyskland. Än så länge drivs detta segment dock av kunder som är intresserade av teknik och hållbarhet. Lönsamheten för hushållskunder idag är även starkt påverkad av de regelverk som finns, såsom skattereduktion för försäljning av sole.

De segment som i dagsläget gått förbi pilotstadiet, och där batterier redan idag kan bli en lönsam investering, är batterier i större fastigheter samt i datacenter. För fastigheter kommer det viktigaste ekonomiska bidraget från att kapa effekttoppar och därmed sänka effektabonemanget eller undvika en nyanslutning när beho-

vet ökar, exempelvis på grund av laddning av elbilar. Lönsamheten påverkas dock av fastighetens behov och därmed batteriets storlek. Även vilket elnätbolag kunden är kopplad till påverkar lönsamheten för applikationer bakom mätaren, då utformningen av elnätstariffen spelar stor roll.

Genomgående pekar dock resultaten från de projekt som undersökt lönsamhet på att batterilagret behöver användas till flera tjänster för att uppnå lönsamhet, så kallad »service stacking«. Det kan exempelvis handla om att ett elnätbolag kan använda batteriet under enstaka timmar för att klara flaskhalsar i nätet, medan det övriga tiden används till att kapa effekttoppar hos en kund eller till att buda in på frekvensregleringsmarknaden. De flesta projekten pekar på att det viktigaste tillskottet för batterier i dagsläget är att sälja frekvensreglering på Svenska kraftnäts balansmarknader. Det externa projek-

»DET EXTERNA PROJEKTET CODES HAR VISAT ATT FÖRSÄLJNING AV FREKVENSSREGLERING FRÅN BATTERIER I STÖRRE FASTIGHETER MINSKAR ÅTERBETALNINGSTIDEN MED 30 %«

»ETT BEGREPP SOM VÄXT FRAM ÄR »BATTERILAGRING SOM EN TJÄNST« DÄR EN TREDJEPARTSAKTÖR STÅR FÖR BÅDE INVESTERING OCH DRIFT AV BATTERIET.«

tet CODES har visat att försäljning av frekvensreglering från batterier i större fastigheter minskar återbetalningstiden med 30 %.¹² Ett annat viktigt moment för att sänka återbetalningstiden är optimeringen av batterilagrets drift med hjälp av AI.

Med beroendet av service stacking kommer också frågan om hur affärsmodellen och ägandestruktur bör se ut. Detta gäller inte minst batterier i elnätet, då det inte kommer att bli tillåtet för elnätsbolagen att äga och drifva batterier annat än i undantagsfall i framtiden. Elnätsbolagen kommer därför att vara tvungna att upphandla batteritjänster på en marknad eller i bilaterala avtal med en tredjepartsaktör. Aggregatorerna och tjänsteleverantörerna är nya aktörer som förutspås bli nyckelspelare enligt flera studier. Även fastighetsägarna tar enligt forskningsresultaten en allt större roll i elsystemet, både genom ägandet av batterier och laddinfrastruktur.

Ett begrepp som växt fram är batterilagring som en tjänst, »Energy Storage as a Service« (ESaaS), där

en tredjepartsaktör står för både investering och drift av batteriet. En annan modell är intäktsdelning där batteriägaren (exempelvis fastighetsägaren) och de som hjälper till att leverera tjänster (exempelvis en aggregator och en balansansvarig) delar på intäkterna enligt en förutbestämd procentsats vid försäljning av tjänster till elnätet. Dessa två modeller utvärderas bland annat i CODES.

En aspekt som flera projekt berört, men som fortfarande är relativt obeforskad, är vilket värde tidsaspekten har när det gäller att lösa problem med hjälp av batterilagring. En viktig insikt hos nätbolagen i studierna är att det går långsamt att bygga ledningsnät, men fort att bygga batterier, vilket kan ha ett stort värde ur samhällsperspektiv då det kapacitetsbrist kan försena elektrifieringen och sätta käppar i hjulet för nyetableringar av både industri och bostäder. Både samhällsutvecklingen och klimatomställningen kan bromsas upp om ledtiderna blir för långa.

AKTÖRER PÅ BATTERIMARKNADEN

Nya affärsmodeller med mer komplexa ägandestrukturer och intäktsdelning gör också att vi oundvikligen får in nya aktörer i elsystemet, samtidigt som många befintliga aktörer kan dra nytta av batteritjänster. Hushållskunder, fastighetsägare, och industrier kan använda batterier bakom mätaren för att öka egenan-

vändning av egenproducerad el – ofta solel – och för att sänka effektoppar med drivkraften att sänka elnätsavgiften. Laddoperatörer för elbilar tittar också på batterier för att möjliggöra snabbbladdning där elanslutningen dröjer eller blir för dyr. Batterier blir också en viktig komponent i mikronät som ska kunna köras i ödrift – vilket drivs av elnätsbolagens ambition att sänka avbrottsstatistiken och beredskapsspekten, men även kunders intresse för lokala energisystem eller energigemenskaper. Batterilagring vars primära syfte är att leverera reservkraft till datacenter är ett särskilt undersökt tema i forskningsprogrammet, där batterierna också kan användas för nätnyttan. Elnätsbolagen kan ha hjälp av batterier för att avhjälpa nätkapacitetsbrist eller skjuta upp investeringar samt reglera spänning, reaktiv effekt och elnätskvalitet. Batterilagring kan också användas i frekvensregleringen som Svenska kraftnät ansvarar för. Till slut, så kan batterilagring användas av elproducenter bland annat för att öka lönsamheten i vind- och solkraft, exempelvis genom att lagra el vid hög produktion och lågt pris, till timmar med lägre produktion och högre pris, så kallat arbitrage. Många av dessa tjänster kan också tillhandahållas av en tredjepartsaktör eller aggregator som äger batteriet.

¹² Power2U, 2020 Så blir dina batteriinvesteringar lönsamma <https://www.power2u.se/nyheter/the-energy-market-landscape-is-changing-fundamentally-2>

Vägen framåt – ytterligare behov av FoI

Även om batteriforskning kopplat till elsystemet är ett område som växt kraftigt de senaste åren finns fortfarande många frågor kvar att utreda, både tekniska frågor om hur batterierna faktiskt uppför sig i systemet och hur de ska drifas på bästa sätt, men även andra frågor som berör ekonomi, affärsmodeller och andra hinder och drivkrafter hos olika berörda aktörer.

NÅGOT SOM BÅDE projekt och kommersiella aktörer vittnat om är behovet av att fylla kunskapsluckor hos aktörer som skulle kunna ha nytta av batterier, såsom fastighetsägare och elnätsbolag. Det behövs också en ökad förståelse för vilka applikationer som ger störst ekonomisk nytta för vilka aktörer.

Det finns ett visst behov av fler pilotstudier för att användarna ska få förtroende för tekniken, men även för att skapa förtroende mellan olika aktörer och för att bygga kunskap hos aktörerna. Många aktörer som deltagit i studier påpekar dock att den största svårigheten är att gå från forskning och piloter till att implementera tekniken i den ordinarie verksamheten och efterfrågar mer kunskapsdelning och informationsspridning.

»MÅNGA AKTÖRER SOM DELTAGIT I STUDIER PÅPEKAR DOCK ATT DEN STÖRSTA SVÅRIGHETEN ÄR ATT GÅ FRÅN FORSKNING OCH PILOTER TILL ATT IMPLEMENTERA TEKNIKEN I DEN ORDINARIE VERKSAMHETEN.«

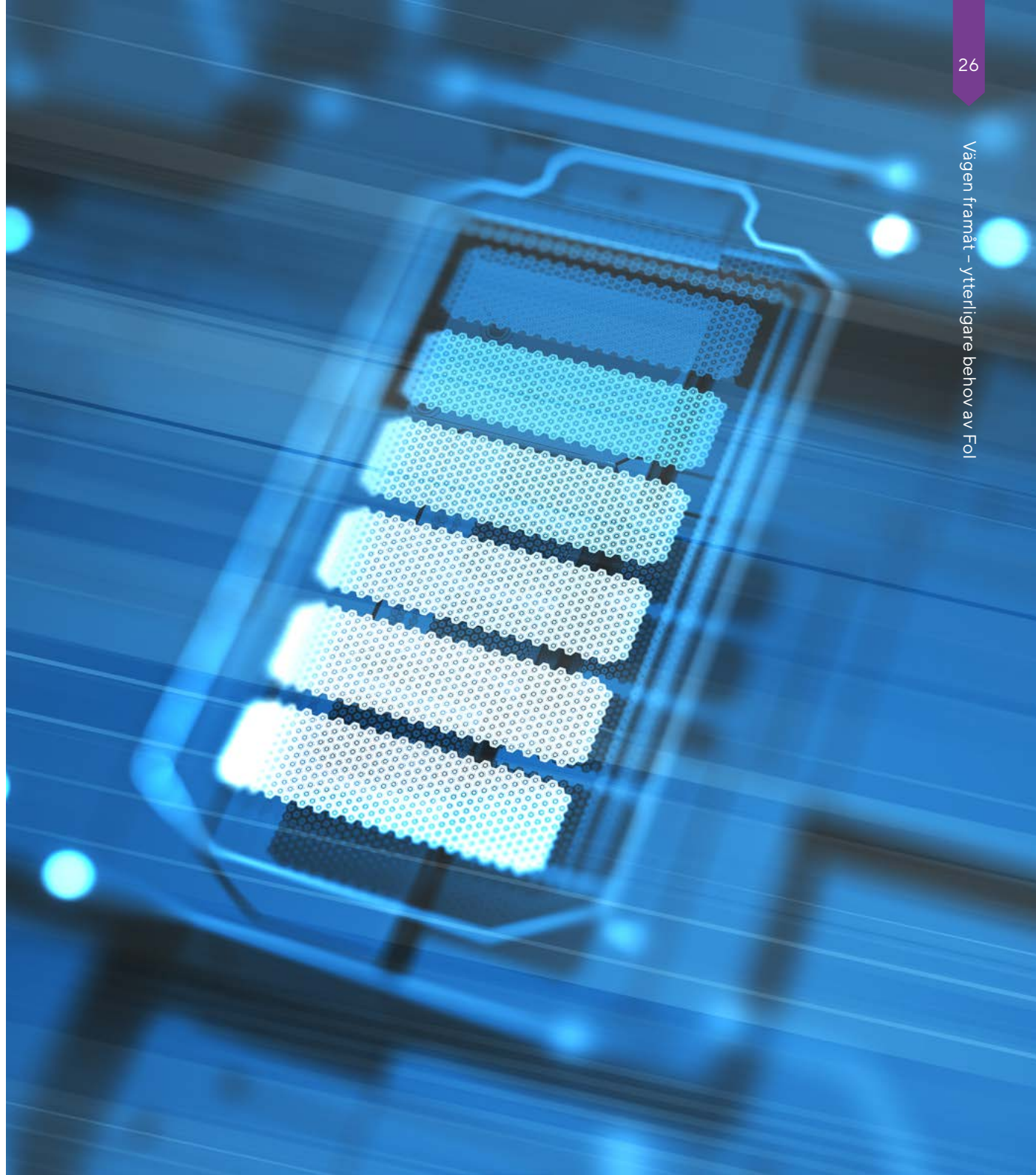
Att sälja tjänster till de nationella balansmarknaderna blir ett viktigt komplement för att få lönsamhet i batterier, och där krävs ytterligare utveckling av marknaderna och dess produkter för att sänka trösklarna för aktörer att vara med. Likaså när det gäller lokala marknader för flexibilitet, där är det viktigt att de nya produkter som skapas anpassas från första början för att passa batterier och portfolion av batteriers egenskaper. Några forskningsprojekt pekar också på vikten av väl utformade elnätstariffer, och det behövs mer studier av hur dessa ska utformas för att öka lönsamheten för batterier och annan flexibilitet.

För elnätsbolagens del behöver det också klargöras hur kostnaden för batterilagrets tjänster ska redovisas

gentemot Energimarknadsinspektionen, och hur de ska bygga förtroende för olika aktörer och marknader då de av naturen är riskaversiva och har en tradition av att själva äga och drifva sin utrustning.

Andra frågor som behöver utredas enligt forskningsprojekten och de aktörer som intervjuats är livslängd på batteriet och restvärde efter projektslut, samt optimal placering och storlek av batterier i elnätet. Är det mest samhällsekonomiskt effektiva att använda batterier som installerats ute hos kund (stor eller liten) för systemtjänster, istället för att installera specifika batterier för systemtjänster? Vilka batterier som passar bäst för vilka applikationer, optimerat på exempelvis vikt, volym, kostnad, livslängd, temperatur, råmaterial, urladdningshastighet, möjlighet att återvinna, säkerhet m.m. är ytterligare frågor där mer forskning behövs. Flera projekt ser också ett fortsatt behov av algoritmer och styr signaler för optimering av driften. Dessutom verkar det finnas ett behov av men att det finns ett behov av standardisering i gränssnitt – hur ska batterier kommunicera med styrsystem och andra komponenter, såsom elbilsladdare?

En aspekt som flera projekt berört, men som fortfarande är relativt obeforskad, är vilket värde tidsaspekten har när det gäller att lösa problem med hjälp av batterilager – vad är samhällsnyttan av att inte behöva skjuta upp elektrifieringen eller nyetablering av industri och bostadsområden? Sist men inte minst lyfter flera aktörer hållbarhetsaspekterna som ett viktigt fokusområde framåt för att batterier ska kunna bli en långsiktig lösning för energisystemet.



Två röster om framtiden

Fredrik Lundström, Programansvarig på Energimyndigheten

Vad ser du för forskningsbehov framåt för batterier, sett till en svensk kontext?

– En av megatrenderna som jag ser pågår nu är integrationen mellan olika delar av energisystemet och samhället. Sådan sektorsintegration, som vi ser t.ex. mellan transportsystem och elsystem, eller industri och elsystem, leder till att det inte längre blir lika självklart var gränsen går mellan försörjande infrastruktur och användare. Om man tittar på de batteriprojekt vi har i SamspeL-portföljen, ser man att många av projekten som söker stöd drivs av företag eller organisationer som behöver riskdelning för att testa innovationer och utveckla dem vidare. Detta behov tror jag kommer fortsätta finnas samtidigt som vi kommer se ett fortsatt behov av forskning om batterier i nätet, oavsett vem som äger och driver själva batterisystemet.

Flera projekt drar slutsatsen att det är implementering som behövs nu, inklusive utveckling av

reglering och lagstiftning. Anser du att tekniken för batterier är färdigutvecklad, eller ser du även ett behov av fortsatt teknisk forskning?

– Både och. Batteritekniken som används idag är väldigt mogen, och det går att göra mycket mer med den än vad vi gör idag. Här behövs snarare forskning om hur vi tar steg framåt i hur man tillämpar dem och skapar affärsmodeller. Med det sagt sker det ju samtidigt, på ett annat plan, forskning på helt nya batteritekniker. Detta är nästa generations batterier och energilagringssystem - som kanske också medför en helt annan kostnadsbild. En fråga som växer är ju också hållbarhet i ett bredare perspektiv - sett till resursanvändning, produktion och återvinning. Med växande krav på klimataspekterna får vi helt nya batterivärdekedjor. Jag tror därför att det gäller att vara väldigt öppen. Vi vet ännu inte exakt vilken funktion batterierna får i energisystemet, vi vet bara att de kommer vara betydelsefulla.

Vilken nytta kan FoI spela i utvecklingen av reglering och lagstiftning?

– Dels kan forskningen bygga upp en generell kom-

petens hos alla som jobbar inom elsystemet - både på marknadssidan, tekniksidan och inom policy- och regelutveckling. När vi genom FoI kan bidra till att dela risken skapar vi också nya möten mellan olika aktörer. Jag tror att batteriernas nyckelfrågor framöver kommer angränsa till elmarknadsfrågor, nätfrågor och i väldigt hög utsträckning även skattefrågor.

Ilkavon Dalwigk, Policy Manager på InnoEnergy och engagerad i den europeiska batterialliansen

Vad tror du kommer vara de viktigaste FoI-behoven för batterier framöver?

– Hållbarhetsaspekter. Hur man producerar hållbara batterier, där man inte bara tittar på batteriet i sig utan också på tillverkningsprocessen, hur man gör den så energieffektiv och miljövänlig som möjligt. Där pågår det mycket aktivitet på EU-nivå. Det händer också mycket inom området för digitala batteristyrssystem.