

SVENSK BATTERIFÄRDPLAN

Ett förslag på en svensk batteriforsknings- och innovationsfärdplan





INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	Förord.....	3
2	Introduktion.....	4
3	Arbetsätt.....	4
4	Sammanfattning.....	6
5.	Vision.....	8
6.	Mission.....	8
7.	Bakomliggande behov.....	9
	Tema 1. Nya kemier och teknologier.....	10
	Tema 2. Accelererad materialutveckling.....	12
	Tema 3. Styrning och smarta system.....	14
	Tema 4. Tillverkning och digitala tvillingar.....	16
	Tema 5. En cirkulär och hållbar värdekedja.....	18
	Tema 6. Vetenskap och samhälle.....	20
8.	Tre centrala insatsområden.....	22
	1: Samverkan, en strategisk batteriforsknings- och innovationsarena.....	22
	2: Accelererad forskning, utveckling och uppskalning via storskaliga forskningsinfrastrukturer och andra teknikinfrastukturer.....	24
	3: Utbildning och Kompetensförsörjning.....	25
Bilaga 1	Arbetsgrupper och deltagare i workshopen.....	27
Bilaga 2	Batteriets värdekedja.....	29
Bilaga 3	Insatser på kort och lång sikt - slutsatser.....	30
Bilaga 4	Förkortningar.....	35



1 FÖRORD

Sveriges omställning till ett mer hållbart och elektrifierat samhälle är i hög grad beroende av tillgång till moderna avancerade batterier. Batterier är en avgörande möjliggörare för klimatomställning, industriell utveckling och vårt energisystems stabilitet. Samtidigt präglas och påverkas tillgång till både råvaror, avancerade material, utrustning för batteritillverkning och högpresterande batterier av geopolitisk osäkerhet och hård global konkurrens.

Detta förslag på en färdplan för svensk batteriforskning och -innovation, har tagits fram i bred samverkan mellan akademi, industri och samhällseliga aktörer i Sverige, med ambitionen att ge en samlad bild av nuläge, behov och möjligheter. Genom ett gemensamt angreppssätt och agerande vill vi lägga grunden för långsiktiga satsningar som stärker Sveriges position inom forskning och innovation på batteriområdet, för att säkerställa Sveriges suveränitet och kraftigt stärka vår konkurrenskraft och resiliens.

Färdplanens definition av batteriområdet omfattar hela batteriets värdekedja från råmaterial, via nya och avancerade batterimaterial, batterikoncept, och batteriteknologier, till battericellstillverkning och smart implementering av batterier i olika tillämpningar. För att forskningen ska kunna accelerera och innovationer komma på plats snabbare än i dag krävs att nya verktyg såsom AI och ML-algoritmer integreras och att riktiga batteridata kan användas på ett spårbart och delbart sätt, med bibehållet skydd för kommersiella aktörer. För ett långsiktigt mer uthålligt samhälle beaktas och integreras återanvändning och återvinning från ett cirkulärt perspektiv.

Arbetet har möjliggjorts genom ett starkt engagemang från aktörer längs hela batterivärdekedjan samt finansiellt stöd från Vetenskapsrådet och Energimyndigheten.

Professor Patrik Johansson, Professor Daniel Brandell och Professor Emerita Kristina Edström



2 INTRODUKTION

Batterier är en central teknologi i vårt alltmer elektrifierade samhälle. Sedan tidigt 1990-tal har moderna batterier, främst litiumjonbatterier, utgjort en förutsättning för all bärbar elektronik och därmed för hur vårt nutida samhälle fungerar och är uppbyggt. Idag är batterier dessutom helt nödvändiga för att reducera utsläppen från transportsektorn och energieffektiviseringen av denna – på och under land, till havs, och framgent även i luften.

Till detta kommer stora energilager av batterier för optimering och balansering av förnybar energi och ökad kvalitet i distributionssystemet för el. De är också vitala komponenter inom delvis nya tillämpningar och användningsområden såsom datacentra, robotik, drönare, jord- och skogsbruk, med mera.

Denna bredd av samhällsviktiga tillämpningar visar tydligt varför batterier är helt nödvändiga för Sveriges industri, och i bred bemärkelse för välbefinnande, resiliens, säkerhet och reduktion av växthusgaser.

Inte minst geopolitisk osäkerhet och en svår global konkurrens gör att det idag finns stora utmaningar för utveckling och produktion av batterier. Stora satsningar görs och har gjorts under senare år för att säkerställa en europeisk batterivärdekedja, omfattande råvaror, produktion, systemintegration och återvinning. Detta borde även återspeglas i de satsningar som görs i Sverige.

Sverige har en hög kunskapsnivå samt tillgång till viktiga råvaror inom stora delar av batteriets värdekedja, och kan därför spela en relativt stor roll såväl inom EU som globalt – men bara givet politisk prioritering samt ett ännu starkare samarbete och koordinering mellan akademi, industri och omgivande samhälle.

3 ARBETSSÄTT

Arbetet med färdplanen har koordinerats av Uppsala universitet och utförts av representanter för det svenska batteriekosystemet längs hela batterivärdekedjan.

Startpunkten var en större workshop i Stockholm den 27:e november 2025, där utgångspunkten var att sätta den *Roadmap* som tagits fram av det europeiska projektet *Battery 2030+*¹ i en svensk kontext. Vid workshopen deltog representanter från stora delar av batteri-Sverige: industri, akademi och myndigheter.

Sex centrala tematiska behovsområden arbetades fram, vilka i sin tur utgjorde startpunkten för sex fokusarbetsgrupper. Dessa grupper vidareutvecklade under våren 2026 de olika områdena till den aktuella färdplanen (Bilaga 1).

Baserat på resultatet från workshopen och arbetsgruppernas arbete har en övergripande vision, syften och mål samt konkreta behov på kort och lång sikt

¹ https://battery2030.eu/wp-content/uploads/2025/11/Deliverable-2.2_Roadmap_4th-edition_final_-_2025.10.31.pdf



utvecklats inom tre insatsområden. En preliminär färdplan presenterades i Almedalen 2026 och återkoppling därifrån har också beaktats.

Arbetet har även baserats på tidigare strategiska dokument, såsom Fossilfritt Sveriges *Strategier för en hållbar batterivärdekedja* (2020)², samt myndighetsrapporter från Energimyndigheten, Naturvårdsverket och SGU (2022–2025)³. Dessa lyfter särskilt fram behovet av forskning, kompetensutveckling och ett helhetsperspektiv på batterivärdekedjan.

Förutom färdplanen för EU:s storskaliga satsning *Battery 2030+*¹ har EU:s *Strategic Research & Innovation Agenda (SRIA) for Batteries* (2024)⁴ samt EU:s *SET-Plan Action 7*,⁵ varit vägledande för både inriktningen och utformningen av färdplanen, för att optimera Sveriges möjligheter att agera samstämmigt med europeiska initiativ.

² <https://fossilfritt Sverige.se/strategier/hallbar-batterivardekedja/>

³ Energimyndigheten, Naturvårdsverket och SGU: Fortsatt samverkan kring Sveriges delar av en hållbar europeisk batterivärdekedja, ER 2023:24, dec 2023

Energimyndigheten, Naturvårdsverket, SGU, Utveckla myndighetssamverkan för Sveriges delar av en hållbar europeisk värdekedja för batterier, ER 2022:14, okt 2022

⁴ <https://horizoneuropencppportal.eu/sites/default/files/2025-07/batt4eu-strategic-research-and-innovation-agenda-sria-2024.pdf>

⁵ https://setis.ec.europa.eu/working-groups/batteries_en



4 SAMMANFATTNING

Denna färdplan presenterar en samlad strategi för att stärka svensk batteriforskning och -innovation, och därigenom även vår industriella konkurrenskraft, i ett tioårsperspektiv. Batterier är en nyckelteknologi för elektrifiering, klimatomställning och utveckling av ett säkert, robust och hållbart energisystem, samtidigt som de utgör en strategisk komponent för Sveriges välbefinnande, säkerhet och resiliens.

Trots Sveriges begränsade storlek finns en stark kunskapsbas och närvaro längs stora delar av batterivärdekedjan – från utvinning av råmaterial och avancerad materialutveckling till optimerad systemintegration och återvinningsprocesser. För att fullt ut realisera denna potential krävs tydliga politiska prioriteringar och en starkare koordinering mellan akademi, industri och samhälle samt långsiktiga investeringar för att hålla jämna steg med jämförbara länder i västvärlden och möta den snabba utvecklingen i Ostasien.

Med detta i minne identifierar färdplanen sex centrala tematiska behovsområden: nya batterikemier och -teknologier, accelererad materialutveckling, batteristyrning och smarta system, tillverkning och digitala tvillingar, cirkulära och hållbara värdekedjor, samt samspelet mellan vetenskap och samhälle. Dessa områden speglar behovet av en helhetssyn där forskning och innovation och även industrialisering utvecklas parallellt och integrerat.

En central slutsats är att utvecklingen måste ske samordnat, långsiktigt och över hela batterivärdekedjan, och inte genom kortsiktiga projekt som landar i isolerade segment. Sverige bör medvetet driva två parallella satsningar. Dels en långsiktig satsning på nästa generation batterikemier⁶ och -teknologier⁷, där grundläggande materialforskning, processutveckling, systemintegration och styrning, modellering, diagnostik och hållbarhetsanalys utvecklas integrerat och i takt i ett tidigt skede för att säkerställa att nya teknologier kan skalas upp och implementeras. Samtidigt krävs en balans mellan långsiktig, excellent och explorativ forskning och mer kortsiktiga, tillämpningsnära innovationssatsningar för att möta industrins behov att på bästa sätt kunna använda dagens kommersiella batterier, för att säkerställa fortsatt konkurrenskraft på kort- och medellång sikt.

Färdplanen betonar särskilt vikten av att utnyttja digitaliseringens möjligheter, inklusive AI, maskininlärning (ML) och digitala tvillingar, för att accelerera utvecklingen av nya och avancerade material, processer och system. Datadrivna

⁶ Med olika batterikemier avses skillnader i de material som används inom en specifik batteriteknologi, t ex NMC eller LiFePO₄ som katodmaterial för litiumjonbatterier.

⁷ Med olika batteriteknologier avses skillnader i konceptuella mekanismer, funktioner och uppbyggnad, t ex litiumjonbatterier, Li-S batterier eller fastfasbatterier.



arbetssätt, gemensamma dataplattformar och integrerade modeller bedöms vara avgörande för att minska utvecklingstider och stärka Sveriges kompetitiva förutsättningar.

För att möjliggöra denna utveckling pekar färdplanen ut tre tvärgående insatsområden:

1. **Samverkan och koordinering** genom en nationell batteriforsknings- och innovationsarena som samlar aktörer, stärker strategisk riktning och växelverkan samt möjliggör effektivare resursanvändning.
2. **Accelererad forskning, utveckling och uppskalning** via forsknings- och teknikinfrastrukturer, som t ex storskalig forskningsinfrastruktur, datainfrastruktur och pilotlinor, som minskar gapet mellan laboratorieforskning och industriell produktion samt lyfter kunskapsnivåerna avseende batterimaterial via avancerade och unika experiment och beräkningar.
3. **Utbildning och kompetensförsörjning**, där behovet av både spetskompetens och breddad utbildning längs hela värdekedjan lyfts som en kritisk faktor.

Vidare adresserar färdplanen vikten av långsiktig grundforskning på framtidens batterimaterial- och batterikoncept, cirkularitet, resurseffektivitet och livscykelperspektiv, där återvinning, återanvändning och hållbar råmaterialförsörjning integreras tidigt i forsknings- och innovationsprocesserna. Det finns en betydande potential i att utnyttja framsteg inom multiskalemodellering (MSM), artificiell intelligens (AI) och maskininlärning (ML) för utveckling av batteristyrningssystem (BMS) med molnbaserade tillämpningar samt framtida tillverkningsmetoder för battericeller. Samtidigt identifieras betydande utmaningar kopplade till globala försörjningskedjor, datatillgång, regelverk och kompetensbrist.

Den övergripande visionen är att Sverige inom tio år ska ha positionerat sig med värdefull, unik och nödvändig spetskompetens i ett europeiskt system av världsledande, sammanhållna och internationellt konkurrenskraftiga forsknings- och innovationsmiljöer inom batteriområdet. Genom nära samverkan mellan akademi, industri och offentlig sektor ska Sverige kunna utveckla och producera nästa generations hållbara batterier, stärka sin roll i den europeiska batterivärdekedjan och bidra till en långsiktigt hållbar samhällsutveckling.



5. VISION

På tio års sikt har Sverige internationellt ledande forskning och innovation inom utvalda delar av batterivärdekedjan och en stark, sammanhållen kompetens över hela kedjan (Bilaga 2 Batteriets värdekedja), genom att akademi, industri och det omgivande samhället tillsammans har byggt upp en sammanhållen och stark forsknings- och utvecklingsmiljö som en oersättlig del av den europeiska batterisatsningen.

Denna miljö ska möjliggöra att nästa generation av mer hållbara och miljövänliga batterier utvecklas och produceras i Sverige, samtidigt som konkurrenskraften stärks för den svenska industri som är beroende av batteriteknik, inte minst fordonsindustrin.

6. MISSION

För att nå visionen fortsätter Sverige att utveckla existerande starka miljöer för samarbete mellan akademi och industri i syfte att skapa nya kunskaper och innovationer, samt utveckla och testa nya koncept, komponenter, material, metoder, tekniker och processer inom batteriområdet.

Detta lägger grunden för att Sverige på sikt når en internationell styrkeposition inom material och teknologi på det strategiskt viktiga batteriområdet genom att:

- Forskningsprogram med långsiktighet och uthållighet, där långsiktig "blue sky"-forskning balanseras med mer fokuserade kortsiktiga och tillämpade insatser, implementeras för att accelerera innovationstakten.
- Samarbeten inom Norden och Europa, och kunskapsutbyten med andra ledande och samarbetsorienterade batteriutvecklingsnationer som t ex Japan och Sydkorea, intensifieras.
- Svenska forskare och svensk industri på råvarusidan ökar sitt samarbete med aktörer i strategiskt viktiga länder och områden som Kanada, Australien, Afrika och Sydamerika.
- Forskning och utvecklingsarbete för batterier tar hänsyn till skalbarhet för tillverkning, också sett till råmaterial och möjligheten till kostnadseffektiv återvinning. Återanvändning av komponenter vägs tidigt in.
- Regelverk och affärsmodeller för cirkulär ekonomi utvecklas och blir väletablerade.
- Kunskapen om klimatpåverkan och annan hållbarhetsproblematik fördjupas avseende olika försörjningsvägar till produktion av dominerande och lovande framtida batterikemier och -teknologier.
- Innovationer inom batteriområdet i stor utsträckning bygger på analys i ett livscykelperspektiv.



7. BAKOMLIGGANDE BEHOV

Med utgångspunkt i vision och mission presenteras de sex tematiska behovsområdena, de analyser och överväganden som genomförts inom respektive område samt de slutsatser och förslag som arbetats fram. Dessa utgör grunden för färdplanens insatsområden och rekommendationer. Varje behovsområde har unika förutsättningar i både nuläge och framtid, vilket avspeglas i att materialet inom respektive beskrivning skiljer sig åt i såväl struktur som innehåll. Skillnaderna blir särskilt tydliga när det gäller tidsaspekter, då tidsskalorna är olika för olika områden. Detta gäller särskilt med avseende på forskning och industrialisering, där utvecklingen från lyckad kort- och medelsiktig forskning av nya batterimaterial till cellkoncept och implementering på industriell skala ofta tar minst 10 år. Det finns även en inneboende tröghet i övergripande samhällsomställningar som spelar stor roll för hur snabbt kunskap och acceptans för teknikskiften sprids och tas upp i bredare lager.

De sex tematiska behovsområdena är:

1. Nya kemier och -teknologier
2. Accelererad materialutveckling
3. Styrning och smarta system
4. Tillverkning och digitala tvillingar
5. En cirkulär och hållbar värdekedja
6. Vetenskap och samhälle

En sammanfattning av de sex behovsområdenas insatser finns i Bilaga 3.

Därutöver identifieras tre insatsområden som möter de grundläggande behoven och förutsättningar som återkommer i alla sex tematiska behovsområden och som stödjer implementationen av dessa:

1. Samverkan, en strategisk batteriforsknings- och innovationsarena
2. Accelererad forskning, utveckling och uppskalning via storskaliga forskningsinfrastrukturer och andra teknikinfrastrukturer
3. Utbildning och kompetensförsörjning



TEMA 1. NYA KEMIER OCH TEKNOLOGIER

Med en ökande mångfald av tillämpningar för batterier breddas kravbilden för vad ett batteri ska kunna leverera, samt de ekonomiska och miljömässiga förutsättningarna för olika batteriteknologier. Även om dagens dominerande litiumjonbatteriteknologi baserad på NMC- eller LFP-katoder och grafitanoder är kraftfull, finns det både behov av och utvecklingspotential för nya kemier och teknologier. Det existerar ett antal olika koncept med olika mognadsgrad, och i Sverige bedrivs världsledande forskning på flera av dessa, vilket också bygger framtida kompetens för ökad konkurrenskraft.

Färdplanen för Battery 2030+¹ kopplar samman forskning kring morgondagens kemier och teknologier med innovation och kompetensutveckling. Genom att sätta den i svensk kontext lägger vi grunden för att inte bara Europa utan även Sverige på sikt kan bygga oberoende försörjningskedjor och teknologier inom detta strategiskt viktiga område.

För att ta en idé från laboratoriet till produkt behövs både grundläggande och tillämpad forskning. Forskning kring nya material och grundläggande reaktionsmekanismer är basen för nya upptäckter inom området, samtidigt som eventuella fundamentala hinder kopplade till materialens uppskalning och tillverkningsmetoder, miljö och hållbarhetsaspekter samt lagstiftning måste tas i beaktande. Kriterier som är viktiga vid utvärdering av nya batterikemier och -teknologier är främst (i) låg kostnad, (ii) cirkularitet och återvinningsbarhet, (iii) elektrokemisk prestanda och (iv) säkerhetsaspekter i batterivärdekedjans olika delar.

En robust analys av ovanstående kriterier bör ligga till grund för om en ny batterikemi eller teknologi kan matchas mot relevanta tillämpningar. Även om fordonstillämpningar under längre tid dominerat och drivit utvecklingen inom området behövs också batterier i många andra sammanhang. Det gäller att förstå var energioptimerade eller effektoptimerade battericeller bäst finner sin roll, om cellkonceptet kan användas vid hög respektive låg temperatur, vilken flexibilitet det finns i format, etc. Detta skapar olika ramverk för tekniska frågeställningar.

Nya kemier och teknologier kan grovt delas in i följande kategorier:

- Nästa generations litiumjonbatterier baserade på nya katod- (ex. LMFP, LMR, DRX (*disordered rock salt*), LMNO, m.fl.) och/eller anodmaterial (legerade anoder, t. ex. Si). Dessa bidrar till lägre kostnad, högre energitäthet och är fria från kobolt.
- Batterier baserade på Na, K (monovalenta), Mg, Ca, Al eller Zn (multivalenta) aktiva joner. Av dessa börjar natriumjonbatterier finnas tillgängliga kommersiellt, men mycket av material och komponentutveckling återstår: katoder (oxider, polyjoniska material, och varianter av preussiskt blått), anoder (olika kolmaterial, legeringar) samt uppskalningsprocesser. För andra aktiva joner behövs mer grundläggande forskning kring nya material och elektrokemiska processer för att möjligen nå storskalig kommersialisering.
- Metallbatterier, vilka utgör en vidareutveckling av litiumjonbatteriet, men där man i stället för grafit använder litiummetall som anod för att öka energitätheten. Metallelektroder kan också tillämpas för andra metaller än Li, vilket i många fall troligen är en förutsättning för att teknologin ska bli konkurrenskraftig (K/Mg/Ca/Al/Zn).
- Fastfasbatterier (*solid state*), där vätskeelektrolyter ersätts av en fast elektrolyt, som kan vara baserad på en polymer, ett glas, en keram eller en hybrid av dessa. Fördelarna är framför allt potentialen för ökad energitäthet (om de implementeras med metallelektroder) och möjligheten att uppnå ökad säkerhet då fastfaselektrolyter generellt är mindre brandfarliga.
- Batterier baserade på omvandlingskemi (*conversion chemistries*) i stället för interkalation, exempelvis Li-S och Li-O₂. Här finns potential för både ökad



energitäthet och bättre uthållighet ur materialsynpunkt, men teknologierna är svårbemästrade.

- Organiska elektrodmaterial, där de aktiva materialen kan vara generade från biomassa.
- Flödesbatterier, där de aktiva materialen befinner sig i lösning istället för i fasta elektroder. Detta möjliggör att energi- och effekt bättre kan skalas oberoende av varandra.

De nya kemierna och teknologierna behöver utvecklas för att bättre förstå deras potential och tillkortakommanden, men olika tidsskalor gäller beroende på mognadsgrad för respektive kemi och teknologi. Det finns också stora skillnader i vad man kan förvänta sig prestandamässigt från olika sorters teknologier. Att från början ha ett applikationsdrivet angreppssätt i grundforskningen hjälper till att accelerera utvecklingen mot innovation och slutligen produkt. På **kort sikt** (<3 år) kan mer avancerade Li- och Na-baserade kemier och teknologier få genomslag, på **medellång sikt** (3–5 år) Li-metallbatterier (eventuellt även Na- och Zn-metallbatterier) samt fastfasbatterier, och på **lång sikt** (>5 år) multivalenta metallbatterier, omvandlingskemier, organiska batterier, flödesbatterier för storskalig energilagring och så kallade "anodfria" batterier, där metallanoden skapas under uppladdning.

För nästa generation batteriteknologier behövs långsiktig forskning från grundläggande materialvetenskap och elektrokemiska mekanismer till processteknologi, hållbarhet och återvinning. Det finns dock avsevärda vinster att göra om de olika delarna av värdekedjan integreras i ett relativt tidigt skeende för att öka potentialen för nya material, kemier och teknologier att ta sig hela vägen från idé till produkt. En annan viktig aspekt är att "*best practices*" behöver tas fram för att kunna utvärdera och jämföra resultat från forskningsstudier kring nya kemier och koncept. Detta kommer i sin tur att underlätta användandet av datadrivna metoder.

Det bör hållas i minnet att Sverige, i egenskap av att vara en liten nation, kan upprätthålla en bred kompetens inom samtliga områden, men långsiktigt bara kan upprätthålla spetskompetens och världsledande status inom vissa områden. Medan Sverige definitivt bör upprätthålla en bred kompetens inom batterifältet och längs hela värdekedjan behöver också ett fåtal områden identifieras där svenska forskargrupper kan göra fundamentala genombrott utifrån vår akademiska excellens och avgörande bidrag i samarbete mellan akademi och industri. Förutsättningar måste därför finnas för teknikdriven grundforskning inom en rad olika batterikemier och -teknologier. Kunskap om grundläggande kemiska förlopp och material kan också smidigt föras över till angränsande teknikområden som t ex. elektrokatalys, sensorer, etc., vilket bör stimuleras så att dessa forskningsfält korsbefruktas. Det är i detta sammanhang också av stor vikt med en ansvarsfull och synergidriven internationalisering, där Sverige kan bygga på existerande samarbeten med exempelvis forskargrupper i Sydkorea, Japan och Taiwan, vilka är världsledande inom specifika teknikområden.



TEMA 2. ACCELERERAD MATERIALUTVECKLING

För att skapa en taktisk fördel i den hårda internationella konkurrensen inom batteriområdet bör svenska och europeiska forskare ta vara på den snabba utveckling som sker inom digitaliseringen (inklusive AI och ML). Dessa tekniker kommer att accelerera utvecklingen och förståelsen av material- och batterikoncept. Vi behöver i så fall röra oss från ett linjärt till ett integrerat tänkande. Det innebär att experimentella data för batterier används för att skapa bättre algoritmer och modelleringsverktyg. Utifrån detta föreslås fem strategiska forskningsinriktningar.

1. AI-driven multifysikmodellering på pack- och systemnivå

Utveckla fysikbaserade AI-stödda digitala tvillingar som integrerar elektrokemi, mekanik och termiskt beteende, från partikel- till packnivå. Kalibrerade, osäkerhetsmedvetna modeller kommer att möjliggöra snabbare design, validering och modellbaserad säkerhetsanalys som komplement till fysiska tester.

2. Kravdriven inversdesign för strategiska materialval

Utgå från industriella krav avseende säkerhet, kostnad, klimatprestanda och livslängd för att härleda materialval och cellarkitekturer med flermålsmetoder (t.ex. bayesiansk optimering). I design av dessa metoder bör även råvarutillgång, återvinningsbarhet och regulatoriska krav vägas in. Denna inriktning fokuserar på att generera och jämföra alternativa designkoncept, principval och motsättningar givet en smart kravspecifiering.

3. Integrerade MAP-arbetsflöden (*Materials Acceleration Platform*)

Koppla samman multiskalsmodellering, autonom experimentell syntes och höggenomströmningstestning i slutna loopar styrda av AI. Målet bör vara att gå från hypotes till validerad labbcell på under sex månader, och därmed korta vägen från labb till pilot väsentligt.

4. Säker, skiktad data- och modellinfrastruktur

Utveckla gemensamma dataontologier, API:er och protokoll för versionshantering. En skiktad infrastruktur bör skilja på öppna forskningsdata, konfidentiella industridata och regulatoriska spårbarhetsdata. Samverkande modellträning, inklusive metoder som federerad inläring, bör möjliggöras så att modeller tränas över dessa dataskikt utan att rådata behöver flyttas och kompromettera datasäkerhet. Avancerade modeller ska kunna erbjudas som säkra tjänster även till små och medelstora företag.

5. Design för tillverkningsbarhet, användning och cirkularitet

Integrera tillverkningsbarhet, återvinna materialflöden och batteridata tidigt i material-, cell- och packdesign och använd AI-drivna flöden tillsammans med avancerade materialsimulerings-modeller. Därmed kan insikter från pilotstudier, användning och återvinning kontinuerligt föras tillbaka till uppdaterade designregler och krav inför efterföljande designcykler.

Implementeringsstrategi

Initiativ

Beskrivning

Swedish Battery Models API

Validerade modeller och kopplade arbetsflöden för multifysik, diagnostik och osäkerhetskvantifiering som säkra tjänster via nationell och europeisk HPC/AI-infrastruktur

Nationell MAP-allians

Sammanhållet arbetsflöde som kopplar multiskalsimulering, autonoma experiment och cellvalidering vid testcenter (t.ex. RISE/SEEL) mellan svenska noder, med nordisk koppling där det ger tydligt mervärde

Nationell digital tvillingplattform

Gemensamma datascheman, ontologier och gränssnitt för simuleringar, experiment och validering, pilotprovade i svenska testfall

Tre demonstratorer föreslås till 2028, vilka alla kan ge tydligt internationellt genomslag:

D1: Osäkerhetskvantifierad AI-driven multiskalmodell för ett svenskt fall avseende tunga fordon med validerad noggrannhet (prediktionsfel och giltighetsområde) samt storleksordningar snabbare än konventionell simulering.

D2: Samverkande MAP-flöde från beräkning till validerad labbcell med högst två manuella handgrepp, d.v.s. med mycket hög grad av automation.

D3: Skiktad data- och modellplattform verifierad tillsammans med minst en industripartner via säker inläring (enklav eller federerad).

Sverige har goda förutsättningar att vara ett föregångsland i detta avseende. Det finns (i) en sammanhållen kedja från material till system av starka miljöer vid olika lärosäten, nationell HPC/AI-infrastruktur, samt pilotmiljöer som SEEL⁸ och forskningsinstitutet RISE; (ii) ett industrinära behov som utgörs av svenska OEM:er (t.ex. Volvo Cars, Volvo Group och Scania/Traton), energibolag (t.ex. ABB, Vattenfall) och återvinningsaktörer (t.ex. Stena Metall) vilka behöver applikationsanpassade lösningar för pack, system, säkerhet, livslängd och cirkularitet (snarare än att enbart förlita sig på standardceller från internationella distributörer); och (iii) en rik flora av befintliga plattformar och samsamarbetsstrukturer som Battery 2030+, BASE⁹, SEEL¹, Compel¹⁰ och Swedish Electromobility Centre¹¹. Dessa tillitsbaserade relationer mellan akademi, institut och industri gör gemensamma data- och testmiljöer praktiskt genomförbara. Genom att knyta an till andra satsningar som WASP och WISE kan Sverige samla en bred tvärvetenskaplig kompetens, stärka finansiering och underlätta kunskapsöverföring mellan akademi och industri.

⁸ <https://www.chalmers.se/en/infrastructure/swedish-electric-transport-laboratory-seel-and-fuel-cell-laboratory/>

⁹ <https://www.batteriessweden.se/w/bs/>

¹⁰ <https://www.uu.se/vetenskapsomrade/teknik-och-naturvetenskap/forskning/starka-forskningsmiljoer/compel>; <https://www.lth.se/forskning/profilomraaden/compel/>; <https://www.chalmers.se/samarbeta-med-oss/partnerskap-och-natverk/batterisatsningen-compel/>

¹¹ <https://emobilitycentre.se/>



TEMA 3. STYRNING OCH SMARTA SYSTEM

Styrning av batterier är en central komponent i elektrifieringen av transportsektorn, energisystemet och ett växande antal industriella och samhällskritiska tillämpningar. Batteristyrningen ansvarar för säker, effektiv och kostnadsoptimerad drift av batterier genom övervakning, tillståndsestimering, styrning och skydd. Traditionellt har området dominerats av relativt enkla modellbaserade metoder baserade på ekvivalentkretsmodeller och begränsade sensordata avseende främst ström, spänning och temperatur.

Under de senaste åren har dock området utvecklats snabbt. Ökad elektrifiering, krav på snabbbladdning, längre livslängd och högre säkerhet har drivit fram mer avancerade metoder baserade på maskininlärning och detaljerade fysikaliska modeller. Samtidigt breddas forskningsfältet tillämpningsmässigt, från bilar, bussar och lastbilar till bl.a. energilagringssystem (BESS), specialfordon, militära tillämpningar och fordon till nät (V2G). När kostnad, säkerhet och funktionalitet framstår som övergripande drivkrafter, blir smart styrning ett centralt verktyg för att utnyttja batteriers fulla potential och hantera variationer i kvalitet. Dessutom kan verktygen möjliggöra flexibilitet när kemier, teknologier, cellformat och tillämpningar förändras.

Vision och mål för närmaste tioårsperiod

Inom tio år bör Sverige ha etablerat en internationellt ledande position inom intelligent, adaptiv och kostnadseffektiv styrning av batterier. Visionen är batteristyrssystem som är kemi- och teknologineutrala, lärande och resilienta, och som möjliggör att batterier på ett säkert sätt kan utnyttjas nära sina gränser över hela livscykeln – från första användning till återbruk och *last life*.

Centralt i detta är modellbaserad batteristyrning som integreras tidigt i utvecklingen av nya kemier och teknologier, såsom natriumjonbatterier och fastfasbatterier. BMS ska därmed inte vara ett tillägg i slutet av utvecklingsprocessen, utan en möjliggörare som formar hur komponenter, celler, moduler och system designas. För befintliga litiumjonbatteribaserade system är målet att kraftigt förlänga livslängden, möjliggöra robust snabbbladdning och minska systemkostnader genom avancerad styrning snarare än dyr hårdvara.

Vidare bör framtida batteristyrning bygga på mer detaljerade fysikaliskt baserade modeller som fortfarande är numeriskt hanterbara i realtid. Dessa modeller ska utgöra grunden för så kallad *soft sensing*, där tillstånd som åldringsgrad, säkerhetsstatus och latent fel kan estimeras digitalt och virtuellt utan omfattande sensorsystem. Området "*state of safety*" blir här centralt: tidig identifiering av riskceller och felmekanismer ska vara standard.

Ett viktigt mål är att realisera omkonfigurerbara batterisystem, där elektrisk arkitektur och styrning möjliggör dynamisk koppling av celler och moduler. Detta kan göra att svaga celler inte längre begränsar hela systemet, möjliggöra blandning av olika batteri- och celltyper samt minska behovet av externa komponenter såsom omvandlare. Samtidigt kräver detta nya metoder för tillståndsestimering och styrning.

Batteristyrning bör därmed inom en tioårsperiod vara datadriven på flera nivåer. Lokala, inbyggda BMS ska samverka med molnbaserad övervakning och analys, där dataströmmar från många enheter används för kontinuerligt lärande, optimering och uppdatering av modeller och algoritmer. Lokal adaptering kommer tillämpas för att anpassa till både initiala individvariationer mellan celler och pack, och för att motverka åldring.



Rekommendationer för svensk forskning och innovation

För att nå ovanstående vision krävs ett antal strategiska satsningar inom svensk forskning och innovation. Sverige bör medvetet bedriva två parallella forskningsspår. Det ena fokuserar på nästa generation batterikemier och -teknologier, där styrning, modellering och diagnostik utvecklas integrerat och i takt med material- och cellforskningen. Det andra spåret fokuserar på dagens kommersiella celltyper som kommer dominera de närmaste 5–10 åren, för att säkerställa att svensk industri förblir konkurrenskraftig på kort och medellång sikt.

Därutöver krävs tydliga satsningar på modellutveckling och datakvalitet. Forskning bör prioritera fysikaliskt informerade modeller som kan kalibreras effektivt, kombineras med EIS och andra avancerade mätmetoder, och anpassas över tid genom adaptiv och lärande modellering. Här har Sverige goda förutsättningar genom stark materialforskning och växande kompetens inom dataplattformar och AI, samt begynnande samverkan däremellan.

Vidare bör forskning om funktionsallokering mellan lokala system och molnet stärkas. Detta avser både tekniska frågor – realtidskrav, cybersäkerhet, datahantering – och arkitekturval som kan minska hårdvarukostnader och möjliggöra enklare BMS för vissa applikationer.

Särskild uppmärksamhet bör ges till livscykelperspektivet. För att möjliggöra *second life*, *reuse* och *repurpose* krävs standardiserad och tillförlitlig tillståndsinformation över tid. Här är batteristyrning en nyckelfaktor, och svensk forskning kan spela en central roll i att definiera vilka data och styrstrategier som krävs.

Slutligen, för att bibehålla och stärka Sveriges globala position inom fordonsindustri och kraftelektronik, samt främja det svenska ekosystemet inklusive mindre företag och nya aktörer, bör testbäddar och öppna dataplattformar i samverkan mellan industri, akademi och offentliga aktörer prioriteras. En sådan satsning kan katalysera tvärfunktionell forskning och innovation inom batteristyrning och angränsande områden samt möjliggöra för Sverige att bygga ett ekosystem där avancerad batteristyrning blir en konkurrensfördel.



TEMA 4. TILLVERKNING OCH DIGITALA TVILLINGAR

Sverige har mycket goda förutsättningar för batteriproduktion genom fossilfri el, konkurrenskraftiga energipriser och stora energilagrar för snabbreglerad kraftproduktion. Därtill kommer en stark industriell tradition av integrerad produkt- och produktionsutveckling. Samtidigt är den akademiska processkompetensen och systematiseringen av industriella erfarenheter fortfarande otillräckligt utvecklade, vilket innebär att centrala industriella erfarenheter inte fullt ut har systematiserats och kunnat nyttjats i forskning och utbildning. Här behövs uppbyggnad och vitalisering, samtidigt som avgörande steg inom hela produktionsprocessen behöver utvecklas för att skapa förutsättningar för att ligga i den internationella framkanten. Drivkrafter för detta är kostnad, miljö och kvalitet.

Elektroproduktion

Elektroproduktionen dominerar energi-, kostnads- och kvalitetsutfall i battericelltillverkning, men utvecklas fortfarande ofta receptbaserat. En övergång till data- och simuleringsdriven utveckling är avgörande, där reologi, beläggning, torkning och kalandrering behandlas som ett integrerat fysikaliskt system. Multifysiska- och multiskalmodeller, från partikel- till processnivå, behöver kombineras med reducerade modeller och ML för realtidsnära optimering. Detta möjliggörs av avancerad inline-sensorik, inklusive EIS, optiska och laserbaserade system, röntgen/laminografi samt neuromorfa sensorer, vilket skapar multimodala datamängder för slutna reglerloopar. Parallellt krävs en övergång till mer hållbar processkemi, torr beläggningsteknik, vattenbaserade processer och kompatibilitet med nya elektrolytsystem. Metallbatterier och fastfasbatterier innebär förändrade produktionsparadigm med nya krav på gränssytor, hantering och kvalitetssäkring. För att göra Europa oberoende av basmetallflöden (t.ex. genom utvecklingen av LFP-kemier), krävs integrerad optimering från råvarukarakterisering till elektrod- och cellprestanda, där variation i material som behövs för syntes av elektrodmaterial hanteras genom datadrivna modeller och adaptiva processer.

Battericellsmontering

Sammanbyggnad av komponenter till en färdig battericell kräver högautomatiserad produktion i kontrollerade miljöer. Kritiska processteg som stapling, skärning och svetsning utgör flaskhalsar och kräver mikrometerprecision, djup processförståelse och avancerad online-karakterisering. Variation i material och geometri ställer krav på adaptiva och robusta produktionssystem. Elektrolytutfyllning är ett särskilt utmanande processteg som styrs av komplexa transportfenomen kopplade till porstruktur, viskositet och ytväxelvekan i elektrodmaterial och separatorer. Optimering kräver därför en kombination av modellering, *operando*-mätningar och nya fyllningsstrategier. Formering och åldring är avgörande och energiintensiva steg, där modell- och datadriven reglering möjliggör adaptiva laddningsstrategier, förbättrad kvalitet och tidig detektion av avvikelser. Integrerat i digitala tvillingar kan varje cell behandlas individuellt, vilket ökar robusthet och effektivitet.

Modul-, pack- och systemmontering

På systemnivå integreras elektrokemiska, mekaniska, termodynamiska och elektroniska delsystem, vilket kräver en konsekvent tillämpning av integrerad produkt- och produktionsutveckling. Dagens design optimeras ofta för applikation snarare än för produktion, vilket leder till komplexa och svårskalade monteringsprocesser. Framtida system behöver utvecklas med produktion som en designparameter, där cell-till-pack och modulära koncept möjliggör högre automatiseringsgrad. Sammanfogningstekniker ska balansera prestanda, cykeltid och återvinningsbarhet. BMS blir här en central nod som kopplar samman drift- och tillverkningsdata och möjliggör spårbarhet, prediktivt underhåll och kontinuerlig återkoppling till design och produktion via digitala produktpass. Dessa digitala produktpass möjliggör spårbarhet och kopplar samman materialinnehåll, produktionsdata och användningshistorik, vilket stödjer både regulatoriska krav och cirkulära affärsmodeller. En



sammanhängande IT/OT-integration är i detta sammanhang en förutsättning för datadriven produktion och digitala tvillingar, vilket också påverkar samspelet mellan batteriproduktion och det omgivande energisystemet. Detta kräver arkitekturer där data kan flöda mellan sensorer, maskiner och överordnade system. Interoperabilitet är avgörande och förutsätter standardiserade gränssnitt och semantiska datamodeller som säkerställer att data kan tolkas och användas konsekvent genom hela värdekedjan.

Infrastruktur

För att realisera en datadriven och industriellt relevant batteriproduktionsforskning krävs en sammanhängande infrastruktur av pilotlinor och experimentella miljöer som spänner från grundforskning till industriell uppskalning. I dag finns ett tydligt gap mellan laboratorieförsök och fullskalig produktion, vilket försvårar validering av processmodeller, materialkoncept och digitala tvillingar. Vid universitet krävs därför pilotlinor i liten till medelstor skala, tillgängliga nationellt och europeiskt, där fokus ligger på att förstå fundamentala processer och koppla dessa till mätdata och modellering. Dessa miljöer bör möjliggöra forskning över hela processkedjan, från beredning av slurry till elektrod- och celltillverkning, med hög grad av instrumentering och flexibilitet för att stödja forskning och utbildning.

Parallellt behövs dedikerade experimentella uppställningar kopplade till storskalig forskningsinfrastruktur såsom MAX IV och ESS, där avancerad ljus- och neutronbaserad teknik kan användas för att *operando* studera processkemi och -fysik. Detta möjliggör unik insyn i exempelvis materialens strukturutveckling på atomär nivå, transportfenomen och gränssytor under realistiska tillverkningsförhållanden, vilket är avgörande för att utveckla och validera fysikbaserade modeller.

Slutligen krävs strukturerad och finansierad access för akademi och forskningsinstitut till (för)industriella pilot- och produktionslinor. Dessa miljöer möjliggör validering i relevant skala, där processrobusthet, variation och integration med verkliga produktionssystem kan studeras. Detta utgör inte främst en stödjande funktion, utan en strategisk kärnkapacitet. Det är först genom dessa integrerade miljöer som Europa kan accelerera utveckling, minska risker i uppskalningsfasen och etablera en verkligt konkurrenskraftig och kunskapsdriven batteriindustri. Genom att kombinera dessa nivåer – från universitetsmiljöer till avancerad forskningsinfrastruktur och industriella linor – kan en sammanhängande utvecklingskedja etableras, där kunskap, data och modeller kontinuerligt överförs och förfinas.



TEMA 5. EN CIRKULÄR OCH HÅLLBAR VÄRDEKEDJA

Sverige är en av EU:s ledande mineralprospekterings- och gruvnationer och står även väl positionerat inom forskning kring mineralutvinning. Aktiv gruvdrift bedrivs för järnmalm samt bas- och ädelmetaller, och det finns en konstaterad geologisk potential för batteriråvaror som grafit och litium. Sverige var tidigt ute med reglerad avfallshantering och har prioriterat återvinning på grund av en succesivt skärpt miljölagstiftning. Här finns även pionjärer inom livscykelanalys (LCA) och annan miljöbedömningsmetodik. Akademisk forskning med fokus på batterier växer i dessa fält, och potentialen för att ytterligare stärka Sveriges ställning är god. Samtidigt sker snabba geopolitiska skiften som ändrar de internationella resursflödena och skapar eller eliminerar flaskhalsar, vilket förstärker behoven av flexibilitet längs batterivärdekedjan.

Den europeiska färdplanen för Battery 2030+ betonar batteriers roll för en hållbar mobilitet samt ren och säker energi, och tar avstamp i livscykelperspektivet och en cirkulär ekonomi. Återvinning av batterimaterial såsom litium, kobolt, och nickel beskrivs ha en nyckelroll, medan primära råvaror inte ges mycket fokus. Cellproduktion baserad på till stora delar återvunnet material kan förväntas inträffa först när en betydande andel elektriska fordon skrotas samt när batterilager i elnät byts ut mot en ny generation, vilket kan förväntas ske snabbare mot slutet av 2030-talet. Samtidigt kan åtgärder för att uppnå cirkularitet på annat sätt, till exempel celler som återanvänds, fördröja tiden till när återvinning blir aktuell.

Miljöbedömningsstudier inom batteriområdet har visat att växthusgasutsläpp från celltillverkning sjunkit väsentligt det senaste decenniet tack vare storskalig effektiv tillverkning. Samtidigt har det uppdagats dataluckor och kunskapsbrister avseende processer högre upp i försörjningskedjan.

Utmaningar och åtgärder

- Den nationella mineralstrategin som betonar hållbar resursutveckling, stärkt konkurrenskraft och ökad kunskapsuppbyggnad är för närvarande under revidering för att bättre adressera kritiska råvaror. För att kunna nyttja nya fyndigheter krävs också att det finns effektiva bearbetningsprocesser anpassade för den specifika malmen fram till färdiga utgångsmaterial för användning i celltillverkning.
- Effektiv återvinning för att förse cellproduktion med material är viktig för att sänka kostnader och energiförbrukning, samt ge låga utsläpp. Mot bakgrund av att en stor andel av den globala batteriåtervinningen sker i Kina, vilket skapar ett geopolitiskt beroende, är europeisk och svensk återvinning väsentlig för tillgången av vissa kritiska metaller.
- För vissa ämnen saknas tekniska processer för kostnadseffektiv återvinning, till exempel litium och grafit, och specifikt återvinning av LFP-batterier.
- Det finns kunskapsluckor avseende automatiserad demontering och urladdning av batteripack, vilket är viktigt både för en bredare industrialisering av en cirkulär ekonomi för batterier, och för effektiv återvinning.
- Viktiga utmaningar som kräver åtgärder är att öka kunskapen om globala försörjningskedjor och flöden av kritiska råmaterial i samhället, inklusive större materialströmmar som skulle kunna utgöra framtida sekundära råvaruflöden för batterier. Det är avgörande för att klargöra hur miljöeffekter och social påverkan från batterier kan minskas, och för att säkerställa rätt incitamentsstrukturer i systemet.
- Försörjningskedjornas miljöpåverkan utöver växthusgaser, till exempel vattenanvändning och vattenföroreningar, samt även global och lokal tillgång på begränsade resurser, är väsentligt mindre utforskade med LCA än klimatpåverkan.
- Transparent datadelning avseende batterihälsa samt effektiv retur- och cirkulärlogistik behövs för att kunna återanvända och återtillverka celler, moduler och pack, samt skapa förutsättningar för kostnadseffektiv materialåtervinning.

- Begränsad tillgång till förstahandsdata från batteritillverkare gör också att LCA-studier delvis måste baseras på proxydata. Detta gäller i synnerhet för andra kemier och teknologier än litiumjonbatterier. Kommande digitala produktpass kan delvis avhjälpa detta men kan samtidigt skapa osäkerhet kring hur flera olika regelverk inom EU kommer att samverka och påverka etableringen av cirkulära system.
- Att vissa cirkulära åtgärder kan fördröja tillgången på återvunnet material utgör en paradox. Maximerad sekundär råvarutillgång och minimerad klimatpåverkan går inte nödvändigtvis hand i hand.

Forskning som syftar till att stärka europeisk och svensk kapacitet inom framställning av primära batteriråvaror bör prioritera förbättrad prospektering och geologisk kartläggning, samt utveckling av effektiva utvinningsprocesser där sådana saknas. **På kort sikt** innebär utmaningen att öka uttaget ur befintliga gruvor. Systemanalyser och bedömningar är viktiga för att kartlägga hur efterfrågan på specifika batteriteknologier kan utvecklas, och i vilka applikationer dessa kommer till användning. Detta behövs för att svara på hur batterier kan bidra till största möjliga samhällsnytta. Det är också angeläget att ta fram underlag för hur beroendet av kritiska och strategiska råmaterial (t.ex. Cu, Ni, Co, Li) kan minskas genom kartläggning av alternativa europeiska försörjningsvägar, men även förändrad design på systemnivå eller direkt substitution av cellkemier. **På lång sikt** bör forskningen inriktas på nya fyndigheter och material, med utgångspunkt i vad annan forskning säger om förväntad framtida efterfrågan. Litiumutvinning har god potential i Europa medan biobaserade material kan bli en unik konkurrensfördel för Sverige. Återvinningsteknik bör i möjligaste mån integreras med den celltillverkning som byggs upp nationellt. Recirkulering av kompletta komponenter eller aktiva material bör kontinuerligt avvägas mot framställning av mer generiska förstegs-material, såsom kobolt- eller litiumsalter, som inte blir låsta till en specifik celldesign.

- Potentialen för framställning av batterimaterial från materialströmmar i andra sektorer behöver utforskas, till exempel spill från industriprocesser, skogsråvaror och fosfor i avloppsslam. Höga renhetskrav gör det dock utmanande att utgå från råmaterial med stora mängder föroreningar.
- Miljösystemanalys och LCA behöver få en tydligare egen roll inom batteriforskningen. I stora EU-projekt krävs ofta LCA, men behandlas generellt utan den rigorositet och metodutveckling som utmärker robust forskning.
- Det finns kunskapsluckor om miljöpåverkan från gruvdrift och förädling av råvaror i de olika delar av världen som försörjer Sverige och EU med batterimaterial.
- Prospektiv och scenario-baserad LCA gör det möjligt att utvärdera nya tekniker tidigt, före produktion i stor skala, och är väsentligt för studier av fordon och BESS. Gedigen livscykelbaserad kunskap är även en förutsättning för att EU-styrmedel relaterat till batterier ska gynna hållbarhet.
- Tvärvetenskaplig forskning och samarbete mellan teknikutveckling och systemanalys är prioriterat. Förutsättningar för såväl tillverkning som återvinning och andra cirkulära åtgärder bör kopplas tätare samman med cell- och packdesign.



TEMA 6. VETENSKAP OCH SAMHÄLLE

Batteriforskning och -innovation är en angelägenhet för hela samhället och inbegriper aspekter som standarder, regleringar, utbildning och livslångt lärande. Dessa stärker nödvändiga forskningsmiljöer och kompetensförsörjningen i den svenska batterivärdekedjan.

EU har skapat flera olika regleringar som påverkar batteriområdet: *critical raw materials act*¹², batteriförordningen (som reglerar bl a återvinning)¹³, kemikalieregleringarna REACH¹⁴ och CLP¹⁵, är några som både kan bromsa och/eller stärka utvecklingen för batterivärdekedjan i Europa. Sverige har möjligheten att påverka EU:s regelverks- och standardiseringsarbete, vilket är viktigt eftersom de sätter ramarna för den nationella lagstiftningen. Allmänheten och beslutsfattare behöver nås av saklig och balanserad information för ökad förståelse och acceptans för övergripande samhällsförändringar som följer av teknikomställningen och elektrifieringen.

Kompetensförsörjningen är en flaskhals, och lärosätena behöver vara adaptiva och skala utbildning och forskning i takt med samhällets behov. Behovet av fort- och vidareutbildning ökar också i takt med att den tekniska utvecklingen går snabbare och arbetslivet blir längre. För att skapa internationell spetskompetens behövs strategiska satsningar på excellenta forskningsmiljöer som tydligt kopplar till utbildning, vilket är avgörande för utbildning i världsklass.

Politisk tydlighet. Det krävs en gemensam organisering av akademi, industri, myndigheter och beslutsfattare för att optimera de resurser som redan finns, men långsiktiga resurser för framtidens forskning och innovationer kommer att kräva ytterligare kapital. Många insatser har gjorts, men fler kommer att behövas. Det är viktigt att denna linje är expertkunskapsbaserad och brett förankrad.

Forskningsfokus. Batteriteknik är central för flera olika industrisektorer, men val av cellkemi, prestandaoptimering och systemtekniska lösningar varierar mycket. Sverige bör utnyttja denna färdplan för en gemensam målbild och strategi, samtidigt som man ska tillse att det finns en bredd i forskningen. Man bör använda den goda forskningskompetens som finns avseende batterier i svensk fordonsindustri såväl som i akademien. Centralt är att skapa miljöer för samverkan mellan de allra bästa forskarna över lärosätessgränserna för att accelerera och bidra till kompetensbyggande, innovationskraft och marknadsetablering för strategiska områden utan att bryta mot konkurrenslagstiftningen. Redan etablerade plattformar som Swedish Electromobility Center (SEC) och Batteries Sweden (BASE) spelar viktiga roller, men skulle med alternativa finansieringsmodeller utan strikta medfinansieringskrav kunna skapa bättre förutsättningar för gemensam spetsforskning med ett mer fokuserat angreppssätt.

Nya arbetssätt för myndigheter och finansiärer i samråd med akademi och industri. Myndigheter, akademi och industri bör hitta nya sätt att adressera större och mer heltäckande frågeställningar från mikro- (material) till makro- (batterisystem) nivå med ett portföljperspektiv. Dagens utlysningssystem har fördelar i form av sund konkurrensutsättning, men skapar ofta långa processer innan nya projekt kan starta. Intern konkurrens är inte självklart det bästa sättet att vässa Sveriges positionering i det internationella batteriforskningslandskapet där teknikfokus lyfts fram som en avgörande

¹² https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/raw-materials/areas-specific-interest/critical-raw-materials/critical-raw-materials-act_en

¹³ www.kemi.se/lagar-och-regler/lagstiftningar-inom-kemikalieområdet/eu-gemensam-lagstiftning/batterier/kort-om-batteriforordningen

¹⁴ https://environment.ec.europa.eu/topics/chemicals/reach-regulation_en

¹⁵ <https://www.kemi.se/lagar-och-regler/lagstiftningar-inom-kemikalieområdet/eu-gemensam-lagstiftning/clp-forordningen>



framgångsfaktor. För att skapa finansieringsinstrument för helhetsgrepp krävs samarbete mellan ansvariga myndigheter och forskningsfinansiärer. Här kan vi lära av andra länder, till exempel Kina och Sydkorea, i frågor om risktagandekultur, snabba iterationer och industriell experimentering.

Mobilitet mellan akademi och industri. Ytterligare en nyckelfaktor är ett system som underlättar och gynnar kontinuerlig mobilitet inom och mellan akademi och industri, för att kunna tillvarata och kapitalisera den kollektiva kunskapen i form av innovation, produktifiering och industrialisering.

EU-kommissionens riktade stöd. För att säkra att Sverige framgent kan ta hem en större del av riktade stöd till batteriområdet på europeisk nivå behövs en proaktiv och hög röst för svenska intressen i EU som driver evidens- och faktabaserade lagkrav och standarder till förmån för elektrifiering.

Kompetensförsörjning. Utmaningarna för kompetensförsörjning handlar om att attrahera utländsk nyckelkompetens till landet, behålla den kompetens som finns och om utbildningssystemens förmåga att locka ungdomar att söka sig till STEM-yrken. Befintlig arbetskraft måste tillvaratas bättre genom återkommande fort- och vidareutbildningsinsatser under yrkeslivet för att kunskapen skall hållas aktuella i takt med den tekniska utvecklingen. Kompetensbrister finns i hela batterivärdekedjan men är särskilt märkbar inom systemtänkande, dataanalyskompetens, tillverkningsbarhet och förståelse för integrerade tillverkningsprocesser.

Vision och målbild på 10 års sikt

Inom tio år ska Sverige ha en livaktig, diversifierad och internationellt konkurrenskraftig batterisektor. Sverige ska vara ett föregångsland för batteriforskning och -innovation där akademi, industri och politik tillsammans skapar skalbara, grundforsknings- och produktionsnära forskningsmiljöer. Attraktiva och stabila karriärvägar ska etableras för att unga akademiker ska våga satsa på en forskarkarriär och för att Sverige skall kunna locka internationella toptalanger inom det kraftigt konkurrensutsatta batteriområdet. Detta säkerställer långsiktig kompetensförsörjning.

Föreslagna åtgärder för att uppnå målen

Det finns ett behov av att etablera en nationell koordineringsgrupp/arena med representanter från ledande forskningsmiljöer, industrins FoU samt myndigheter. En sådan arena ska stödja en strategisk inriktning av forskningsfinansiering, kortare starttider för projekt, färre men mer kraftfulla satsningar, samt bättre förutsättningar för tillämpad och industridriven forskning att ta del av EU-medel ur Horizon Europe och Konkurrenskraftsfonden.



8. TRE CENTRALA INSATSOMRÅDEN

Här presenteras tre centrala insatsområden som stöd till alla tematiska områden.

1: SAMVERKAN, EN STRATEGISK BATTERIFORSKNINGS- OCH INNOVATIONSARENA

Samordning och samverkan är avgörande för att vi ska kunna ta tillvara och utveckla den excellens och gemensamma expertis som finns inom landet. Genom att etablera ett geografiskt distribuerat men nationellt och organisatoriskt sammanhållen *arena* för forskning och innovation inom batteriområdet – skapas förutsättningar för ett visionärt och framåtblickande arbetssätt. Denna kan mer fördel ta avstamp i etablerade plattformar inom det svenska batteriekosystemet som Compel och BASE. Arenan är tänkt att omfatta hela batterivärdekedjan, samla alla relevanta aktörer inom forskning och innovation (inklusive myndigheter och finansiärer) och bidra till underlag för strategiskt viktiga beslut som stärker Sveriges position inom området.

Syftet är att arbeta för att:

- Nationella batterirelaterade projekt och övriga infrastrukturella satsningar så som exempelvis instrument för avancerad karaktärisering och pilotlinor är samordnade och koordinerade,
- Forsknings-, utvecklings- och innovationssatsningar, inkluderande nya och befintliga infrastrukturer, är ändamålsenliga och administrativt kostnadseffektiva,
- Satsningarna görs på en mångfald av batterikemier och -teknologier, både dagens (Li-jon och Na-jon) och morgondagens (nästa generations batterier),
- Framtida projekt utgörs av såväl grundforskning som applikationsinspirerad och tillämpad forskning för en bredd av olika tillämpningar,
- Öka antalet strategiska internationella samarbeten,
- Hållbar utveckling och cirkularitet genomsyrar svensk strategisk batteri-Fol på ett positivt och öppet, icke-begränsande, sätt. Aspekter, arbetsmetodik och material att bevaka inkluderar CRMs, PFAS, SSbD, LCA och pLCA, MSA, roll av återvunna material i process och produktion, materialkritikalitet, samt YIMBY (t.ex. socialt accepterad prospektering och gruvdrift),
- Tillse att olika aspekter av AI och data-drivna arbetssätt och verktyg (exempelvis generativ AI, API:er, data-formar/överföring/lagring, cybersäkerhet och digitala tvillingar) integreras ansvarsfullt men effektivt inom akademi-institut-industri.

Arenans roll som strategisk samtalspartner

- Vara den naturliga samtalspartnern för omgivande samhälle och motsvarande internationella initiativ.
- Arbeta för att svensk batteriforskning och -innovation får en stärkt roll inom EU.
- Stärka förutsättningarna för små och medelstora företag inom ekosystemet och verka för ett framtida självfinansierat nationellt nätverk av SME:er.



- Arbeta nationellt och internationellt med standardisering och reglering – t ex "battery passport", ontologier, "best practices", policy, och tekno-ekonomiska bedömningar, utvärderingar, scouting och kartläggningar.
- Hantera IP-utveckling/strategi/policy.

Utvärdering och uppföljning

- Utveckla och följ upp KPIer anpassade för svenska förhållanden, industriella kriterier och slutanvändares krav.



2: ACCELERERAD FORSKNING, UTVECKLING OCH UPPSKALNING VIA STORSKALIGA FORSKNINGSFRASTRUKTURER OCH ANDRA TEKNIKFRASTRUKTURER

Batteriforskning och -utveckling behöver tillgång till avancerad, specialiserad och experimentell utrustning och integrera denna med en bred användning av nationell (dedikerad) beräkningskapacitet, inte minst för att möjliggöra accelererad materialutveckling som nyttjar olika varianter av AI och digitala tvillingar.

För att öka den akademiska forskningens relevans, förkorta tiden från upptäckt till innovation och tillämpning, och för att stärka Sveriges konkurrenskraft behöver ett flertal typer av teknikinfrastruktur (t ex pilotlinor) implementeras på universitet och institut, i samverkan med industrin.

Syften och mål:

- Etablera och öka batteriforskningsmiljöer vid Max-IV och ESS med avancerad cell-utveckling för realistiska operando/realtidsstudier av material och processer.
- Utveckla, integrera och nyttja digital infrastruktur och beräkningsresurser för multifysikmodellering från partikel- till packnivå, för att möjliggöra att automatiserade labb kan utföra höggenomströmningstester kopplat till AI/ML-hantering.
- Vidareutveckla BMS med smart styrning, algoritmer, data-drivna system, sensorer, behov och funktionalitet, cell-pack nivåer och fysikaliska modeller
- Data som genereras på alla nivåer i värdekedjan skall vara hanterbara i realtid, för att ytterligare kopplas mot AI/HPC.
- Samverka med lokala, regionala, och nationella infrastrukturer för att tillhandahålla säkra lagringsresurser för datahantering. Verka för öppna, konfidentiella, och spårbara data.
- Etablera pilotlinor vid institut och industri designade för produktion och som insteg och undervisning vid akademi. Dessa bör vara flexibla för olika kemier och teknologier för att möta olika behov beroende på mognadsgrad och metodik, inklusive kunna hantera introduktion av återvunna material med renhetsöverbälganden, alternativa materialströmmar och cirkularitetsprinciper. Användningen av pilotlinorna ska avspegla produktionskrav, tillverkningsbarhet, och material-cell-pack-systemdesignfrågor, men kostnaden bör skalas mot nuvarande och framtida Fol behov och därmed bör flertalet vara små och modulära.
- Integrera digitala tvillingar och in-line sensorer och koppla dessa mot kalibrerade modeller, design, validering, säkerhetstest som möjliggör inversdesign.



3: UTBILDNING OCH KOMPETENSFÖRSÖRJNING

För att stärka Sveriges position inom batteriforskning och -innovation behövs avsevärt fler utbildade personer. Därmed finns behov av utbildningsinsatser på alla nivåer. Interesse behöver skapas för området redan i grund- och gymnasieskolan, med bra utbildningsmaterial och fortutbildning för lärare samt folkbildande insatser. Yrkesutbildningar inom process och produktion, samt att aktiva inom industrin som kan vidareutbilda sig (livslångt lärande) är också av vikt. Universitetsutbildningar behövs på grundläggande och avancerad nivå, inklusive en dedikerad nationell forskarskola som täcker hela batterivärdekedjan. Individer på ledningsnivå i olika organisationer i samhället behöver batterikompetens.

Utbildningsinsatserna kommer ytterligare stärka och utöka det svenska ekosystemet inom batteriområdet genom att:

- Attrahera internationell spetskompetens,
- Tillvarata på den mångfald av erfarenheter från akademi och industri som finns för att skapa förståelse för de olika krav och villkor som finns inom olika delar av systemet (akademi-industri och värdekedjans olika delar). Exempelvis kan mobilitetsinsatser vara aktuella.
- Stimulera entreprenörskap och mobilitet längs hela värdekedjan.

Syften och mål:

- Skapa en nationell bred och spetsig, fokuserad och flexibel, forskarskola som integrerar batteriproduktion och -processer med användningsfasen och avancerad styrning med grunderna i kemi, fysik, materialvetenskap, mekanik, elektronik och längs råvaru-material-komponent-cell-pack-system-kedjan. Forskarskolan ska koppla upp mot storskaliga forskningsanläggningar som t.ex. pilotlinorna.
- Öka utbildningskapaciteten vid universiteten för att tillvarata akademisk excellens såväl som industriella erfarenheter och behov tidigare och tydligare. Betona särarter, mognadsskillnader, grundläggande kunskap och vetenskap för både LIB och nästa generations batterier samt bredda spridning av industrins teknologiska "know-how" baserat på faktiska behov och en kritisk hållning för att både värdera och stimulera vetenskap, utveckling och innovation.
- Arbeta för att få in ökad kompetens längs hela värdekedjan, även utanför STEM: resurser, råvaror, prospektering, geologi, materialflöden, juridik, cirkulär ekonomi, konflikthantering, etc. Insatserna ska vara tydliga med att hantera olika tidshorisonter och komplicerade beroenden samt låta AI och andra generiska verktyg genomsyra utbildningarna.
- Fördjupa och bredda dagens utbildningsinsatser och se till att det finns aktuella och uppdaterade informationsmaterial och läromedel som täcker praktiska moment (t ex demontering och urladdning av batterier), regleringar, lagstiftning, systemperspektiv, sociala effekter och samhällsnytta. Arbeta med folkbildning och livslångt lärande via olika kanaler (sociala medier, influencers, etc) för att nå nya grupper.
- Stimulera mobilitet mellan akademi och industri för ökad förståelse av verkligheter, krav och behov genom att återkoppla och sprida lärdomar.



- Utnyttja internationella kontakter och nätverk för spetsrekryteringar och utbyten på alla nivåer inom ekosystemet.
- Stimulera bildandet av spin-offs/outs genom utbildningar inom entreprenörskap och exponering för olika supportorganisationer för kommersialisering.



BILAGA 1 ARBETSGRUPPER OCH DELTAGARE I WORKSHOPEN

Ett antal experter har i arbetet fungerat som gruppleddare för varsitt område i färdplanen. I denna roll har de ansvarat för att strukturera och driva arbetet framåt, inklusive att ta fram underlag, identifiera forsknings- och innovationsbehov samt formulera prioriteringar inom sina respektive områden.

Följande personer har haft ansvar för respektive område:

1. Aleksandar Matic (Chalmers) med stöd från Annika Kauppi (Altris) – Nya batterikemier och -teknologier (material)
2. Peter Broqvist (Uppsala universitet) med stöd från Artem Kulachenko (KTH) – Accelererad materialutveckling (modellering, AI och data)
3. Verena Löfqvist Klass (Scania/Traton) med stöd från Torsten Wik (Chalmers) – Styrning och smarta system
4. Martin Karlsson (Luleå Tekniska Universitet) med stöd från Maciej Wysocki, (RISE) – Tillverkning och digitala tvillingar (inklusive nästa generations batterier)
5. Anders Nordelöf (Statens väg och transportforskningsinstitut samt Chalmers) med stöd från Kerstin Forsberg (KTH) – En cirkulär värdekedja (livscykelanalys, råmaterial, återvinning)
6. Annika Ahlberg Tidblad (Volvo Cars) med stöd från Guiomar Hernández (Uppsala universitet) – Vetenskap och samhälle (standarder, regleringar, utbildning, livslångt lärande)

Som en central del av uppdraget har gruppleddarna aktivt engagerat och samverkat med relevanta aktörer från akademi, industri och forskningsinstitut för att säkerställa att innehållet är väl förankrat och speglar både vetenskapliga framsteg, industriella behov och bredare samhällsperspektiv. Detta har skett genom riktade dialoger, avstämningar och inhämtning av inspel från nyckelpersoner inom respektive område.

Arbets sättet har använts för att skapa en bred och tvärspektoriell förankring, i syfte att stärka kvaliteten och relevansen i de framtagna rekommendationerna.

Representanter från följande organisationer har haft möjlighet att lämna synpunkter på innehållet.

- Altris
- Batixt
- Business Sweden
- Chalmers tekniska högskola
- Echandia
- Energimyndigheten
- Husqvarna
- InnoEnergy
- KTH
- Libergreen
- Linköping University
- Luleå tekniska universitet

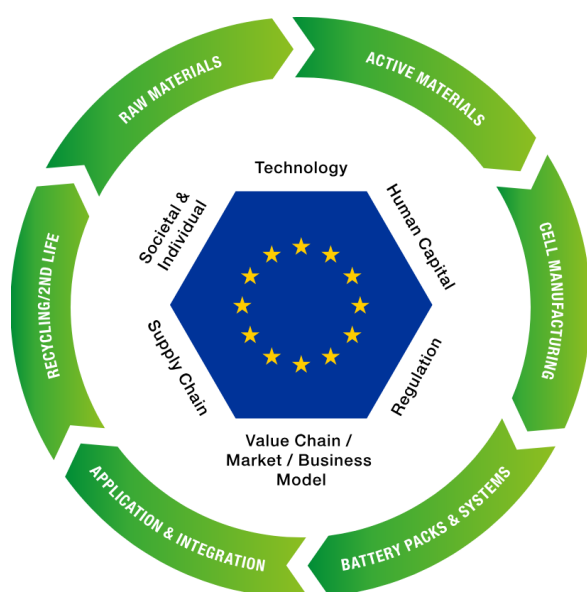


- Lund University
- Lyten AB
- Micropower Group AB
- Micropower Sweden AB
- Mid Sweden University
- Mälardalens universitet
- Naturvårdsverket
- Phinia
- Polestar
- RISE
- Scania/Traton
- SEEL Swedish Electric Transport Laboratory
- Statens väg- och transportforskningsinstitut/VTI
- Stiftelsen för strategisk forskning
- Stockholms universitet
- Stora Enso AB
- Svemin
- Totalförsvarets forskningsinstitut
- Uppsala universitet
- Vetenskapsrådet
- Vinnova
- Volvo Cars
- Volvo Group
- Volvo Technology AB

BILAGA 2 BATTERIETS VÄRDEKEDJA

Batteriets värdekedja kan beskrivas i både en linjär och en cirkulär form. Den klassiska bilden som är framtagen på EU-nivå i SET-plans-arbetet tolkat av EBA250¹⁶ visas i Figur 1. Ibland visas denna cirkel med råmaterialen (raw materials) utanför cirkeln för att markera att råmaterial från gruvor måste fyllas på kontinuerligt då det är tveksamt att återvunna metaller kommer att räcka för våra behov av batterier i framtiden. Ibland visas också en del mellan *active materials* och *cell manufacturing* som indikerar att materialen måste balanseras och optimeras i en typisk cellkemi.

Den forskningsmässigt svagaste länken i denna kedja, både i Europa och Sverige, anses vara kunskap om hur battericeller tillverkas.



Figur 1. Batteriets värdekedja enligt SET-Plan och EBA250

¹⁶ EBA250 <https://www.eba250.com/>



BILAGA 3 INSATSER PÅ KORT OCH LÅNG SIKT - SLUTSATSER

Alla sex teman pekar på ett behov av långsiktig forskning med avseende på alla delar av batterivärdekedjan och att detta paras med tidsbegränsade insatser för att främja innovation och ett starkt samarbete mellan akademi och industri. Inom tio år ska Sverige ha en livaktig, diversifierad och internationellt konkurrenskraftig batterisector. Sverige ska vara ett föregångsland för batteriforskning och -innovation där akademi, industri och politik tillsammans skapar skalbara, grundforsknings- och produktionsnära forskningsmiljöer. Detta kräver både kortsiktiga och långsiktiga insatser. Dessa beskrivs på olika sätt inom de olika temana och sammanfattas nedan.

TEMA 1

Kort sikt

Långsiktiga forskningsinsatser avseende:

- Nästa generations Li- och Na-baserade kemier, exempelvis LMFP, LMR, DRX (disordered rock salt), LMNO, legeringsanoder (Si, Sn)
- Litiummetallbatterier (ev. även Na och Zn)
- Fastfasbatterier: keramer/ polymer/hybrider

Övriga insatser

- Resurser för en kritisk massa av forskargrupper och forskningsfrågor längs hela batterivärdekedjan som borgar för långsiktigt stöd för innovation
- En plattform etablerad för dialog som möjliggör att tillverknings-, återvinnings- och hållbarhetsaspekter kommer in i ett tidigt skede för att säkerställa att resurser läggs på batterikoncept med potential för framtiden.

Lång sikt

Forskningsinsatser avseende:

- Multivalenta batterier (Ca, Mg, Al)
- Omvandlingskemier (O, S, etc....)
- Organiska batterier/biomassa för energilagring
- Flödesbatterier

Övriga insatser

- En ansvarsfull internationaliseringsstrategi för att skapa samarbeten som ger synergier.
- Nya kemier och teknologier för batterier har en bas i stark grundforskning kring material, processer och cellkoncept.
- Tillgång till avancerade analysmetoder på universitet och storskaliga forskningsanläggningar för att studera material och kemiska processer vid så realistiska betingelser som möjligt, genom *ex situ*, *in situ* och *operando* experiment på komponenter och celler.



TEMA 2

Kort sikt

- En stegvis uppbyggnad av en *Materials Acceleration Platform* (MAP) där modellering från atomnivå till system bryggas med nya algoritmer baserad på experimentella data, AI och ML.
- Utveckling av en plattform för enhetlig rapportering av resultat samt tillgång till data för olika aktörer.
- Samverkande modellträning bör utvecklas så att modeller tränas över olika dataskikt utan att rådata behöver flyttas.

Lång sikt

- En reducerad utvecklingstid från grundforskning till produkt ca 10 ggr jämfört med idag. En MAP implementerad för både akademi och industri.
- Utvecklade gemensamma dataontologier, API:er och versionshantering. En skiktad lagringsinfrastruktur som skiljer på öppna forskningsdata, konfidentiella industridata och regulatoriska spårbarhetsdata samt en skiktad modellinfrastruktur med avancerade modeller som kan erbjuda säkra tjänster även till små och medelstora företag.
- Starka miljöer inom modellering och AI-utveckling som accelererar utveckling av nya kemier.

TEMA 3

Kort sikt

- Optimera dagens kommersiella batterisystem genom avancerat BMS: förlängd livslängd, robust snabbbladning, minskade systemkostnader
- Satsa på forskning om funktionsallokering mellan lokala system och molnet (arkitekturval, realtidskrav, cybersäkerhet, datahantering)
- Stärka livscykelperspektivet för att möjliggöra second life, reuse och repurposing. För detta krävs standardiserad och tillförlitlig tillståndsinformation över tid genom kvalitativ data, adaptive fysikalisk-informerade modeller och avancerade mätmetoder som EIS
- Etablera testbäddar och öppna dataplattformar i samverkan mellan industri, akademi och offentliga aktörer för att accelerera innovation av nya BMS lösningar.



Lång sikt

-

Utveckla lärande, kemineutral och kostnadseffektiv styrning av batterier som möjliggör att batterier kan utnyttjas effektivt över hela livscykeln – från första användning till återbruk och last life på ett säkert sätt

Integrera BMS-perspektivet tidigt i utveckling av nästa generations batterikemier och -teknologier

Satsa på utveckling av smart styrning av omkonfigurerbara batterisystem

TEMA 4

Kort sikt

-Etablering av instegsmiljöer och pilotlinor i liten till medelstor skala vid universitet, tillgängliga nationellt och europeiskt, där fokus ligger på att förstå fundamentala processer och koppla dessa till mätdata och modellering.

-Stödja forskning och utbildning genom att dessa miljöer möjliggör kontrollerade experiment över hela processkedjan, från slurry-beredning till elektrod- och celltillverkning, med hög grad av flexibilitet.

-Dedikerade experimentella uppställningar kopplade till storskalig forskningsinfrastruktur som MAX IV och ESS, där avancerad ljus- och neutronbaserad teknik kan användas för att studera processfysik *operando* ska tillhandahållas.

Lång sikt

-Skapa industriella pilot- och produktionslinor med strukturerad access för akademi och forskningsinstitut som möjliggör validering i relevant skala, där processrobusthet, variation och integration med verkliga produktionssystem kan studeras.

-Kombinera dessa nivåer – från universitetsmiljöer till avancerad forskningsinfrastruktur och industriella linor – till en sammanhängande utvecklingskedja där kunskap, data och modeller kontinuerligt överförs och förfinas.

- Skapa strategisk kärnkapacitet på europeisk nivå genom pilotlinor, där integrerade miljöer kan accelerera utveckling, minska risk i uppskalning och etablera en verkligt konkurrenskraftig och kunskapsdriven batteriindustri.



TEMA 5

Kort sikt

- Öka uttaget av batterimaterial ur befintliga gruvor och etablera nya gruvor. Forskningen bör inriktas på nya fyndigheter och material, med utgångspunkt i förväntad framtida efterfrågan.
- Återvinningsteknik bör integreras med den celltillverkning som byggs upp nationellt.
- Recirkulering av kompletta komponenter eller aktiva material, det vill säga kortast möjliga återvinnings-loopar, bör kontinuerligt avvägas mot framställning av förstegsmaterial, såsom kobolt- eller litiumsalter.
- En mer dedikerad roll inom batteriforskningen för miljösystemanalys och LCA och en större vikt vid LCA-studier om hur batterier används i olika applikationer, i synnerhet elfordon och stationär energilagring.
- Miljöpåverkan från gruvdrift och förädling av råvaror i de olika delar av världen som försörjer Sverige och EU med batterimaterial bör utforskas.
- Prospektiv scenario-baserad LCA bör implementeras för att utvärdera nya tekniker tidigt, före produktion i stor skala.

Lång sikt

- Framställning av batterimaterial från materialströmmar i andra sektorer som t.ex. spill från industriprocesser, skogsråvaror och fosfor i avloppsslam.
- Forskning inriktad på nya fyndigheter och material, med utgångspunkt i förväntad framtida efterfrågan.
- Mer grundligt etablera tvärvetenskaplig forskning och samarbete mellan teknikutveckling och systemanalys.
- Inrättande av en plattform för såväl tillverkning som återvinning och andra cirkulära åtgärder, vilka kopplas tättare samman med cell- och packdesign.
- Utveckling av metoder för att minska beroendet av kritiska och strategiska råmaterial (t.ex. Cu, Ni, Co, Li) förändrad design på systemnivå eller direkt substitution av cellkemier.

TEMA 6

Kort sikt

- Inrättande av en nationell tvärvetenskaplig forskarskola som täcker hela batterivärdekedjan.
- Utveckla ett policyramverk för öppen men skyddad hantering av batteridata och IP, inklusive skydd mot internationell datainsamling.
- Inventera kompetensbehov längs batteriets värdekedja, samt längs hela skalan från operatör till specialist.
- Utveckla ett svenskt policyramverk för att underlätta mobilitet mellan och inom akademien och industrin, till exempel adjungering och affiliering av forskare samt utbyte av lärare.



Lång sikt

- Skapandet av starka flexibla system för livslångt lärande i takt med kunskapsfronten.
- Bred kunskapsspridning om batterier i samhället genom lättillgänglig, uppdaterad information som kan användas på grund- och gymnasieskolan samt för en intresserad allmänhet.
- Utveckling av batterikompetens i relevanta högskoleutbildningar, även utanför traditionella STEM-områden.



BILAGA 4 FÖRKORTNINGAR

- **AI** – Artificiell intelligens
- **API** – Application Programming Interface
- **BASE** – Batteries Sweden (kompetenscenter)
- **BESS** – Battery Energy Storage System
- **BMS** – Battery Management System
- **CLP** – Classification, Labelling and Packaging
- **CRMs** – Critical Raw Materials
- **DRX** – Disordered Rock Salt
- **EIS** – Electrochemical Impedance Spectroscopy
- **EU** – Europeiska unionen
- **FoU** – Forskning och utveckling
- **HPC** – High Performance Computing
- **HTS** – High-Throughput Screening
- **IP** – Intellectual Property
- **IT** – Information Technology
- **LCA** – Life Cycle Assessment
- **LFP** – Lithium Iron Phosphate
- **LIB** – Litiumjonbatteri
- **LMFP** – Lithium Manganese Iron Phosphate
- **LMNO** – Lithium Manganese Nickel Oxide
- **LMR** – Lithium Manganese Rich
- **MAP** – Materials Acceleration Platform
- **ML** – Maskininlärning
- **MSA** – Material System Analysis
- **NAISS** – Nationell akademisk infrastruktur för superdatorer i Sverige
- **NGB** – Next Generation Batteries
- **NMC** – Nickel Manganese Cobalt
- **OEM** – Original Equipment Manufacturer
- **OT** – Operational Technology
- **PFAS** – Per- och polyfluorerade alkylsubstanter
- **RISE** – Research Institutes of Sweden
- **SDL** – Self-Driving Laboratory
- **SEC** – Swedish Electromobility Center
- **SEEL** – Svenskt testcenter för elektromobilitet
- **SGU** – Sveriges geologiska undersökning
- **SIB** – Natriumjonbatteri
- **SMF** – Små och medelstora företag
- **SRA** – Strategic Research Agenda
- **SSbD** – Safe and Sustainable by Design
- **STEM** – Science, Technology, Engineering, Mathematics
- **TRL** – Technology Readiness Level
- **pLCA** – Prospektiv livscykelanalys
- **v2g** – Vehicle-to-Grid



