

Slutrapport: Användning av drönare i växtodlingen för jordbrukets digitalisering

Projektperiod: 2024–2025

Projektledare och projektdeltagare: Marcus Älmefur och Johanna Forss,
växtodlingsrådgivare Växa Sverige

Sammanfattning

Projektet *Användning av drönare i växtodlingen för jordbrukets digitalisering* har undersökt hur drönartekniken kan användas praktiskt i växtodlingen. Genom en omvärldsbevakning har både möjligheter och begränsningar identifierats, liksom jämförelser mellan olika drönarmodeller och programvaror för bildanalys.

Som en central del av projektet har praktiska manualer tagits fram. De beskriver steg för steg hur flygrutter planeras och genomförs, både med drönare som har inbyggda automatiska flygrutter och med drönare där rutten skapas manuellt i separat programvara. Manualerna visar även hur drönarbilder importeras, bearbetas och analyseras samt hur resultaten kan användas för att skapa styrfiler baserade på grönhetsindex, till exempel för varierad kvävegödsling.

Materialet riktar sig till både rådgivare och lantbrukare och syftar till att underlätta införandet av drönarteknik i praktiskt lantbruk. Resultaten visar att drönare erbjuder ett högupplöst, kostnadseffektivt och nästan realtidsbaserat sätt att samla in fältdata och skapa beslutsunderlag som kan bidra till en mer resurseffektiv och digitaliserad växtodling.

Bakgrund

Digitaliseringen av jordbruket går inte i den takt som skulle behövas, och drönare är en av de tekniker som har stor potential att påskynda utvecklingen och effektivisera växtodlingen. Genom att leverera högupplöst fältinformation i nära realtid kan drönare både komplettera och i vissa fall ersätta mindre högupplöst och fördröjda satellitbilder eller mer kostsam utrustning, såsom N-sensorer. Drönartekniken har funnits tillgänglig i flera år, men många lantbrukare och rådgivare vet inte hur den insamlade datan faktiskt kan omsättas till praktisk nytta i växtodlingen.

Metod och syfte

Syftet med projektet var att undersöka hur drönartekniken kan implementeras i lantbruket och hur den praktiskt kan användas för att bidra till en mer lönsam och resurseffektiv växtodling.

Projektet har byggts på två huvuddelar:

- **Omvärldsbevakning** för att kartlägga möjligheter, begränsningar och juridiska ramar för drönaranvändning i växtodlingen.
- **Praktiska tester** med drönare i olika prisklasser, där även flera programvaror för bearbetning och analys av drönarbilder har utvärderats. Utifrån testerna har manualer tagits fram som stöd för implementering (bilaga 1 och 2).

Resultat

Omvärldsbevakning

Drönarteknik samlar in information om fälten genom högupplösta översiktsbilder som, i kombination med programvara och i allt större utsträckning AI, kan användas för en rad olika tillämpningar som stärker beslutsunderlaget och optimerar resursanvändningen i växtodlingen.

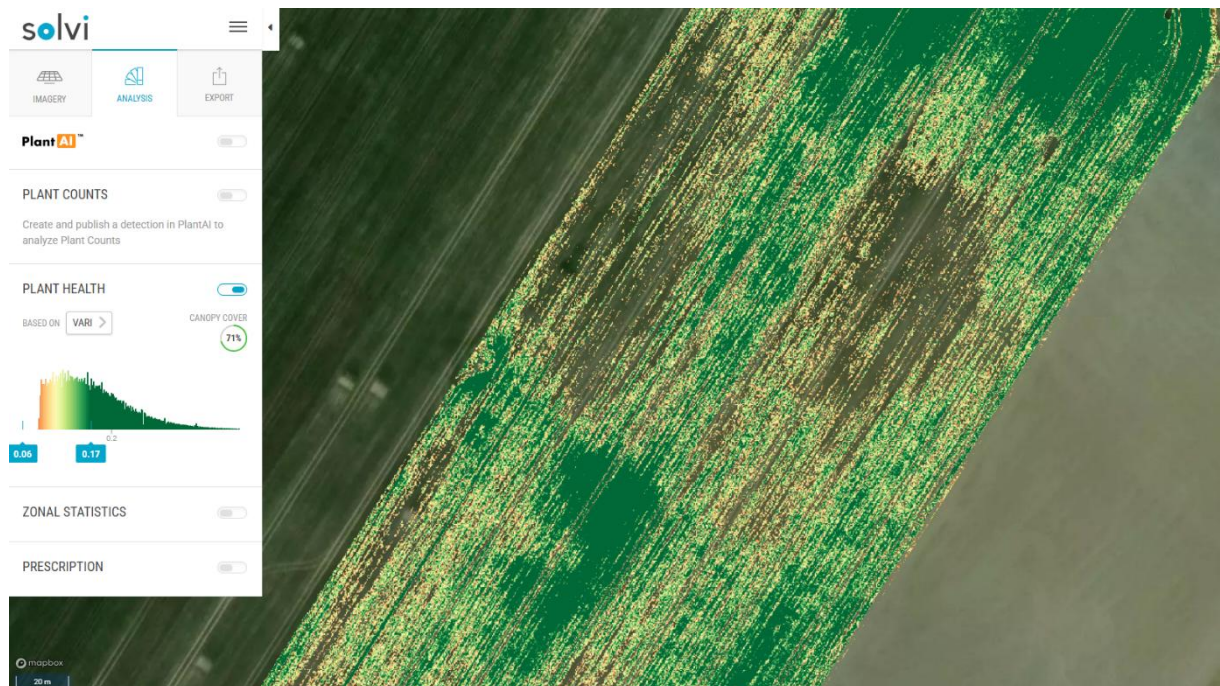
Omfattningen av viltskador i fält lokaliseras och kvantifieras, vilket ger ett objektiva underlag vid ersättningsanspråk eller vid förhandling av arrendepriiser (figur 1). Med hjälp av värmekameror kan fälten dessutom inventeras efter rådjurskid inför vallskörd, så att de kan avlägsnas i tid, vilket skyddar djuren, besparar föraren en obehaglig upplevelse och bidrar samtidigt till bättre ensilagekvalitet.



Figur 1. Den övre bilden visar en drönbild över ett vårkornfält inför skörd. De gröna gångarna i grödan har orsakats av vildsvin. Den nedre bilden är en bearbetad sammanställning av samtliga drönbilder i Solvi, där en analys av grönytäckningen har gjorts för att beräkna andelen skadad gröda. I det här fallet motsvarar grönytäckningen, alltså viltskadorna, upp mot cirka 47 % av fältet.

Drönbilder kan även synliggöra variationer i växtutvecklingen och pekar ut områden där åtgärder behövs (figur 2), så som dräneringsproblem. På samma sätt kan tekniken snabbt ge en överblick över utvintringsskador, något som kan användas som beslutsunderlag inför en eventuell omsådd. För radsådda grödor som majs kan

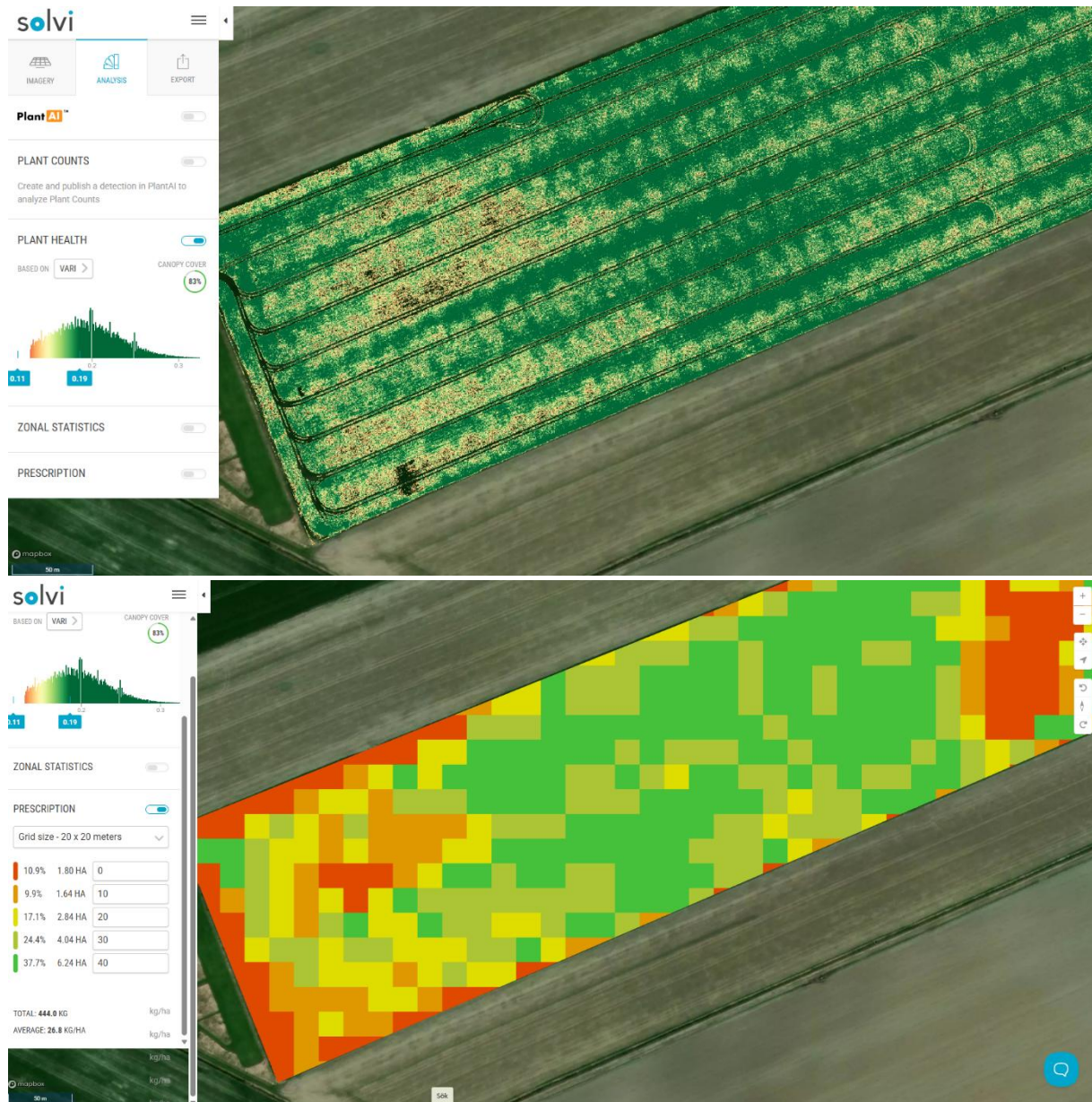
etableringen bedömas genom att AI räknar plantantalet, vilket gör det möjligt att tidigt avgöra om en omsådd är nödvändig.



Figur 2. Drönbild över ett vårkornfält där problemområden tydligt framträder. Analysen visar en grönytetäckning på 71 %, vilket innebär att växtutvecklingen är eftersatt på upp mot 29 % av fältet.

Utöver detta kan drönartekniken användas för att skapa styrfiler baserade på grönhetsindex och biomassavariation, vilket ger underlag för varierad kvävegödsling (figur 3). Doser av svampmedel kan också anpassas efter biomassan, då tät växtlighet

både kräver högre doser för att preparatet ska nå hela bladverket och skapar ett mer gynnsamt mikroklimat för svampsjukdomar.



Figur 3. Exempel på hur en kompletterande kvävegiva för proteinhalten i höstveten kan planeras utifrån fältets variation i biomassa. Den övre bilden visar variationer i grönyteindex, och utifrån dessa färgzoner kan en styrfil genereras. I styrfilen, som visas på den nedre bilden, anger användaren manuellt kvävegivan för respektive färgzon.

Slutligen kan förekomst och utbredning av ogräs kartläggas. AI kan i dagsläget tränas att skilja mellan gröda och ogräs, men ännu inte att identifiera vilken ogräsart det rör sig om,

något som framtida annoteringsprogram sannolikt kommer att möjliggöra. Till exempel RISE via projektet PRACTICAL WISION utvecklar detta.

Begränsningar

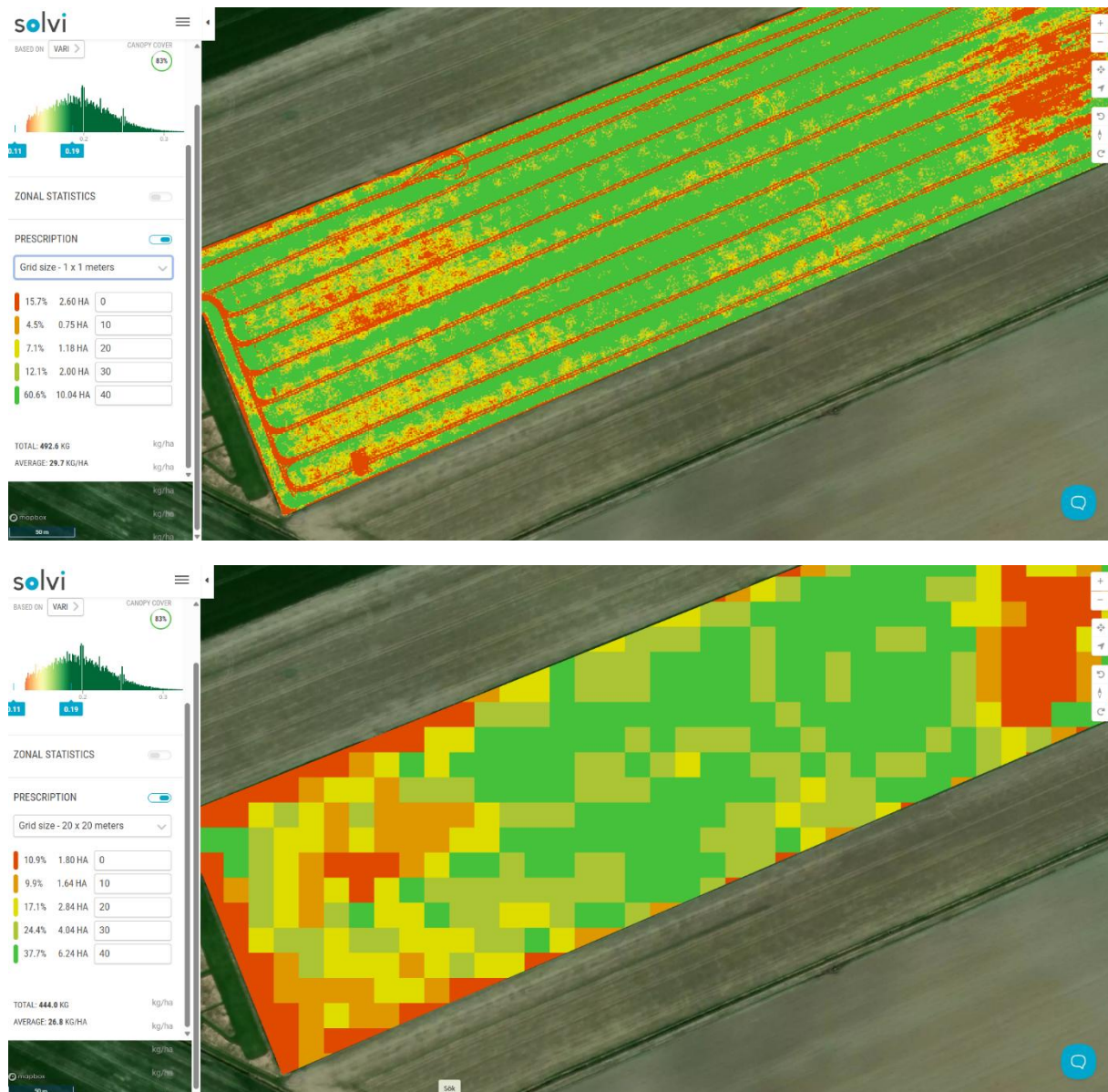
Drönare är en användbar teknik i växtodlingen, men det finns praktiska begränsningar som behöver beaktas. En första utmaning är batteritiden. Drönare har i dagsläget en relativt kort flygtid per batteri (20–40 minuter beroende på modell), vilket innebär batterierna måste vara fulladdade inför flygning. Även om en drönare ofta levereras med tre–fyra originalbatterier är det osäkert om detta räcker för att täcka en gårds alla fält under en och samma dag. En annan begränsning är väderförhållandena då en drönare inte kan flygas i kraftig vind eller nederbörd.

När det gäller regelverk är användningen av drönare idag begränsad till informationsinsamling. För att möjliggöra spridning av insatsmedel eller helt autonoma flygningar krävs förändringar i lagstiftningen. Ett ytterligare praktiskt hinder är att vissa åkermarker kan ligga inom eller i närheten av restriktionsområden, exempelvis militära zoner, vilket begränsar användningen överlag.

En viktig fråga rör hanteringen och lagringen av fältdata och flygrutter. Varje flygning dokumenterar fältets status och för att tekniken ska komma till sin fulla nytta behöver informationen sparas strukturerat och långsiktigt. I dag kan detta delvis hanteras i programvaror och drönarens handkontroll, vilket räcker för enskilda lantbrukare. För rådgivare som arbetar med många gårdar behövs dock större system för lagring, organisering och jämförelse av data över tid och mellan fält.

Den största utmaningen ligger dock i gapet mellan drönardatas höga upplösning och maskinernas tekniska kapacitet. Till exempel kan drönarbilder generera styrfiler på meternivå, medan gödselspridare arbetar med fasta arbetsbredder, vanligtvis 12, 24 eller 36 meter. Spridaren kan alltså inte sprida smalare än sin arbetsbredd, men den kan variera mängden gödsel inom bredden beroende på var i fältet maskinen befinner sig. För att matcha maskinens kapacitet krävs därför en anpassning av upplösningen. Det görs genom att drönardata aggregeras från små rutor (1×1 m) till större rutor som motsvarar spridarens sektioner (till exempel 20×20 m, figur 4 och 5). Om maskinen har möjlighet att sprida med högre precision, till exempel smalare sektioner eller individuellt styrda munstycken, ställs istället krav på datorkapaciteten i den terminal som hanterar styrfilen. För högupplösta filer, som i 1×1-meters raster, innebär det stora datamängder som kan göra att datorn kraschar. Därför behöver detaljnivå på data anpassas efter maskinens faktiska förmåga. Filkompatibilitet behöver också beaktas, i Solvi kan

styrfiler för närvarande endast exporteras i Shape-format, medan flera traktorer och spridarterminaler kräver ISO-XML-format för att kunna läsa in filen direkt i maskinens system. I vissa fall behöver alltså filerna konverteras i via annan programvara.



Figur 4. Samma höstvetefält som i föregående exempel (figur 3), där skillnaden mellan en styrfil med 1×1 meters upplösning (övre bild) och en med 20×20 meters upplösning (nedre bild) illustreras.

Jämförelser mellan drönare och programvaror

En drönare med stöd för automatiska flygrutter kan kosta upp mot 40 000 kronor, medan en enklare modell utan denna funktion ligger på omkring 3 500 kronor. Med en flygrutt

planeras flygningen i förväg, och drönaren kör sedan själv i fält och tar bilder med bestämda intervall. Detta säkerställer att hela fältet täcks in och att bilderna får tillräcklig överlappning för en tillförlitlig bearbetning. Det går att skapa manuella flygrutter till drönarmodeller som saknar funktionen, men det innebär betydligt mer tid för planering och genomförande.

Den högre prislappen för en avancerad drönare, utöver stöd för flygrutter, motiveras av användarvänligheten: bättre kameror och sensorer, längre flygtid per batteri, högre flygsäkerhet, mer effektivt arbetsflöde samt större kompatibilitet med analysprogramvara.

För att flyga drönare under 250 gram (till exempel DJI Mini 3/4) krävs inget drönarkort för att flyga som privatperson. För att flyga drönare som företag eller med en vikt på 250 gram till 2 kg krävs ett A1/A3-drönarkort, vilket tas via Transportstyrelsen genom ett onlineprov som tar några timmar. Den totala kostnaden är cirka 1 040 kronor (600 kr för teoriprovet, 190 kr för registrering som drönaroperatör samt 250 kr i årlig registerhållningsavgift).

Utöver hårdvaran behövs programvaror för bildbearbetning och analys av drönarbilderna. Det finns flera olika programvaror att välja mellan och valet beror både på budget och på vilka funktioner som efterfrågas. För växtodlingsändamål är Solvi kostnadseffektivt och användarvänligt. Abonnementet kostar cirka 6 000 kronor per år. Det finns billigare alternativ, som erbjuder bildbearbetning och visualisering av fälten utan samma bredd av analysfunktioner som WebODM. Pix4Dfields med korttidslicens kan vara en bra kompromiss om man vill ha analysfunktioner utan att binda upp sig på ett årsabonnemang. Det finns också plattformar med bredare användningsområden än enbart växtodling. DroneDeploy är ett exempel som erbjuder tjänster för flera branscher, såsom bygg, men det speglas i prisnivån.

Diskussion och slutsats

För engångsanvändning kan en enklare drönare, som DJI Mini, tillsammans med gratisprogram eller provversioner vara fullt tillräckligt. Men om drönartekniken ska användas långsiktigt och integreras i det praktiska lantbruket, särskilt inom rådgivningen, krävs modeller med automatiserade flygrutter och en mer avancerad programvara i nivå med Solvi för att säkerställa datakvalitet och effektivt arbetsflöde.

Användningen av programvaror för bildanalys behöver fortsatt utvecklas och förfinas för att kunna leverera så tillförlitlig och användbar information som möjligt. Drönartekniken

kommer att nå sin fulla potential i takt med att annan teknik utvecklas parallellt, exempelvis när sprutor och gödselspridare får möjlighet att variera insatser på lägre sektionsnivåer som bättre matchar drönardatans höga upplösning.

Ett område med särskilt stor utvecklingspotential är ogräsidentifiering. Med hjälp av AI kan drönaren på sikt fungera som ett avancerat beslutsstöd. Ett möjligt scenario är att drönaren kartlägger ogräsförekomsten i fält och därefter, baserat på aktuell kunskap om bekämpningsmedel och strategier, genererar rekommendationer om preparat, dosering och optimal tidpunkt för insatsen. På så sätt kan tekniken bli ett direkt stöd för både rådgivare och lantbrukare i det dagliga växtodlingsarbetet.

Samtidigt framträder ett tydligt behov av mer strukturerade lösningar för datahantering. Varje flygning genererar värdefull dokumentation av fältets status, men utan långsiktiga system för lagring och analys riskerar nyttan att gå förlorad. Detta är särskilt relevant för rådgivare som hanterar många gårdar och behöver jämföra resultat både över tid och mellan olika fält.

Projektet visar att drönartekniken redan idag kan bidra till mer träffsäkra insatser, vilket sparar resurser, minskar klimatpåverkan och stärker lantbrukets konkurrenskraft. Samtidigt är det tydligt att valet av drönarmodell och programvara har stor betydelse för användarvänlighet, arbetsinsats och kostnad, och därför bör anpassas efter syfte och mål. Trots de begränsningar som identifierats är möjligheterna omfattande. Drönare kan redan nu samla in fältdata som används på flera olika sätt, och det är sannolikt att antalet tillämpningar kommer att öka i takt med den tekniska utvecklingen.

Projektet har etablerat en metodik för användning av drönare i växtodlingen och tagit fram praktiska manualer som gör tekniken mer tillgänglig för såväl rådgivare som lantbrukare. Nästa steg blir att sprida resultaten, fortsätta bygga kompetens och följa den tekniska utvecklingen.

Bilagor

Bilaga 1 Manual att skapa flygrutter och flyga med DJI drönare

Flygning med drönare som har automatisk flygrutt (till exempel DJI Mavic 3 Pro)

Planering av flygrutt:

Om du vet om var fälten är belägna innan flygning: anslut handkontrollen till datorn och skapa flygrutten i förväg. Annars går det att göra i handkontrollen i fält.

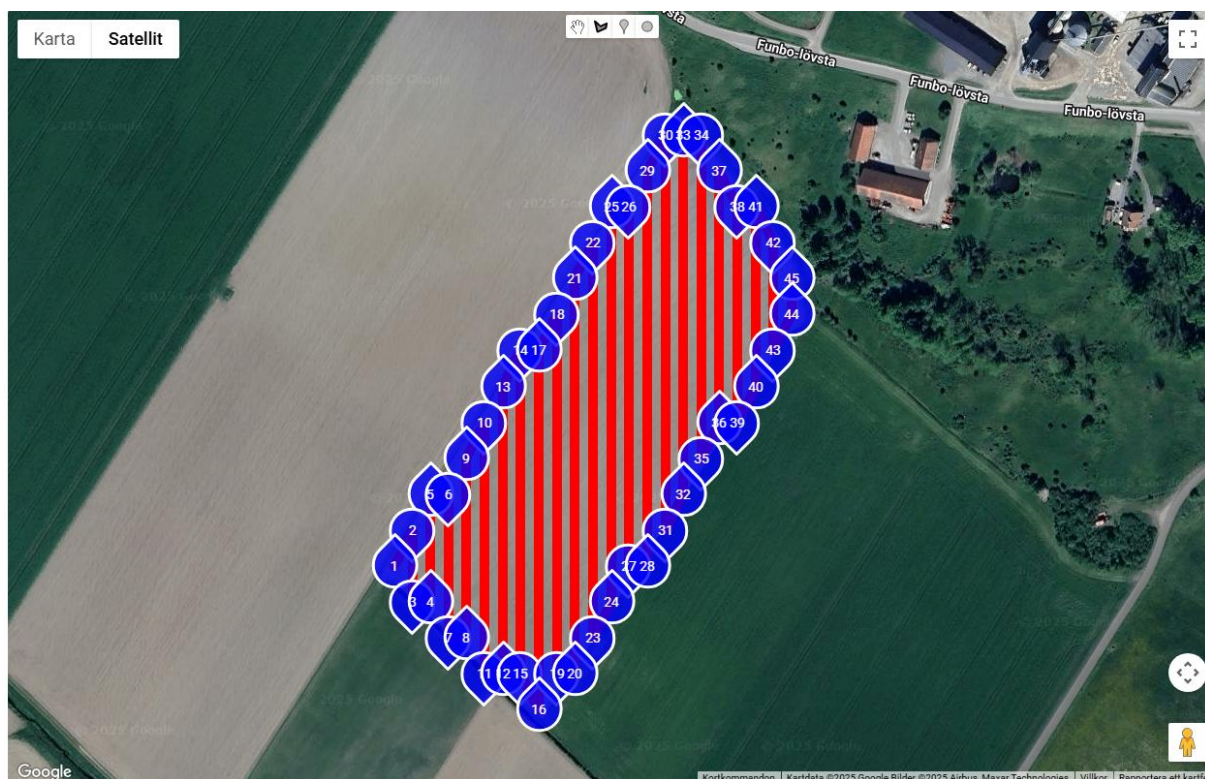
Inställningar för flygrutt:

- Fältgränser: Rita noggrant.
- Flygriktning: Flyg i längdriktning (långsidan). Vid blåst: välj vinkelrätt flygning mot vinden för att minska energiförlust och förbättra överlappning.
- Flyghöjd:
 - 80–120 m (≈400 ft): ~3–4 cm/pixel. Passar de flesta analyser.
 - 20–40 m: 0,5–1 cm/pixel. För till exempel plantantal.
- Överlappning:
 - Frontlap: 80 %
 - Sidelap: 70 %
 - För att undvika skuggor, ojämn ljussättning och täcka hela fältet.
- Bildfrekvens: Automatisk, baserat på distans.
- Kamerainställningar: Automatisk exponering. Lås gärna vitbalansen till "Sunny" eller "Cloudy" för jämnare resultat.

Flygning med drönare som saknar automatisk flygrutt (till exempel DJI Mini 4)

Använd verktyget [WaypointMap Automated Mapping Tool For DJI Drones](#) för att skapa flygrutter. Det kan finnas andra program som också fungerar.

1. Gå till WaypointMap → klicka på *Create*.
2. Rita in fältgränserna.
3. Inställningar:
 - Altitude: 100 m
 - Speed: Anpassa automatisk enligt de andra inställningarna
 - Gimbal angle: –90
 - Path spacing: 20–40 m (ju större desto kortare flygrutt)
 - Line orientation: Välj alternativ som följer långsidan på fältet bäst
 - Straighten Flight Paths: På
 - Image overlap: 80 %, tidsintervall minsta som drönaren tillåter
 - Action on mission complete: Return to home



Figur 5. Exempel på hur en flygrutt enligt alternativ 1 kan se ut. 20 m path distance.

OBS: När flygrutten är skapad kan du inte redigera inställningarna – rensa och börja om, om något blir fel.

4. Spara rutten som KMZ-fil och överför till drönaren.

- Se först till att det finns en KMZ-fil från början, eftersom man behöver en redan existerande för att ersätta den med en ny. Om det inte finns så skapar man en i fjärrkontrollen genom att gå in i camera view och klicka på waypoints (i kanten till vänster, symbol som två kurvor). Skapa några waypoints på kartan och spara sedan. Dubbelkolla att det sparades genom att klicka på waypoints och sedan symbolen för filer.
- Använd en USB-C-kabel för att ansluta fjärrkontrollen till en dator.
- Gå till *Files* och navigera till: DJI RC 2 > Internal shared storage > Android > data > dji.go.v5 > files > waypoint > Öppna en valfri KMZ mapp med slumpmässiga tecken i namnet.
- Dra in den nya nedladdade KMZ filen i mappen.
 - Kopiera namnet på den gamla filen.
 - Radera den gamla filen eller döp om den.
 - Döp om den nya filen genom att klistra in det kopierade namnet.
- Namnet på den nya filen bör matcha namnet på mappen.

- För att kontrollera att filen har laddats in korrekt (utan att starta drönaren): öppna camera view, gå till waypoints och klicka på den översta filen i listan.

Under flygning, automatisk flygrutt:

Anslut handkontrollen till internet, starta drönaren och aktivera flygrutten. När batteriet är på väg att ta slut återvänder drönaren automatiskt till startpunkten. Byt batteri och återstarta rutten där den slutade. Möjligheten att återuppta manuella flygrutter flygningar har inte testats fullt ut än, men man kan pausa rutten så det borde gå.

Under flygning, manuell flygrutt:

Ställ in att drönaren ska ta bilder genom att öppna camera view, klicka på symbolen ovanför knappen där man tar kort (två fyrkanter), gå till timed shot och välj det minsta intervallet som tillåts. Starta drönaren och aktivera flygrutten. När batteriet är på väg att ta slut återvänder drönaren automatiskt till startpunkten. Möjligheten att återuppta manuella flygrutter flygningar har inte testats fullt ut än, men man kan pausa rutten så det borde gå. Byt batteri och återstarta rutten där den slutade.

Bilaga 2 Manual för bearbetning av drönarbilder och skapa styrfiler

1. Ladda upp till Solvi

- Skapa en gård i Solvi och klicka på *Upload images* → *Overlapping images*.
- Koppla SD-kort till datorn och överför bilderna från mappen *DCIM* till datorn och överför sedan bilderna till Solvi.
- Namnge fältet (till exempel 1A_HV_2025).

Låt uppladdningen slutföras innan du stänger sidan. Själva bearbetningen fortsätter även om man stänger sidan efter att den är igångsatt.

Bildanalys i Solvi – Skapa styrfil:



2. Gå till Imagery och aktivera

- Orthomosaic
- Plant Focus – använd VARI som vegetationsindex, justera *threshold* så att fokus ligger på grödan
- Field boundary – beskär till fältgränser eller importera egna
- Annotate and measure – markera fältareal

3. Gå till Analysis

- Aktivera Plant Health – justera indexgränserna (VARI) för bra färgkontrast
- Gå vidare till Prescription:
 - Välj grid size utifrån spridarens kapacitet (minst 10 x 10 m)
 - Ange kvävegivor eller annan insatsnivå per färg

4. Exportera

- Exportera styrfil (shapefile)
- Exportera PDF-rapport för dokumentation