

# Innovativ, elektrisk och autonom klippning av vegetation i solcellspark - fortsättningsprojekt



Författare: Tobias Emilsson, Micael Hafström, Annelie Westén  
Datum: 2023-08-15  
Projekt inom Fossilfria mobila arbetsmaskiner - fortsättningsprojekt -2022

**FFI** Fordonsstrategisk  
Forskning och  
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

SCANIA

VOLVO

# Innehållsförteckning

<b>1 Sammanfattning .....</b>	<b>3</b>
<b>2 Executive summary in English.....</b>	<b>4</b>
<b>3 Bakgrund.....</b>	<b>4</b>
<b>4 Syfte, forskningsfrågor och metod .....</b>	<b>6</b>
<b>5 Mål .....</b>	<b>7</b>
<b>6 Resultat och måluppfyllelse .....</b>	<b>7</b>
<b>7 Spridning och publicering .....</b>	<b>10</b>
7.1 Kunskaps- och resultatspridning .....	10
7.2 Publikationer.....	10
<b>8 Slutsatser och fortsatt forskning .....</b>	<b>10</b>
<b>9 Deltagande parter och kontaktpersoner.....</b>	<b>12</b>

## 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](http://www.vinnova.se/ffi).

# 1 Sammanfattning

Solenergibranschen växer så det knakar just nu och de flesta tillväxtprognoserna pekar på en fortsatt kraftig tillväxt för anläggning av storskaliga solenergiparker både i Sverige och internationellt. Den totala installerade ytan med solpaneler växer snabbt, vilket också gör att frågor kopplat till underhåll blir allt mer intressanta. Solparker måste skötas och underhållas för att säkerställa driftsäkerhet, och för att bibehålla hög produktion. En viktig del i detta underhållsarbete består i att klippa vegetation som annars riskerar att skugga eller i värsta fall skada panelerna.

Detta projekt är en fortsättning och utvidgning på ett tidigare finansierat FFI projekt "Innovativ, elektrisk och autonom klippning av storskaliga solcellsparker". Inom båda projekten har vi arbetat med att vidareutveckla och utvärdera autonom elektrisk klippning av vegetationen i en storskalig solcellsanläggning utanför Skurup i Skåne. Storskaliga solcellsanläggningar finns i dag på allt fler platser i Sverige och marknaden förväntas växa med minst 22% per år. Att sköta anläggningarna på ett ekonomiskt, tekniskt och ekologiskt hållbart sätt är en nyckel för att kunna fortsätta bygga denna typ av anläggningar. Inom projektet har vi inte bara tittat på hur man kan optimera drift- och leveranssäkerhet utan också försökt att undersöka möjligheterna till att skapa andra nyttor som biologisk mångfald eller ökad energiutvinning genom att förändra olika ytors albedo.

Projektet har fokuserat på en elektrisk klippare där vi under projektets gång utvecklat och förfinat systemets autonoma kapacitet. Slutmålet har varit att ha en helt autonom lösning som drivs på förnyelsebar energi. Under projektets gång har vi kommit flera steg på vägen mot målet. Det kan jämföras med dagens system där vegetationen i solparker klipps baserat på traditionella dieseldrivna traktorer.

Det finns flera utmaningar när det gäller autonom skötsel av vegetation i en solpark om man samtidigt vill ta hänsyn till den biologiska mångfalden. Inom detta och föregående projekt har vi testat och utvärderat klippstrategier där vi klippt ner hela parken jämfört med mer restriktiv klippning med fokus på den lägre delen vid panelens droppkant. Genom att lägga den största klippintensiteten vid panelernas droppkant så kan man minska klipptiden samtidigt som högre vegetation som stödjer insekter och annan fauna kan komma upp med lägre risk för skuggning.

Våren 2023 var mycket torr vilket medförde ett väldigt lågt skötselbehov. Tillväxten var mycket begränsad under våren. Tillväxten var under 2023 mindre problematisk jämfört med 2022 då bland annat Cikorian nådde uppemot 2,5 meter. Maxhöjd under 2023 var 153cm för Cikoria men den generella höjden var betydligt lägre. I den södra delen av parken anlades en mångfaldsyta genom frösådd av vanliga ängsväxter. Denna yta klipptes inte under hela säsongen och hade en generell höjd runt 60-85 cm med uppstickande individer av Cikoria eller Rödklint på mellan 115 till 140 cm. Generellt var vegetationen betydligt glesare i mångfaldsytan. En delfrågeställning i projektet handlade om möjligheten att öka reflektionen genom att så in örter med reflekterande blad. Vi kunde inte se någon tydlig statistiskt säkerställd förändring i albedo kopplat till artval eller skötsel av vegetationen. Det var inga stora skillnader i aktivitet eller diversitet för flygande insekter mellan referensytor, blomsterrensor eller klippta ytor men det återstår en del detaljerad analys för att förstå samband.

I detta projekt har klippmaskinen utvecklats vidare och man har tagit flera steg framåt gällande klippeffektivitet och autonomi. Systemet fungerar mycket bra och hanterar beroende på ett nyutvecklat klippdäck betydligt tuffare terräng. Systemet klarar också av större utmaningar och hinder och klipper nära stolpar och under panelerna.

## 2 Executive summary in English

The international market for utility scale solar parks is growing rapidly. More parks are being built and the total solar park surface is increasing every year. Up until recently, maintenance and long term care of the vegetation within the parks have not been a key priority. Conventional vegetation maintenance in solar parks is problematic both globally and locally. It normally involves traditional tractors with combustion engines, adding carbon dioxide concentration in the atmosphere. Locally, maintenance workers can be exposed to unhealthy fumes and exhaust smoke that is unhealthy. The organization of a solar park also means that the actual maintenance work that needs to be carried out can be difficult. Autonomous vegetation maintenance has a potential to improve both the local and global environment but will also pave the ground for more optimized and proactive vegetation maintenance as the number of involved staff can be reduced in the long run.

This project is a cooperation project between Husqvarna, Alight and SLU. The project has been based in southern Sweden, in Skurup, where Alight have developed a large utility scale solar park. Husqvarna have been providing autonomous services in the form of large electrical mowers to prevent shading of the panels. The project has been a continuation project based on a previous research project. This project has further developed the technological solutions. The mowing system has an updated cutting deck and improved autonomous operation. The planning software has been updated creating a solid basis for a scalable autonomous maintenance system for utility scale solar parks.

The growth and development of vegetation is dependent on local conditions and weather variability making short term predictions challenging. The maintenance regimes during 2023 have successfully been able to maintain the vegetation height under the required level. The biodiversity surfaces have developed well under the very dry early summer. Biodiversity of flying insects show increasing trends over the season but limited variability between continuously mowed sites, flower strips and reference sites. The potential for increased reflection and energy performance through plant choice and maintenance programs could not be completely verified.

The overall results from this project show great promise for a scalable autonomous maintenance system combining biodiversity performance, safe work environment and worry free vegetation management that prevent shading and panel-vegetation interference.

## 3 Bakgrund

Elektriska autonoma klippare utformade för skötsel av stora solcellsparker löser flera svåra problem på samma gång, både lokalt och globalt. De reducerar utsläppen av växthusgaser jämfört med gräsmarker med konventionell skötsel där man använder dieseldrivna traktorer, men de bidrar även till en förbättrad arbetsmiljö eftersom de är utsläppsfria och skötselpersonal undviker att exponeras för avgaser. De förbättrar också arbetsmiljö eftersom man kan minimera svåra skötselarbeten under låga paneler där man inte kommer åt med vanliga maskiner. Ett autonomt system möjliggör också en dynamisk utformning av klipparbetet som inte är beroende av tillgänglig personal under sommarperioden, som kan anpassas efter tillväxt och där

utformningen och intensitet kan justeras för att skapa andra värden som t.ex. ökad biologisk mångfald eller ökad reflektion av infallande ljus.

I vårt tidigare projekt beskrev vi det sammanhang som dessa maskiner kommer arbeta inom (ref 15). Arbetsmaskiner är ett reellt miljö och arbetsmiljöproblem. Under 2016 stod de för cirka 6 procent av de totala växthusgasutsläppen i Sverige. Utsläppen från arbetsmaskiner har ökat med cirka 13 procent sedan 1990, samtidigt som Sveriges totala territoriella utsläpp av växthusgaser minskat med ca 25 procent. Vidare kan man läsa att kolmonoxidutsläppen är väldigt höga ifrån åkbara gräsklippare samt ifrån handhållna bensindrivna 2-takts maskiner.” Utsläppen av (NOX, CO<sub>2</sub>, partiklar och ljud) kommer att regleras hårdare i framtida EU, EPA, och CARB emissionslagstiftning för mindre 2 och 4 takts motorer för utomhusbruk för urbana applikationer. Förhoppningsvis kommer lagstiftningen att harmoniseras globalt, men detta kan dröja till år slutet av årtiondet, det vore fördelaktigt att påskynda elektrifieringen.

Parallellt så växer förnyelsebar energiproduktion så det knakar, med en årlig tillväxt om 22 procent (ref 2) eller mer. International Energy Agency´s (IEA) har till och med konstaterat att det nu är billigare att bygga ny solenergi jämfört med fossil kraftproduktion för flertalet länder. Solenergi motsvarar i nuläget ca 3% av världens energiproduktion. En av de viktigaste faktorer varför elektrifieringen fortgår för fullt just nu är enligt Harald Överholm, VD på ALight, ”Konvergensen, dvs samspelet mellan flera olika faktorer som inträffar just nu, som tex kostnadskurvan för solceller, energilagring, digitalisering osv”.

Då solenergi byggs på mark som är svår att använda för andra ändamål pga. låg produktionsförmåga eller läge utmed t.ex. motorvägar eller annan miljöstörande verksamhet har en sofistikerad skötsel av grönytor inte varit en prioriterad fråga inom branschen, ytorna ligger ofta placerade på platser och med topologi som försvårar underhåll. I dessa fall finns alltså få konkurrerande alternativa markanvändningar för ytorna men en stor potential i att öka ytornas värde genom effektiv och välplanerad skötsel. Att optimera skötsel och underhåll är en relativt ny fråga i solcellsbranschen, naturligt kopplat till att storskaliga solcellsparkar nyligen fått fäste i Sverige och ökar i antalet. Den solpark som kommer att användas i projektet är belägen på åkermark, visionen är att marken ska kunna bidra med mer nytta än endast solelproduktion i framtiden. En annan växande trend i detta sammanhang är bifacial solenergi (ref 3) där det finns mycket att vinna på att öka underlagets förmåga att reflektera inkommande solljus. Olika underlag och vegetation har här olika förmåga till reflektion. Ju högre reflektion, desto mer energi kan produceras.

Den konventionella metoden att klippa en solcellspark är med dieseldriven traktor/åkgräsklippare i gånger och större ytor, samt med handhållna 2-takts maskiner under och vid sidan av solcellerna. Utanför EU används även en stor del kemikalier för att bekämpa vegetationen. De som ansvarar för underhåll av solcellsparkerna förflyttar sig i regel på större lastbilar med den utrustning som används för underhåll på de enskilda anläggningarna som skall klippas. Flera leverantörer, däribland Husqvarna har elektriska trimmers och röjsågar redan nu, här är istället problemet laddinfrastrukturfrågan för solenergiparker om man inte tagit hänsyn till det i planeringen av parken.

Det är 27 år sedan Husqvarna lanserade världens första kommersiella robotgräsklippare. Då hette robotgräsklipparen Husqvarna Solar och var starten på ett helt nytt sätt att se på gräsmatteskötsel. Megatrenderna ACES, Autonomous-, Connected-, Electric- vehicles, och Service påverkar inte bara fordonsindustrin utan även grönyteskötsel. För att möta dessa trender har Husqvarna bildat avdelningen Robotics, Digitalisation & Innovation (R,D&I) där Autonoma System för utomhusrobotik utvecklas. Vanliga robotgräsklippare, AutoMower, passar inte in i den beskrivna tuffare miljön på en solcellspark, utan här krävs större uppkopplade elektriska maskiner med högre klippkapacitet och framförallt bättre framkomlighet, navigering och perceptionsförmåga. Husqvarna presenterade deras Autonoma System för första gången i

Oktober 2019 (ref 4). Värdeerbjudandet som Husqvarna ämnar erbjuda presenteras i en video som spelades in på Jönköpings flygplats (ref 5).

I och med att flygplatser, som var identifierade som den primära kunden för Husqvarna, drabbades hårt av covid så skiftar Husqvarnas Autonoma System fokus till bland annat energianläggningar. Detta innebär delvis ny kunskap men framförallt implementering i ett nytt sammanhang. Större delen av tekniken rörande autonomi, navigering och perception som används på flygplatsen för den (semi-) autonoma åkgräsklipparen P535HXA kan återanvändas. Det molnbaserade styrsystemet PACS (Planning and Control System) är densamma, om än med modifieringar. Det handlar om integration av ändamålsenlig elektrisk plattform för användning i för Husqvarna ny miljö och med en delvis ny sensoruppsättning för att klara de krav som råder i en energipark. Husqvarna. Innovation och hållbarhet är en del av Husqvarnas DNA. Husqvarna Autonomous Operation tror att gräsklippningsindustrin är redo för en omställning. Sättet vi levererar denna omställning på är genom elektrifierade arbetsmaskiner som är uppkopplade till vårt planeringsverktyg i molnet.

## 4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Projektet syftade till att ta fram en konkurrenskraftig elektrisk och autonom lösning för att sköta vegetation i en solcellspark enligt önskemål och krav från framtida kund. Projektet syftade också till att öka förståelsen för hur en elektrisk autonom skötsel av vegetationen kan påverka andra kopplade värden som biologisk mångfald i parken men också hur själva skötselarbetet påverkar vegetationens reflektiva egenskaper (albedo).

Fortsättningsprojektet har som mål att vidareutveckla klippsystemet mot full elektrifiering och full automatisering. Under det föregående projektet identifierades ett antal forskningsfrågor

1. Hur hanterar ett autonomt system klippning under ett paneltak och framförallt solcellsstativens stolpar? Hur fungerar sensorsystem i relation till stolpar, tak och högväxt vegetation.
2. Högväxt vegetation har påverkat skötleffektiviteten. Hur ser återkoppling mellan skötsel och vegetationsutveckling ut? Hur kan ytterligare datainsamling hjälpa oss förstå interaktionen mellan tillväxt, artutveckling och klippsystem och dess betydelse för att kunna implementera en skalbar lösning i framtida solparker.
3. Hur påverkar olika klippregimer utvecklingen av biologisk mångfald?
4. Hur påverkar olika klippregimer ytornas reflektion, albedo och vad skulle det kunna betyda för energiproduktion från dubbelsidiga paneler.
5. Hur kan betande djur som får samverka med autonoma klippare.
6. Hur ser det internationella forskningsläget ut för autonoma klippare i relation till solparker.

Projektet har varit lokaliserat till en solcellspark i Skurup i södra Skåne. Solcellsparken i Skurup är ca 30 ha och har en installerad effekt på 18MWp och fungerade som demonstrations- och forskningsanläggning under 2022-2023. Solcellsparken driftsattes under slutet av 2021 och vissa avslutande arbeten så som markåterställning fortgick under första halvåret 2022.

Utgångspunkten för projektet har varit den underhållsplan som utvecklades i samråd mellan projektdeltagarna. Underhållsplanen var en del av leveransen från projektet och kan ses som en metod eller modell utifrån vilken de olika tekniska och biologiska variablerna utvärderades. Underhållsplanen kan ses som en best practice beskrivning, där beställare, leverantör och forskning gemensamt definierade mål och olika möjliga alternativ för att uppnå dessa. På ett systematiskt sätt, likt en testplan utvärderades, olika alternativa skötselmöjligheter, för olika delar av anläggningen. Den forskningsuppbyggda underhållsplanen

togs fram, med fokus på att kunna styra vegetationens tillväxt och öka biologisk mångfald där det är möjligt samt definiera olika skötselområden för att utvärdera best practice, och ge rekommendationer för framtida installationer.

Under 2023 har vi arbetat vidare med underhållsplan och den har anpassats för att klara av de nya forskningsfrågorna och utmaningarna. Vi har arbetat med en mer dynamisk modell där klippning har initierats när vegetationen har nått en viss höjd. Höjden för hur långt upp som vegetationen har släppts innan klippning har satts i relation till klipparens sensorer och mål utifrån utvecklingen av biologisk mångfald. Den biologiska mångfalden inom parken har utvärderats genom inventering av kärlväxter mellan, under och vid panelerna, genom inventering av kärlväxter i specifika mångfaldsytor och genom automatisk insamling av insektsförekomst med hjälp av kameror. Vegetationens reflektion har kvantifieras genom uppåt och nedåtriktade Apogee pyranometrar.

## 5 Mål

Projektet hade följande mål kopplat till konkreta leveranser:

- Projektets essens ligger i att ta fram en konkurrenskraftig lösning för att sköta vegetationen enligt önskemål och krav från framtida kund (anläggningsägare). Utveckling ska ske kring elektrifiering och full automatisering. (Kompetensuppbyggnad)
- Prototyperna ska testas och verifieras i verklig miljö, där utmaningar ska identifieras och överbryggas. Djupare kunskap ska byggas upp för att göra lösningen skalbar för att kunna implementeras i nya framtida solcellsparkar. Parallellt skall plan för laddinfrastruktur definieras och implementeras på demonstrationsanläggningen. (prototyper, demonstrationsanläggning, delvis ny kunskap i nytt sammanhang)
- Strategin för hur vegetationen ska klippas och underhållas ska utvecklas för att på bästa sätt gynna solcellsparken. Detta inkluderar att förstå vilken vegetation som passar för ändamålet, eventuellt behov av förbehandling innan driftstagande, effektiv skötsel samt att undersöka hur skötseln kan optimera kapaciteten av elproduktion i fråga gällande dubbelsidiga paneler, sk bifacial panels. (metod eller modell, produktionsförändring)

## 6 Resultat och måluppfyllelse

Majoriteten av de uppsatta målen har blivit uppfyllda men vissa delar av projektet kunde inte genomföras på grund av tekniska problem.

Vi stötte på utmaningar i att få in får i solparken under tidsperioden för det pågående projektet. En teknisk utredning behövde tillsättas under projektets gång samt att det behövde genomföras fysiska anpassningar för att säkerställa allas säkerhet och välmående då det är levande djur som ska släppas in i solparken. Hälsa och säkerhet har alltid högsta prioritet. Detta är dock fortfarande en väldigt relevant fråga att utreda och det finns en plan att aktualisera frågan under hösten 2023, nu när det grundläggande arbetet har genomförts.

Utvärderingen av fårbete sågs dock inte som kritisk för projektets framgång och resurserna kunde istället läggas på en utvidgning av utvärderingen av utveckling av biologisk mångfald inom parken. Dessa utvärderingar kompletterades med ytterligare mätningar och inventeringar.

Översiktlig sammanfattning av mål och utfall från projektet

Frågeställning	Status
Hur hanterar ett autonomt system klippning under ett paneltak och framförallt solcellsstativens stolpar? Hur fungerar sensorsystem i relation till stolpar, tak och högväxt vegetation?	1. Förstå kravställningen ifrån framtida beställare i relation till klippning under paneler och nära stolpar, inklusive

	<p>förståelse över domänen där maskinerna ska arbeta (Uppfyllt)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Vidareutveckla maskinerna för att användas under detta projekt i ändamålsenlig miljö (Uppfyllt – klippning nära stolpar hanteras genom anpassning av mjukvara och uppgraderade sensorer)</li> <li>3. Testa och utvärdera maskinerna för nya utmaningar i relevant demonstrationsanläggning (Uppfyllt). Systemet har också genomgått stor förbättring kring autonom drift där vi förbättrat befintlig planeringsmiljö på mjukvarusidan för att anpassa systemet för långsiktig autonom skalbarhet. Systemet arbetar stabilare under längre kontinuerlig autonom drift samt lär sig att hantera situationer som uppstår vid begränsningar i parken.</li> <li>4. Utveckla förmågan att kunna klippa under solcellspanelerna och nära stolpar genom nya sensorer (Uppfyllt). Utvecklingsteamet har även lyckats förbättra sensorteknik tillsammans med planeringsförmåga för att optimera autonom drift nära stolpar och under panelerna, den traditionellt svåraste delen av vegetationsskötseln i solcellsparker. Vi ser ett mycket stabilare system som presterar och gör en verklig skillnad för kunden och de som tidigare underhållit parken.</li> </ol>
<p>Högväxt vegetation har påverkat skötsel effektiviteten. Hur ser återkoppling mellan skötsel och vegetationsutveckling ut? Hur kan ytterligare datainsamling hjälpa oss förstå interaktionen mellan tillväxt, artutveckling och klippsystem och dess betydelse för att kunna implementera en skalbar lösning i framtida solparker.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Förstå hur klippaktivitet kan organiseras på ett proaktivt sätt för att säkerställa att panelerna inte skuggas och växterna inte riskerar att skada panelerna (Uppfyllt)</li> <li>2. Förstå hur de valda klippregimerna som utvärderats i projektet har påverkat biologisk mångfald (delvis uppfyllt).</li> <li>3. Under säsongen 2023 har vi fått en uppdaterad version av klipparen med nytt klippdäck speciellt utformat för att hantera hög vegetation och tuff terräng. Klippdäcket har specifikt utformats med solcellsparker som utgångspunkt och grundat sig i de insikter som byggts genom projekts gång. Uppdateringen på hårdvaran har inneburit en stor förbättring på klippresultat och effektivitet hos klipparen.</li> </ol>



<p>Hur påverkar olika klippregimer utvecklingen av biologisk mångfald?</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Förstå hur valda klippregimerna som utvärderats i projektet har påverkat vegetationens tillväxt och utveckling av kärlväxtmångfald (Uppfyllt)</li> <li>2. Förstå hur klippregimer och planering av restytor påverkar utveckling av insektsmångfald. (uppfyllt). Alla inventerade ytor uppvisade säsongsberoende utveckling av mångfald men det fanns ingen tydlig skillnad mellan de olika klippregimerna. Vidare analys krävs för att förstå hur mångfalden utvecklas i relation till regim och tid.</li> </ol>
<p>Hur påverkar olika klippregimer ytornas reflektion, albedo och vad skulle det kunna betyda för energiproduktion från dubbelsidiga paneler.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Anlägga vegetationstyper med olika reflektionsnatur. (uppfyllt) De anlagda vegetationsytorna utvecklas mycket bra under 2023 där den största delen av det använda frömaterialet har blivit etablerat.</li> <li>2. Undersöka och förstå hur klippaktivitet kan påverka vegetationens reflektionsegenskaper. (delvis uppfyllt) Det har inte gått att säkerställa hur ett alternativt växtmaterial eller klippstrategi påverkar reflektionen från en vegetationsyta.</li> </ol>
<p>Hur kan betande djur som får samverka med autonoma klippare.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Förstå hur fårägare och anläggningsägare kan samverka för att utveckla skötsel (delvis uppfyllt)</li> <li>2. Undersöka hur djur kan samverka med betande djur, vilka ytor som djuren betar mest frekvent och hur klipparna påverkar djurens beteende. (Ej uppfyllt)</li> </ol>
<p>Hur ser det internationella forskningsläget ut för autonoma klippare i relation till solparker.</p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sammanfatta det rådande kunskapsläget i relation till autonom klippning av. (Uppfyllt)</li> <li>2. Publicera kunskapssammanfattning (Delvis uppfyllt). Publicering av litteraturreview pågår.</li> </ol>

## 7 Spridning och publicering

### 7.1 Kunskaps- och resultatspridning

Projektet har varit fokuserat på att föra kunskapen vidare till ett produktutvecklingsprojekt där vi kommit flera steg framåt. Trots att det inte varit ett uttalat mål har vi även uppnått resultatspridning inom flera olika kategorier. Vi har ökat kunskapen inom området inom våra tre organisationer. Vi har fört vidare kunskaper från detta projekt till flera nya projektansökningar, bland annat till energimyndigheten och Europeiska regionala utvecklingsfonden (Eruf).

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området		Projektresultaten har givit direkt kunskapshöjningar inom alla tre organisationer
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt		Konsortiet har gått vidare med nya forskningsansökningar fokuserade på skötsel
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	x	Resultaten från projektet har gjort det möjligt att snabba upp produktutvecklingen och få bättre effektivitet och större kundnytta från klippsystemet.
Introduceras på marknaden		.
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut		Projektet har tagit fram empirisk data kring hur skötsel av en solcellspark kan påverka biologisk mångfald. Kunskap från detta projekt kan tillämpas i kommande tillståndsärenden.

### 7.2 Publikationer

- Pressrelease rörande utökning av Vinnova finansiering, 16 November 2022
  - o [Pilotprojekt för elektrifierat fossilfritt underhåll i solpark får ny Vinnova-investering \(alight-energy.com\)](https://alight-energy.com)
- Alight, SLU och Husqvarna avser presentera resultat på en fackmässa när tiden är lämplig i kombination med gemensam press-release
- Flera presentationer är planerade till hösten, bland annat Living cities i Paris
- Samt SLU avser publicera viss forskningsresultat när tiden är lämplig.

## 8 Slutsatser och fortsatt forskning

Projektet har visat att autonoma elektriska klippare har en stor potential för underhåll av vegetationen i stora solcellsparker. De prototyper som har testats i Skurup har fungerat väl och klarat av att hantera även bitvis svåra vegetationsförhållanden. Mycket återstår rörande utveckling av maskin och system innan allt är klart som ett kommersiellt system som är planerat att lanseras till 2025. Det kvarstår också flera frågeställningar kring hur klippsystem och vegetation samspelar och hur man kan skapa den bästa nyttan av solcellsparken med så låga långsiktiga underhållskostnader och minsta klimatpåverkan som möjligt. Det nya klippdäcket som utformats specifikt för solcellsparker har visat sig klara den kraftigt växande vegetationen väldigt bra. Den autonoma driften har också utvecklats betydligt och hanterar nu problem som kan uppstå på ett mycket bättre sätt. Utvecklingen av systemet gör nu att det är mer skalbart för framtiden, klarar tekniskt svåra moment som stolpar bättre och ger en bättre arbetsmiljö för utförare och högre nytta för slutkunden.

Variation i markförhållande och väder gör alltid att det är komplicerat att dra kortsiktiga slutsatser om biologiska system. Den ytterst torra försommaren som följdes av en mycket kall och blöt sommar gjorde att tillväxten var långt ifrån optimal i parken.

Markförhållandena och den specifika insådden på platsen spelade väldigt stor roll för tillväxten hos vegetationen och därigenom underhållsbehovet. Vädervariabler som temperatur, nederbörd och solinstrålning har tillsammans med lokala faktorer och markförhållande stor påverkan på tillväxthastigheten på den valda grödan men är svårare att påverka än insådd. I den demonstrationsanläggning som användes inom projektet innehöll den initiala fröblandningen ett antal arter som blir väldigt storväxta och som därigenom ökade skötselbehovet.

Vi har i detta projekt arbetat vidare med dynamiska skötselplaner som satts utifrån klipparen sensorsystem och de krav som ägarna till solcellsparken har i fråga om skuggning och interaktioner mellan vegetation och paneler. Det automatiserade robotsystemet kommer underlätta skötselarbetet för anläggningsägaren men även entreprenören. De låga klipparna som styrs autonomt eliminerar i stort sett påkörningsrisk vilket annars kan vara kostsamt. Robotarna tar också bort en del ur arbetssynvinkel svåra arbetsmoment som klippning under panelerna där man inte kan gå raklång och utföra arbetet. Maskinen klarar i nuläget att klippa nära stolpar och uppdateringar i mjukvara har gjort att denna förmåga har ökat ytterligare.

Det har varit en stor fördel att detta projekt har kunnat drivas och genomföras i en verklig miljö, men det har också varit en utmaning. Vår utökning med fokus på att kombinera solenergi med fårbyte visade sig bli omöjligt givet den korta projekttiden. Det krävdes mer säkerhetsarbete än vad vi initialt förväntade oss. Nu efter projektets slut står vi dock i ett läge där förberedelserna gjorts och en introduktion av får hade varit möjlig.

#### Referenser:

Ref	Beskrivning
1	Naturvårdsverkets rapport ifrån 2018 om "Arbetsmaskiners klimat- och luftutsläpp
2	<a href="https://www.iea.org/reports/solar-pv">https://www.iea.org/reports/solar-pv</a>
3	<a href="https://www.pv-magazine.com/2020/08/19/bifacial-modules-the-challenges-and-advantages/">https://www.pv-magazine.com/2020/08/19/bifacial-modules-the-challenges-and-advantages/</a>
4	<a href="http://www.husqvarnagroup.com/en/press/new-husqvarna-autonomous-operation-brings-self-operated-mowing-large-areas-1728683">http://www.husqvarnagroup.com/en/press/new-husqvarna-autonomous-operation-brings-self-operated-mowing-large-areas-1728683</a>
5	<a href="https://youtu.be/9VEM9RYtkpY">https://youtu.be/9VEM9RYtkpY</a>
6	<a href="https://turflynx.com/">https://turflynx.com/</a>
7	<a href="https://www.grazemowing.com/">https://www.grazemowing.com/</a>
8	<a href="https://www.greenzie.com/">https://www.greenzie.com/</a>
9	<a href="https://www.renubotics.com/">https://www.renubotics.com/</a>
10	<a href="https://jonkopingsairport.se/nyheter/jonkoping-airport-och-husqvarna-ab-i-innovativt-samarbete">https://jonkopingsairport.se/nyheter/jonkoping-airport-och-husqvarna-ab-i-innovativt-samarbete</a>
11	<a href="#">Husqvarna - YouTube</a>
12	Randle-Boggis et al, 2020
13	Nordh och Norberg, 2012
14	<a href="https://www.kth.se/blogs/studentbloggen/2020/03/konsfordelningen-pa-kth/">https://www.kth.se/blogs/studentbloggen/2020/03/konsfordelningen-pa-kth/</a>

15	Emilsson, Hafström, Westén, 2023, Innovativ, elektrisk och autonom klippning av vegetation i solcellspark: Slutrapport Fossilfria mobila arbetsmaskiner – våren 2021
----	--

## 9 Deltagande parter och kontaktpersoner

Tobias Emilsson  
Sveriges lantbruksuniversitet

Micael Hafström,  
Husqvarna Group.

Annelie Westén  
Alight