

Modulärt batteribytestssystem som möjliggörare för fossilfria mobila arbetsmaskiner

Publik rapport



Författare: Jonas Engström och parterna i projektet
Datum: 2023-10-30
Projekt inom Fossilfria arbetsmaskiner

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning.....	3
2 Executive summary in English	4
3 Bakgrund	6
4 Syfte, forskningsfrågor och metod.....	8
5 Mål	8
6 Resultat och måluppfyllelse	9
6.1 Konstruerat och byggt ett modulärt batteripack för arbetsmaskiner.	9
6.2 Byggt klart en prototyp för en autonom eldriven jordbruksmaskin från Traktoravid	10
6.3 Elkonverterat en skogsmaskin från Malwa.....	10
6.4 Konstruerat och byggt en automatisk batteribytesstation.....	11
7 Spridning och publicering	13
7.1 Kunskaps- och resultatspridning.....	13
7.2 Kopplingar till andra interna eller externa projekt	14
7.3 Publikationer.....	14
7.4 Konferenser	14
8 Slutsatser och fortsatt forskning	14
9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	16
10Slutord	18

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Projektet har tagit fram och demonstrerat hur ett modulärt batteribytesystem kan användas i eldrivna arbetsmaskiner i olika branscher. Syftet med projektet var att utveckla och demonstrera innovativ teknik där batteribyteteknik möjliggör batteridrivna maskiner i jordbruk och skogsbruk för att accelerera implementeringen av fossilfria tekniska lösningar.

Projektet "Modulärt batteribytesystem som möjliggörare för fossilfria mobila arbetsmaskiner" startade juli 2021 och avslutades hösten 2023. Projektet hade en budget på 10 Mkr och finansierades med lika delar av FFI genom Vinnova och projektparterna. I projektet som koordinerades av RISE ingick parterna Malwa Forest AB, Micropower AB, Hydraspecma AB, Traktorarvid AB och Regal Components AB.

Projektet har förverkligat fyra komplexa fungerande prototyper helt enligt plan:

1. Konstruerat och byggt ett modulärt batteripack för arbetsmaskiner. Detta inkluderar även tekniska lösningar för att koppla in fasta batterier i maskinen och dynamisk koppla in ett eller två lösa batteripack. Batterilådan har konstruerats och byggts av Traktorarvid i RISE verkstad, Regal har monterat batterimoduler och Micropower har stått för komponenter och programmering av BMS.
2. Byggt klart en prototyp för en autonom eldriven jordbruksmaskin, inkl fysisk uppbyggnad, el- och styrsystem, samt implementerat batterisystemet på den. Maskinen är i grunden designad och byggd av Traktorarvid, sedan har Traktorarvid och RISE byggt klart den med elsystem, styrsystem och implementerat batteribytesystemet tillsammans. Regal Components har stått för motorstyrningar och elmotor för hydraulik. Hydraspecma har stått för komponenter och design av hydraulsystemet som har byggts av Traktorarvid. Styrsystemet är open source WayWise från RISE.
3. Elkonverterat en maskin för skogsbruk, inkl fysisk uppbyggnad, el- och styrsystem, samt implementerat batterisystemet på den. Utgångspunkten var en befintlig modell från Malwa där man redan har en beprövad produkt. Så mycket som möjligt från grundmaskinen har behållits för att inte skapa för många svåra utmaningar. Malwa har byggt om sin maskin och Regal Components har stått för komponenter, montering och programmering av eldrivlina.
4. Konstruerat och byggt en automatisk batteribytesstation i form av en 20-fotscontainer med batterilager och batteribytarobot. Hydraspecma har konstruerat batteribytesystemet och stått för komponenter inklusive ställdon och styrenheter, samt programmering av styrsystem. RISE har byggt, monterat och kopplat in batteribytesystemet. Batteribytesstationen ska byta batterier automatiskt på jordbruksmaskinen.

Vi har lyckats skapa ett fungerande batteribyteskoncept. Konceptet har visats på flera olika demoevenemang. Projektet har fått väldigt mycket positiv publicitet i media. Projektet skapar möjligheter att köra arbetsmaskiner i jordbruket utan att batterierna behöver vara onödigt stora, tunga och dyra att bära med på maskinen i fältarbetet.

Att bygga elektrifierade arbetsmaskiner är inte någon stor knäckfråga. Ingen på marknaden tvivlar på att det är möjligt, utöver svårigheten att göra det med batteridrift.

Det som är nytt i detta projekt är att vi demonstrerar ett batteribytessystem som fungerar i verkligheten för arbetsmaskiner. Detta medför att maskinerna inte behöver bära med sig stora, tunga och dyra batterier och har många andra fördelar. Den stora knäckfrågan är i stället hur dessa batterier kan återladdas för att cirkulera i systemet. Här måste vi kunna beskriva flera olika tänkbara systemförslag som kan passa olika användarprofiler i deras behov. Detta kommer vi arbeta vidare med i kommande projekt, liksom hur maskinerna kan göras mer energieffektiva så batterierna räcker längre och andra förbättringar.

När detta skrivs har redan ett fortsättningsprojekt beviljats inom ramen för FFI Nollutsläpp.

2 Executive summary in English

The aim of the project was to develop and demonstrate innovative technology where battery swap technology enables battery-powered machines in agriculture and forestry to accelerate the implementation of the fossil free technical solutions.

The project "Modular battery exchange system as an enabler for fossil-free mobile work machines" started in July 2021 and ended in the autumn of 2023. The project had a budget of SEK 10 million and was financed in equal parts by FFI through Vinnova and the project partners. The project, which was coordinated by RISE, included the partners Malwa Forest AB, Micropower AB, Hydraspecma AB, Traktorarvid AB and Regal Components AB.

The project has carried out the following four complex working prototypes:

- Designed and built a modular battery pack for work machines. This also includes technical solutions for connecting fixed batteries to the machine and dynamically connecting one or two loose battery packs.
- Designed and built an automatic battery swapping station in the form of a 20-foot container with battery storage and battery swapping robot.
- Finished building a prototype for an autonomous electric agricultural machine, including physical structure, electrical and control system, and implemented the battery system on it.
- Electrically converted a machine for forestry, including physical construction, electrical and control systems, and implemented the battery system on it.

We have managed to create a working battery swapping concept. The concept has been shown at several different demo events. The project has received a lot of positive publicity in the media. The project creates opportunities to run work machines in agriculture without the batteries having to be unnecessarily large, heavy and expensive to carry on the machine in the field.

The modular battery exchange system that is the basis of this project makes it possible in the long term to introduce battery-powered machines in industries where it is currently very difficult due to the high threshold costs to gain access to battery systems when all manufacturers must develop their own systems and the machine contractors also need to bear the entire capital cost. Unlike in the automotive industry, work machines are

manufactured in very small series, which entails a large proportion of development costs per machine. For forest machines, the number of machines produced per year is counted in the hundreds, which makes it very difficult to take on the development costs of a battery system for both an individual manufacturer and an individual machine owner.

Another important factor that is a threshold for the introduction of battery-powered machines today is that the use of many work machines is seasonal. An agricultural tractor, for example, is mostly used in spring and autumn, and if such a machine is to be electrified, the cost of sufficient battery capacity will be too great. If, instead, the machine owner can rent the battery when needed, the cost can be drastically reduced. Through replaceable batteries, it is also possible for an operator to be responsible for the distribution of charged batteries so that the machine owner can order charged batteries to the place where the batteries are needed. By connecting with other industries with reverse season, such as battery-powered piston bull machines, the utilization of the batteries can be increased.

Additional critical benefits are gained if the machine has replaceable batteries so that downtime is avoided when the batteries are charged, in addition to reducing the weight of the machine, which is important for most applications. For an autonomous machine system, this battery change needs to be done automatically.

For a modular battery swapping system, a wide range of applications is important, as the greater the number of batteries in circulation, the more competitive it becomes. If each operator and machine have their own battery system, the costs of development, purchasing and handling increase sharply. By sharing the same infrastructure, costs can be shared between different industries, manufacturers, and users. Today, a major barrier to increased electrification of work machines is access to cost-effective battery solutions. By reusing subsystems and components in multiple industries and many different machine models and brands, development costs can be greatly reduced. In this way, new technology, such as electrification with battery technology, can break through much faster, which has major positive effects on the competitiveness of machine manufacturers and machine owners, as well as the machines' environmental and climate impact.

A modular battery swapping system has many advantages:

1. Enables the distribution of electricity to machines operating in remote and temporary locations.
2. Reduced costs through shared development and capital costs.
3. Avoid heavy investment that is a threshold for individual machine owners.
4. Smaller manufacturers gain access to state-of-the-art battery systems.
5. Supporting progressive development with better battery technology.
6. Great benefit for other industries such as transport (alternative to electric roads), transport vehicles, electricity distribution and storage, local electricity production, backup power, etc.
7. In the long term, a new service sector can be built up with actors who own and are responsible for the battery system, as well as charging, distribution and logistics of batteries.

Building electrified work machines is not a major issue. No one on the market doubts that it is possible, beyond the difficulty of doing it with battery power. What is new in this project is that we are demonstrating a battery exchange system that works for work machines. This means that the machines do not have to carry large, heavy, and expensive batteries and have many other advantages. Instead, the big question is how these batteries can be recharged to circulate in the system. Here we need to be able to describe several different possible system proposals that can fit different user profiles in their needs. We will continue to work on this in future projects, as well as how the machines can be made more energy efficient so the batteries last longer and other improvements.

At the time of writing, a continuation project has already been granted within the framework of FFI Zero Emissions.

The project will be presented at the agricultural technology conference LandTechnik 2023 in connection with the agricultural fair Agritechnika in Hannover in November 2023.

The project is reported in more detail in Swedish in RISE report 2023:104, which will be published in November.

3 Bakgrund

De globala klimatförändringarna kräver att de fossila drivmedlen för alla slags fordon ersätts med förnybara alternativ. För elektrifiering av arbetsmaskiner är den stora frågan hur maskinerna ska få tillgång till elenergi. Övrig teknik finns i stor utsträckning och kan tillämpas i maskinerna. Det erfordras nya metoder för att förse fordon med elektricitet. Batteribyte är en tekniskt möjlig lösning med många fördelar.

Projektet har tagit fram och demonstrerat hur ett modulärt batteribytesystem kan användas i eldrivna arbetsmaskiner i olika branscher. Det långsiktiga målet är att komma till ett modulärt batteribytesystem som möjliggör att även branscher som jordbruk och skogsbruk kan elektrifieras. Detta system möter även behovet att många av dessa arbetsmaskiner är säsongsbundna och då inte behöver nyttja batterimoduler, som då kan användas av andra arbetsmaskiner.

Projekten har byggt vidare på tidigare FFI-projekt (Mobil laddstation och Konceptstudie av batteridrivna autonom jordbruksmaskin) och tagit fram ett modulärt batteribytesystem för arbetsmaskiner. I batterisystemet ingår batteripack och en batteribytarrobot. En prototyp för en autonom eldriven jordbruksmaskin har färdigställts och en maskin för skogsbruk elkonverterats. Av olika orsaker kunde inte systemet med automatiskt batteribyte för jordbruksmaskinen färdigställas helt i detta projekt, men detta är nära förestående.

Projektet leder på sikt till nya produkter för de ingående parterna samt ökad kunskap om möjligheterna med modulära batteriutbytesystem, automatiskt batteribyte för arbetsmaskiner, autonoma eldrivna jordbruksmaskiner och eldrivna skogsmaskiner.

Modulärt batteribytesystem

Det modulära batteribytesystem som är grunden i detta projekt gör att det på sikt är möjligt att introducera batteridrivna maskiner i branscher där det idag är mycket svårt på grund av de höga tröskelkostnaderna för att få tillgång till batterisystem när alla tillverkare måste ta fram sina egna system och maskinentreprenörerna dessutom behöver stå för hela kapitalkostnaden. Till skillnad från i bilindustrin tillverkas arbetsmaskiner i väldigt små serier, vilket medför stor andel utvecklingskostnad per maskin. För skogsmaskiner räknas antalet producerade maskiner per år i hundratal, vilket gör det mycket svårt att ta utvecklingskostnader för ett batterisystem för både en enskild tillverkare och en enskild maskinägare.

En annan viktig faktor som är en tröskel för introduktion av batteridrivna maskiner idag är att användningen av många arbetsmaskiner är säsongsbetonad. En jordbrukstraktor används t ex som mest i vårbruket och på hösten och om en sådan maskin ska elektrifieras blir kostnaden för tillräcklig batterikapacitet alltför stor. Om maskinägaren i stället kan hyra in batteriet vid behov så kan kostnaden minskas drastiskt. Genom utbytbara batterier är det också möjligt att en aktör står för distribution av laddade batterier så att maskinägaren kan beställa laddade batterier till den plats där batterierna behövs. Genom hopkoppling med andra branscher med omvänd säsong som t ex batteridrivna pistmaskiner kan utnyttjandet av batterierna ökas.

Ytterligare kritiska fördelar vinnas om maskinen har utbytbara batterier så att stilleståndstid undviks när batterierna laddas, utöver att viken på maskinen minskas, vilket är viktigt för de flesta applikationer. För ett autonomt maskinsystem behöver detta batteribyte ske automatiskt.

För ett modulärt batteribytesystem är en bredd av applikationer är viktigt, eftersom ju större antal batterier som är i omlopp desto mer konkurrenskraftigt blir det. Om varje aktör och maskin har sitt egna batterisystem ökar kostnaderna kraftigt för utveckling, inköp och hantering. Genom att dela på samma infrastruktur kan kostnaderna delas mellan olika branscher, tillverkare och användare. Idag är en stor barriär för ökad elektrifiering av arbetsmaskiner tillgång till kostnadseffektiva batterilösningar. Genom att återanvända delsystem och komponenter i flera branscher och många olika maskinmodeller och märken kan utvecklingskostnaderna kraftigt minskas. Därigenom kan ny teknik, som i detta fall elektrifiering med batteriteknik, slå igenom betydligt snabbare vilket har stora positiva effekter på såväl maskintillverkarnas och maskinägarnas konkurrenskraft, samt maskinernas miljö- och klimatpåverkan.

Ett modulärt batteribytesystem har många fördelar:

- Möjliggör distribution av el till maskiner som arbetar på avlägsna och tillfälliga platser
- Sänkta kostnader genom delade utvecklings- och kapitalkostnader
- Undvika tung investering som är en tröskel för enskilda maskinägare
- Mindre tillverkare får tillgång till state-of-the-art batterisystem
- Stödjer successiv utveckling med bättre batteriteknik
- Stor nytta för andra branscher som transporter (alternativ till elvägar), transportfordon, eldistribution och lagring lokal elproduktion, reservkraft osv

- På sikt kan en ny tjänstesektor byggas upp med aktörer som äger och ansvarar för batterisystemet, samt laddning, distribution och logistik av batterier

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Som det skrevs i ansökan:

Syftet är dels att genom detta demonstrationsprojekt komma gång med en utveckling som möjliggör elektrifiering av arbetsmaskiner på betydligt bredare front genom ett modulärt batterisystem, dels att ta fram ny kunskap om elektrifiering av jord- och skogsbruk, hur automation kan stödja elektrifiering, samt om modulära batterisystem.

Projektets effektmål är att möjliggöra en kraftig minskning av utsläppen från arbetsmaskiner genom ökad elektrifiering, minska beroende av importerade fossila drivmedel och samtidigt skapa nya arbetstillfällen i Sverige och en stärkt exportindustri.

Metodansatsen i projektet är i huvudsak deduktiv (går från teori till empiri) i att den utgår från teoretiska studier och simuleringar om batterisystem och batteridrivna arbetsmaskiner och genom att bygga en demonstrator syftar till att undersöka om de teoretiska resultaten stämmer med de som uppnås i praktiken.

I projektet ska flera befintliga tekniska system byggas ihop till en demonstrator. Arbetet kommer att pågå parallellt i de olika arbetspaketen vilket ställer krav på att de olika delarna följer en detaljerad specifikation, samtidigt som ett visst nått av iteration med täta tester av delar och helhet kommer att behövas. Delar som är kritiska att specificera tidigt i projektet är de gränssnitt som finns mellan systemen: fysiska, elektroniska och programmatiska. Detta gäller särskilt gränssnitt mellan batterisystem och maskiner.

5 Mål

Målet för projektet så som det redogjordes för i projektansökan:

Målet med projektet är att bygga upp en demonstrator för ett modulärt batteribytesystem som kan användas i maskiner från olika branscher. Projektet ska utgå från ett grundkoncept med batterimoduler och ett batteribytesystem som byggs upp för personbilar, vidareutveckla det för användning i arbetsmaskiner, samt visa det i arbetsmaskiner för jord- och skogsbruk. I projektet kommer också en skogsmaskin elkonverteras och en autonom eldriven jordbruksmaskin färdigställas, samt spridnings- och uppskalningspotential för batterisystemet. De olika delsystemen visas sedan dels i en samlad demonstration, dels jord- och skogsbruk var för sig.

Projektet kommer även undersöka hur batterisystemet och nya eldrivna och autonoma maskiner kan öka jämställdheten inom maskinintensiva branscher, samt hur de eldrivna maskinerna kan användas för datainsamling för att undersöka energi- och effektbehov för olika arbetsmoment.

Delmål för demonstratorn:

- För de maskiner som visas upp är målet att de ska minska sina klimatgasutsläpp med 80% och energianvändningen med 50%.
- Jordbruksmaskinen ska kunna köra autonomt med 60 kW genomsnittligt effektuttag i en timme, byta batterier automatiskt och sedan köra 1 timme till medan de tomma batterierna laddas automatiskt.
- Skogsmaskinen ska kunna köra 2 timmar, flytta batterikassettmodulen till ett transportfordon för transport till laddning.

Av olika orsaker byttes en part i projektet mot en ny (Powerswap AB byttes ut mot Hydraspecma AB). Detta byte gjorde dels att förseningar uppstod, dels att förändringar fick göras av upplägget i projektet: stället för att utgå från ett system för personbilar byggdes batterisystemet med batteripack och batteribytesstationen upp från grunden.

6 Resultat och måluppfyllelse

Projektet har förverkligat fyra komplexa fungerande prototyper helt enligt plan:

6.1 Konstruerat och byggt ett modulärt batteripack för arbetsmaskiner.

Detta inkluderar även tekniska lösningar för att koppla in fasta batterier i maskinen och dynamisk koppla in ett eller två lösa batteripack. Batterilådan har konstruerats och byggts av Traktorarvid i RISE verkstad, Regal har monterat batterimoduler och Micropower har stått för komponenter och programmering av BMS.



Figur 1. Bild på det batteripack som tagits fram i projektet. Stort som en EUR-pall, 330 kg, 28 kWh, 80v.

6.2 Byggt klart en prototyp för en autonom eldriven jordbruksmaskin från Traktorarvid

Byggt klart Drever 120, en prototyp för en autonom eldriven jordbruksmaskin, inkl fysisk uppbyggnad, el- och styrsystem, samt implementerat batterisystemet på den. Maskinen är i grunden designad och byggd av Traktorarvid, sedan har Traktorarvid och RISE byggt klart den med elsystem, styrsystem och implementerat batteribytessystemet tillsammans. Hydraspecma har stått för komponenter och design av hydraulsystemet som har byggts av Traktorarvid. Styrsystemet är open source WayWise från RISE.



Figur 2. Drever 120 - maskinen som Traktorarvid AB designat och byggt som sedan byggts klart i projektet inklusive implementering av batterisystemet. Maskinen visar harvning med autonom styrning på RISE Testbädd Digitaliserat Jordbruk utanför Uppsala.

6.3 Elkonverterat en skogsmaskin från Malwa

Elkonverterat en skogsmaskin från Malwa, inkl fysisk uppbyggnad, el- och styrsystem, samt implementerat batterisystemet på den. Utgångspunkten var en befintlig modell från Malwa där man redan har en beprövad produkt. Så mycket som möjligt från grundmaskinen har behållits för att inte skapa för många svåra utmaningar. Malwa har byggt om sin maskin och Regal har stått för komponenter, montering och programmering av eldrivlina.



Figur 3. Malwa Combi 560 är den skogsmaskin som byggts om till eldrift i projektet. I bilden visas när den lyfter sitt lösa batteri.

6.4 Konstruerat och byggt en automatisk batteribytesstation

Konstruerat och byggt en automatisk batteribytesstation i form av en 20-fotscontainer med batterilager och batteribytarobot. Hydraspecma har konstruerat batteribytessystemet och stått för komponenter inklusive ställdon och styrenheter, samt



Figur 4. Batteribytesstationen är byggd i en 20-fotscontainer och kan automatiskt ladda och byta batterier på jordbruksmaskinen i projektet.

programmering av styrsystem. RISE har byggt, monterat och kopplat in batteribytessystemet. Batteribytesstationen ska byta batterier automatiskt på jordbruksmaskinen.

På grund av tidigare nämnt byte av en av parterna i projektet uppstod förseningar och förändringar i projektet. Detta har bidragit till att vi inte hunnit så långt som vi först planerat i ansökan – det som framför allt är kvar av den ursprungliga projektplanen är att få det automatiska batteribytet att fungera och utvärderingar av de båda maskinerna i verkligt arbete.

Som komplement till detta projekt söktes och beviljades ett projekt som arbetade med att sätta in batteribytessystemet i ett systemperspektiv. Inom ramen för det projektet arbetade vi med ungefär samma projektgrupp med de fem systemaspekterna:

Projektet "Systeminnovation – Modulärt batterisystem för fossilfria arbetsmaskiner" genomfördes mellan mars 2022 och december 2022. RISE har varit koordinator i projektet. Projektet har finansierats av Vinnova samt deltagande företag Energifabriken i Sverige AB, Traktorarvid AB, Malwa Forest AB samt Micropower Sweden AB. De perspektiv som man menar med systemet runt en innovation är dessa:

1. Teknik, produkter och processer
2. Affärsmodeller och upphandling
3. Infrastruktur
4. Policy och regelverk
5. Beteende, kultur och värderingar

Kommentar till uppfyllelse av delmål:

- *För de maskiner som visas upp är målet att de ska minska sina klimatgasutsläpp med 80% och energianvändningen med 50%.*
 - Verifiering av detta har inte genomförts, utan är framflyttad till fortsättningsprojektet. Nedan är preliminära uppgifter som kan komma att förändras.
 - Preliminära tester ger att jordbruksmaskinen Drever ger en betydande minskning i energiåtgång (ca 70%) och med laddning med nordisk elmix samma sak för klimatgasutsläppen (ca 99%, batteritillverkning ej inräknad).
 - För skogsmaskinen räcker ett batteripack ca 2h, dvs 15 kW i snitteffekt. Det ger en energibesparing på ungefär 60% och klimatgasutsläppsminskning med ca 99%, batteritillverkning ej inräknad.
- *Jordbruksmaskinen ska kunna köra autonomt med 60 kW genomsnittligt effektuttag i en timme, byta batterier automatiskt och sedan köra 1 timme till medan de tomma batterierna laddas automatiskt.*
 - Vid bromstester har Drevern visat sig börja slira vid ett effektuttag på 50 kW vid körning på asfalt och en hastighet på några km/h – vilket betyder att vikten begränsar. Batterierna räcker dubbelt så länge som vi trodde innan projektet. Värmeutveckling är inte heller problem som vi befarade. Automatiskt batteribyte är inte fullt ut klart, utan färdigställs och ska testas med traktorn i system i fortsättningsprojektet. I stort överträffar vi målet så här långt efter preliminära tester.
- *Skogsmaskinen ska kunna köra 2 timmar, flytta batterikassettmodulen till ett transportfordon för transport till laddning.*

- Skogsmaskinen Malwa El-Combi har körts både som skotare och skördare och fungerar med samma prestanda som sina dieseldrivna syskon. Ett batteripack räcker i 1,5-2,5h och kan bytas med maskinen kran så detta mål är uppfyllt! Detta väntas förbättras ytterligare i fortsättningsprojektet.

Angående överensstämmelse med FFIs övergripande mål - det som skrevs i ansökan stämmer fortfarande (projektparter dock ändrat enligt ovan):

Projektet stödjer om inte alla så merparten av de övergripande målen med FFI:

- *Forskningsinfrastruktur:*
 - *I projektet används en prototyp för en eldriven autonom jordbruksmaskin som är framtagen av startupen Traktoravid, men inköpt av RISE som testbädd och maskinplattform för nya energi- och styrsystem för jordbruket. Maskinen är dessutom en del av testbädd Digitaliserat Jordbruk på RISE driven med 18 parter i Uppsala.*
- *Samverkan:*
 - *I projektet samverkar flera SME-bolag (Malwa, Regal, Traktoravid), två stora bolag (Micropower och Hydraspecma) med forskningsinstitut (RISE).*
 - *Bolagen verkar inom olika branscher; Jordbruk (Traktoravid, RISE), skogsbruk (Malwa), samt brett inom fordonsindustrin (RISE, Micropower, Regal, Hydraspecma).*
 - *Det är dels två OEMer (Malwa, och Traktoravid), dels fyra underleverantörer (Micropower, Malwa, Regal, Hydraspecma).*

7 Spridning och publicering

7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	X	Ja, för alla parter i projektet. Dessutom till stor del andra aktörer till livs genom projektrapporten.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	X	Fortsättningsprojekt i FFI Nollutsläpp är under uppstart och tar vid där detta projekt slutar.
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	X	Resultaten används hos flera av parterna i vidare utveckling.
Introduceras på marknaden	X	Troligen på sikt. Malwa troligen först ut på marknaden
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		

7.2 Kopplingar till andra interna eller externa projekt

Som tidigare nämnts används i projektet en prototyp för en eldriven autonom jordbruksmaskin som är framtagen av startupen Traktorarvid, men inköpt av RISE som testbädd och maskinplattform för nya energi- och styrsystem för jordbruket. Maskinen är dessutom en del av testbädd Digitaliserat Jordbruk på RISE driven med 18 parter i Uppsala. Prototypen kommer också att användas i projektet agrifoodTEF som maskinplattform för utformning av testmiljöer för autonoma jordbruksmaskiner och medverkar i den regulatorisk sandlåda som ska byggas upp på testbädd Digitaliserat Jordbruk.

Resultaten från detta projekt kommer att tas vidare i ett fortsättningsprojekt som är beviljat genom FFI Nollutsläpp.

7.3 Publikationer

Projektet rapporteras mer utförligt i RISE rapport 2023:104 som ska publiceras under november.

7.4 Konferenser

Projektet ska presenteras på jordbruksteknikkonferensen LandTechnik 2023 i anslutning till jordbruksmässan Agritechnika i Hannover i november 2023.

8 Slutsatser och fortsatt forskning

Vi har lyckats skapa ett fungerande batteribyteskoncept. Konceptet har visats på flera olika demoevenemang. Projektet har fått väldigt mycket positiv publicitet i media. Projektet skapar möjligheter att köra arbetsmaskiner i jordbruket utan att just batterierna tvingas vara omöjligt stora och tunga att bära med på maskinen i fältarbetet. Att bygga elektrifierade arbetsmaskiner är inte någon stor knäckfråga. Ingen på marknaden tvivlar på att det är möjligt. Det som är nytt i detta projekt är att vi demonstrerar ett batteribytesystem som fungerar i verkligheten för arbetsmaskiner. Detta medför att maskinerna inte kontinuerligt behöver bära med sig stora, tunga och dyra batterier och har många andra fördelar. Den stora knäckfrågan är i stället hur dessa batterier kan återladdas för att cirkulera i systemet. Här måste vi kunna beskriva flera olika tänkbara systemförslag som kan passa olika användarprofiler i deras behov. Detta kommer vi arbeta vidare med i kommande projekt, liksom hur maskinerna kan göras mer energieffektiva så batterierna räcker längre och andra förbättringar.

När detta skrivs har redan ett fortsättningsprojekt beviljats inom ramen för FFI Nollutsläpp. I det projektet kommer de delar som listas i kapitel 4 att undersökas ytterligare. Samma parter som i detta projekt deltar förutom Micropower. Energifabriken tillkommer.

Här listar vi några rekommendationer om var fortsatt forskning och utveckling behövs.

Utvärdera i praktisk drift

Nu är maskinerna byggda och nästa steg är att testa dem i praktiken för att se utvecklingsbehov och verklig prestanda. Detta är också viktigt för att driva på

utvecklingen så maskinerna och batterisystemet kan komma vidare och hjälpa till med omställningen till fossilfritt jord- och skogsbruk.

Undersök system för återladdning av batterier

En viktig del för att få ett batterisystem för arbetsmaskiner att fungera är hur batterierna återladdas på bästa vis. Det kan ske på flera olika vis, och vad som fungerar bäst kan skifta beroende på arbetsuppgift för maskinen, transportavstånd till nätanslutning, med mera. Inom projektet byggs en batteribytesrobot som kan lagra och byta batterier direkt i arbetsmaskinens närhet, vid åkerkant eller skogsavlägg till exempel.

- Om laddningsmöjlighet finns vid batteribytesstationen används två batterier som cirkulerar, där ett används i maskinen medan det andra återladdas i samma takt i batteribytarroboten via en nätkabel, ett batterilager eller elgenerering via t ex solpaneler, bränslecell eller genset med biogas. Batterier i maskinen byts av batteribytesroboten vartefter de laddas ur och laddas.
- Ett annat upplägg är att istället för ett vanligt batteri byggs en enhet med samma formfaktor som batteriet, men med t ex en bränslecell eller en biobränsle driven generator som drivs av vätgas, ammoniak eller metanol.
- Ytterligare ett alternativ är att maskinen har en kabeltrumma likt maskiner i gruvor som är direktkopplad till nätet eller en mer stationär elenergikälla. Detta är också ett fullt möjligt alternativ för en autonom maskin som kan programmeras så den inte kör sönder kabeln.

Dessa alternativ kan undersökas ytterligare.

Energieffektivisering skogsmaskin

Den skogsmaskin som byggts upp har elkonverterats på ett enkelt sätt, men vi tror det finns mycket att göra för att förbättra energieffektiviteten och på så sätt förlänga drifttid per batteri. Det kan handla om att ersätta funktioner som idag är hydrauliska med att driva dem direkt med elmotor eller om att förändra hydraulisk systemuppbyggnad.

Visa batterisystemet på fler maskiner och tillämpningar

För att visa på styrkan i ett batteribytessystem tror vi det är viktigt att visa på fler maskiner som använder batterisystemet. På sikt i nästa generation även få med fler maskintillverkare i utvecklingen.

Undersöka behov och intressenter för batterisystemet

Något vi försökt hittills är att identifiera möjliga aktörer i batteribytessystemet, men nu när vi kommit längre och har mer erfarenhet tror vi att det är läge att samla intresserade och gemensamt ta fram en roadmap för fortsatt utveckling och om möjligt peka ut roller och möjliga aktörer så vi får framdrift.

9 Deltagande parter och kontaktpersoner



RISE – Research Institutes of Sweden

Koordinator för projekten är RISE avdelning Jordbruk och Livsmedel med expertis inom jordbruksteknik, med stöd från relevant expertis inom styrsystem och batteriteknik, samt med verkstad och Testbädd digitaliserat jordbruk. I testbädden är målet att stödja framväxten av hållbara lösningar för jordbruket som stöds av teknik. Exempel på teknik är datadrivna beslutsstödsystem för jordbruket och tester av hur nya maskinsystem som är baserade på autonom styrning och elektrisk framdrift kan användas i jordbruket. Dessa projekt kompletterar testbädden och utgör viktiga byggstenar för att komma igång med autonoma maskiner i svenskt jordbruk. Nedan visas en skiss över visionen för Testbädd digitaliserat jordbruk på Ultuna där de här projekten är viktiga delar i visionen "Helt autonom eldriven odling".



Figur 5. Testbädd Digitaliserat Jordbruk är RISE testbädd på Ultuna för digitalisering och autonoma och eldrivna jordbruksmaskiner.

TRAKTORARVID AB

Traktorarvid AB

Startup som tagit fram den prototyp för en ny innovativ autonom eldriven jordbruksmaskin som färdigställts i projektet. Till skillnad från de flesta andra automatiserade eldrivna maskiner som utvecklas för jordbruket är denna förhållandevis stor och kan användas i vanligt jordbruk med vanliga redskap. RISE har köpt prototypen och ska använda den som utvecklings-, test och demonstrationsplattform för fossilfria jordbruksmaskiner.



Malwa Forest AB

Innovativ tillverkare av skogsmaskiner som vill utöka sina produkter med eldrift och ser att detta projekt ger tillverkare som dem - små maskinbyggare - förutsättning att överhuvudtaget ha möjlighet till att komma in i och vara med i utvecklingen av elmaskiner utan att själva bära utveckling av det mest kritiska, batterisystemet. I detta ligger dels att ta fram ett system som är hållbart över tid, dels kontinuerlig förbättring för att hålla konkurrenskraft. Projektet är viktigt för Malwas positionering inom segmentet stadsnära skogar när de expanderar på exportmarknader i Europa.



Regal Components AB

Regal har i detta projekt elkonverterat maskinen från Malwa och vill samla erfarenhet inom elektrifiering av maskiner. I det här projektet såg de en möjlighet att utforska ett segment där elektrifieringen inte ännu slagit igenom och där fordonsbyggare i Sverige i närtid står inför vägval gällande teknik och infrastruktur. Målet är att samla på sig unik erfarenhet från verklig användning av dessa maskintyper för att kunna hjälpa svenska maskinbyggare med sina kommande beslut och snabbare komma ut på marknaden.



Micropower AB

Ledande tillverkare av batterisystem och laddningsutrustning för arbetsmaskiner inom materialhantering som ville fördjupa sig inom arbetsmaskiner inom skog- och jordbruk och modulära batterisystem. Levererat batterisystem och laddare, byggt upp kontrollenheter för t ex parallellkoppling av två batteripack och hantering av ett fast batteripack och upp till två lösa batteripack per maskin.



Hydraspecma AB

Hydraspecma kom in sent i projektet som ersättare för en annan projektpart med ansvar för batterisystemet och automatiskt batteribyte som lämnade projektet. Hydraspecmas delar i projektet var att ansvara för hydrauliksystemet på Drevern och för att designa, konstruera och programmera batteribytarstationen som sedan RISE verkstad bygger. Hydraspecma har deltagit i arbetet med omvärldsbevakning av batteribyteteknik och eldrivna arbetsmaskiner.

10 Slutord

Vi vill vi tacka alla deltagare i projektet för två roliga år och för all entusiasm som gjort detta möjligt – och särskilt kärntruppen som slitit hårt: Arvid Örde, Traktorarvid AB; Håkan S Andersson, Rikard Häll, Marvin Damchen, RISE; Emil Vestman och Henrik Norden, Regal Components AB; Jonas Jansson och Tobias Jansson, Hydraspecma AB; Ludvig Johansson, Malwa Forestry AB; André Hägglund och Anders Widing, Micropower AB.

Projektledare Jonas Engström, RISE