



Precisionsbekämpning i växtskyddsarbetet

Nuläge, möjligheter och hinder
för framtida utveckling

Författare
Christer Johansson, Frans Johnson och Kristofer Vamling,
Rådgivningsenheten växtskydd och eko, på uppdrag av Växtskyddsrådet

Omslag och grafik
Kristofer Vamling

Sammanfattning

Intresset för precisionsodling ökar. Produktionen kan effektiviseras med en mer optimerad användning av insatsvarorna. Det innebär en bättre ekonomi för företagaren samtidigt som miljöbelastningen minskar.

Växtskyddsrådet har inom ramen för Livsmedelsstrategin gett Jordbruksverket ett uppdrag att kartlägga och sammanställa status och tekniker för precisionsbekämpning. Den omfattar både kemisk och mekanisk bekämpning inom jordbruk och trädgård samt visar på möjligheter som finns, men även hinder som kan bromsa eller hindra utvecklingen inom precisionsbekämpning. Kartläggningen ger även förslag till åtgärder för att stimulera utvecklingen inom området.

Möjligheter, exempel:

- Positionering av sprutan i fält och möjlighet att minska den överlappande ytan som bekämpas är en effektiv insats för att minska användningen av växtskyddsmedel. Tekniken finns redan på många gårdar och ökar i omfattning.
- Variabel tilldelning av växtskyddsmedel har potential att effektivisera användningen av växtskyddsmedel i hög grad. Tekniken är tillgänglig, men används i mycket begränsad omfattning på gårdsnivå i Sverige.
- Teknik finns tillgänglig för att med GNSS-RTK eller kameror som läser av raderna förbättra precisionen vid mekanisk ogräsbekämpning i radodlade grödor.
- Autonoma mekaniska redskapsbärare har visat sig fungera i praktiken och kan på sikt markant minska åtgången av manuell ogräshackning i radodlade grödor.
- Med hjälp av avancerad datorbaserad analys av bilder från exempelvis drönare kan ogräs idag identifieras och kvantifieras i fält. Utifrån bildanalysen kan tilldelningsfiler skapas för mer precis och anpassad kemisk ogräsbekämpning.
- På vissa marknader internationellt används lantbrukssprutor med kamerasensorer som identifierar den gröna växtvävnaden i realtid genom reflektans i exempelvis stubb. Systemet styr bomsprutan sektionsvis och skapar en punktbekämpning vilket minskar åtgången av växtskyddsmedel, vanligtvis glyfosat.
- Genom en fortsatt utveckling av de dataplattformar som byggs i dag och som integrerar och hanterar till exempel markkarteringsdata, drönar- och satellitbilder, prognosmodeller och styrteknik för lantbruksmaskiner kan befintlig kunskap och teknik utnyttjas effektivare samtidigt som förutsättningarna för att implementera mer precisionsbekämpning ökar.
- Genom den enklare och billigare sensortekniken som är under utveckling ges bättre möjligheter att följa mikroklimatet i enskilda fält/kulturer. Detta skapar utsikt för skiftesvisa prognosystem och därmed även skiftesvisa bekämpningsinsatser.

Hinder, exempel:

- Nuvarande regelverk har stora svagheter när det gäller bedömningen av hur växtskyddsmedel ska beräknas när de appliceras med autonoma system. Hur beräknas till exempel en hektardos när den appliceras genom punktbekämpning inom fältet? Regelverket för avdriftreducering är inte tillämpligt på denna typ av sprutor eftersom de arbetar med exempelvis andra typer av munstycken, hastigheter och bomhöjder.
- Regelverket för godkännande av avdriftsreducerande utrustning begränsas av att tekniken ska godkännas av Julius Kühn Institut (JKI) i Tyskland. Detta sätter begränsningar för vilka produkter som den svenska odlaren i praktiken kan investera i och använda för att uppfylla gällande regelvillkor.
- Maskindirektivet och andra regelverk som reglerar autonoma system behöver ses över. De riskerar annars att bli ett allvarligt hinder för den framtida teknikutvecklingen i Sverige.
- Hållbarhetsdirektivet förbjuder spridning av växtskyddsmedel med luftfarkost. Detta förhindrar en teknikutveckling av drönare för applicering av växtskyddsprodukter.
- Brist på tillgängligt snabbt bredband i fält försvårar överföring av stora datamängder på många platser i landet. Det hindrar användningen och implementeringen av ny teknik.
- Investeringarna för att få tillgång till ny precisionsteknik är ofta stora i förhållande till de besparingar som kan göras.
- Precisionsbekämpning bygger många gånger på ny teknik som idag inte är så väl spridd inom lantbruks- och trädgårdsnäringen. Därför finns det ofta en kompetensbrist hos odlarna men även inom de organisationer som ska stödja odlingen på olika sätt. Att investera i denna teknik handlar både om en insats av pengar och i tid för odlaren. Att ta till sig och använda ny teknik är också ofta, men inte alltid, en generationsfråga.

Förslag till åtgärder:

- Skapa och utveckla befintliga mötesplatser där odlare, organisationer, myndigheter och företag kan mötas för kunskaps- och erfarenhetsutbyte inom precisionsbekämpning. Det kan ske exempelvis i form av seminarier, workshops, fältdemonstrationer vid demogårdar och testbäddar, ERFA-grupper, maskindemonstrationer.
- Identifiera och etablera lämpliga demogårdar och skapa praktiska försök för att öka kunskapen inom landet men också för att erbjuda naturliga mötesplatser.
- Etablera en tätare dialog mellan regelansvariga myndigheter, utvecklande organisationer och företag.
- Inrätta ett investeringsstöd för att få lantbrukarna att våga investera i ny teknik för precisionsbekämpning. Europeiska exempel finns med typgodkännande av enskilda maskiner eller tekniker för att förenkla ansökningsförfarandet och administrationen runt stöden.

- Stimulera FoU-projekt och på olika sätt innovation inom precisions-bekämpning inom landet.
- Kartlägga utrustningsnivån på landets sprutor genom att analysera befintliga data från funktionstestprotokollen.
- Komplettera fiberutbyggnaden på landsbygden med stöd för att etablera lokala bredbandsnätverk i områden där de kommersiella mobila nätverken inte har tillräcklig täckning och/eller signalstyrka.
- Vid utvecklingen av svenska dataplattformar följa andra dataplattformsbbyggen, till exempel danska Cropmanager, för att om möjligt dra lärdomar som kan vara användbara under svenska förutsättningar.

Innehåll

1	Inledning	8
1.1	Bakgrund och syfte	8
1.2	Uppdraget – Växtskyddsrådet, Livsmedelsstrategin	8
1.3	Problembeskrivning och avgränsningar.....	8
1.4	Referenser, definitioner och begrepp	9
2	Precisionsbekämpning, allmänt	10
3	Teknikutvecklingen som öppnar möjligheter inom precisionsbekämpning	12
3.1	Digitalisering.....	12
3.2	Datahantering – administration och teknik.....	12
3.3	Beslutsstöd och styrning med hjälp av Artificiell intelligens, AI.....	13
3.4	Kameror och sensorer	14
3.5	Satelliter och drönare.....	15
3.6	Robotar.....	18
4	Teknik för bomsprutor inom växtodling.	21
4.1	Sprutbeståndet i landet	21
4.2	Vilken teknik finns tillgänglig att köpa idag inom lantbrukssprutor	22
4.3	Möjlighet att uppgradera befintlig utrustning.....	26
5	Teknik för sprutor inom trädgård-, frukt- och bärödling	28
5.1	Sprutbeståndet i landet	28
5.1.1	Frukt.....	29
5.1.2	Grönsaker och bärödling	30
6	Teknik för icke kemisk bekämpning.....	31
6.1	Mekanisk bekämpning.....	31
6.1.1	Kamerastyrda hackor.....	31
6.1.2	Redskapsbärare	32
6.1.3	Autonom redskapsbärare – exempel Robotti	32
6.1.4	Autonoma ogräsbekämpningsrobotar.....	34
6.2	Andra typer av bekämpning	38
6.2.1	Asterix – en bekämpningsrobot från Norge	38
6.2.2	Autonom robot med UV-strålning mot mjöldagg.....	39
6.2.3	Laser för att bränna bort ogräs	39
6.2.4	Elektrisk ogräsbekämpning	40
6.2.5	Hetvatten	40

7	Möjligheter till minskning av bekämpningsmedelsanvändning ...	41
7.1	Detektion av insekter och svampar i fält.....	41
7.2	Test av kameraövervakade klisterfällor	42
7.3	Sensorstyrd gradering av bland annat bladmögel i potatis, EnBlightMe	42
7.4	Resurseffektiv bekämpning genom samtidig bekämpning av svamp och ogräs	43
7.5	Hjälpmiddel för att minska behovet av herbicider.....	43
7.5.1	Olika system för ogräsbekämpning i stubb – Weedseeker	43
7.5.2	Bildanalys och AI för att välja preparat – Bosch och BASF	44
7.5.3	Platsspecifik ogräsbekämpning	44
7.5.4	RoboWeedMaPS – hjälpmedel för att bedöma behovet av ogräsbekämpning	45
7.5.5	Bandsprutning med traditionell bomspruta	46
7.5.6	Internetbaserade beslutsstödsystem för precisionslantbruk	47
8	Lönsamheten i precisionsbekämpning	49
9	Möjligheter och begränsningar för mer precisionsbekämpning idag	51
10	Precisionsbekämpning i framtiden	55
10.1	Metoder/tekniker med potential att nå en större användning inom 5–10 år	55
10.2	Framtidskoncept med potential inom 10–20 år	58

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Växtskyddsrådet vill genom denna kartläggning visa på den snabba teknikutveckling som sker och som skapar en lång rad möjligheter för att utveckla precisionsbekämpningen i Sverige. En utveckling som bidrar eller kan komma att bidra till minskad/mer hållbar användning av kemiska växtskyddsmedel. Den kan även bidra till resursbesparingar inom lantbruket i stort. Kartläggningen ger prov på lovande exempel från utlandet, men också på hur främjandeinsatser hanteras i andra länder. Den omfattar såväl precisionstekniker inom kemisk bekämpning som precisionsteknik inom exempelvis robotiserad mekanisk ogrärensning vilken kan leda till minskad användning av kemiska insatsmedel. Den ger även en fingervisning om i hur stor utsträckning teknikerna har kommersialiserats och kommit till praktisk användning i Sverige eller utomlands. Kartläggningen utgår från ett svenskt perspektiv men visar även översiktligt vad som händer internationellt.

1.2 Uppdraget – Växtskyddsrådet, Livsmedelsstrategin

Regeringen har genom Livsmedelsstrategin specificerat att Växtskyddsrådet, under ledning av Jordbruksverket, ska arbeta för att uppnå ett hållbart växtskydd. Denna kartläggning är framtagen efter initiativ från Växtskyddsrådet och är ett led i Växtskyddsrådets uppdrag att stödja implementeringen av Livsmedelsstrategin. De i rådet ingående organisationerna kan trots detta ha avvikande inställning till slutsatser som framkommer i kartläggningen, och Växtskyddsrådet som helhet kan därför inte per automatik betraktas gemensamt stå bakom innehållet.

Jordbruksverket är huvudansvarig för informationen som presenteras i denna sammanställning.

Underlaget är framtaget av Jordbruksverket.

1.3 Problembeskrivning och avgränsningar

Inom EU finns ett övergripande mål inom satsningen Green Deal att minska bekämpningsmedelsanvändningen med 50 % till år 2030. Ett annat mål är att det inte ska användas växtskyddsmedel på 25 % av jordbruksmarken i varje land. Ett sätt att minska mängden växtskyddsmedel är att styra mera efter behov och med större precision jämfört med traditionell bredsprutning. Detta

kan ske exempelvis med en varierad dos, plats- eller punktbekämpning (delyta inom fältet eller enskild planta) och radsprutning. Teknikutvecklingen begränsas dock av exempelvis Hållbarhetsdirektivet 2009/128/EG, där spridning av växtskyddsmedel med luftfarkost är förbjudet.

Kartläggningen av tekniker för precisionsbekämpning innefattar teknik för användning inom jordbruk och trädgårdsnäring. Den täcker inte användning inom kommunal verksamhet, hobbyodling, vid golfbanor eller järnvägar. Påverkan på människors hälsa eller miljöaspekter berörs enbart marginellt och har inte varit fokus för kartläggningen. Den är inte heller någon vetenskaplig granskning av biologiska effekter och ska inte heller ses som en fullständig kartläggning av hela området precisionsbekämpning. Precisionsbekämpning med hjälp av biocider eller med hjälp av gentekniskt utvecklade egenskaper eller riktad växtförädling finns inte heller med i kartläggningen.

1.4 Referenser, definitioner och begrepp

Referenser i texten anges med en siffra inom parentes "(1)" och finns i en lista i bilaga 1. Personer som medverkat med information i kartläggningen finns listade i en egen lista i bilagan och i texten markeras område där de medverkat med "(p1)" etc. Ett flertal förkortningar och faktauttryck används i texten och dessa finns förklarade i bilaga 2.

2 Precisionsbekämpning, allmänt

När begreppet precisionsodling diskuteras generellt, menas växtplatsanpassad eller platsspecifik odling. Avsikten är att variera och anpassa odlingsåtgärderna efter de lokala förutsättningarna inom det befintliga skiftet. Precisionsodlingen vilar på tre ”ben”. Det första är en noggrann positionsbestämning med GNSS-teknik (Global Navigation Satellite System, GPS är ett av flera system med samma funktioner). Genom en bra bestämning av positionen öppnar sig möjligheter att dela upp ett skifte i mindre delar och behandla dessa olika. På samma sätt finns också möjligheter att följa upp förändringar och åtgärder mer ingående. Precisionsodlingens andra ben utgörs av GIS (Geografiska informationssystem). GIS underlättar hanteringen av koordinatsatta data genom att åskådliggöra skillnader och varierade åtgärder inom ett skifte. Det ökar kunskapen om odlingen, underlättar tolkningen och fungerar som beslutsunderlag.

Det tredje benet utgörs av teknik som används för att positionera/styra traktor/skördeptröska men också för att mäta skörd, mark- och/eller grödstatus och ogräsförekomst. Tekniken kan användas även för att variera eller styra insatsmedlen till rätt plats och variera tilldelning av gödsel, kalk, utsäde samt bekämpningsmedel eller eventuellt andra insatsmedel. De tre benen är en förutsättning för precisionsbekämpning.

Vid bredsprutning är det i första hand undvikande av dubbelsprutning som tillämpas med GNSS-styrd sektionsavstängning. För att variera dosen i fältet är utmaningen att detektera skadegörare, svampar, ogräs och därefter styra tilldelningen av växtskyddsmedel så att en lönsam bekämpning uppnås. Tillämpningen av variabel tilldelning av växtskyddsmedel inom fältet är ännu så länge marginell och används i de fall det förekommer till svampbekämpning samt tillväxtreglering och baseras då på vegetationsindex. Intresset är dock på uppgång och en hel del intressanta tekniker inom precisionsbekämpning står inför marknadsintroduktion.

Precisionsbekämpning innebär att:

1. Enbart den yta som behövs för att uppnå avsedd effekt behandlas.
2. Ytan behandlas med rätt dos.
3. Ytan som behandlas får en jämn fördelning av exempelvis sprutvätska.

Vid det obligatoriska funktionstest för bomsprutor som genomförs med stillastående spruta kontrolleras vätskeflödet från varje munstycke samt den maximala tryckskillnaden inom en rampsektion. Flödet får variera högst +/- 15 % och tryckskillnaden får vara högst 15 %. Funktionstesten ger därmed en grund för god kontroll och för en jämn och avsedd applicering vid bekämpningsarbete. Detta är en förutsättning för att bedriva precisionsbekämpning.

I en praktisk bekämpning innebär begreppet precisionsbekämpning vanligtvis att några av följande exempel på tekniska lösningar används:

- Teknik som minimerar vindavdrift
 - munstycksval, variabel bomhöjd, lufttillsats m.m.
- Teknik som ökar träffsäkerheten
 - styrning av vätskemängd, munstycksval, droppstorlek m.m.
- Teknik som optimerar dos och fördelning
 - variabel tilldelning, bildanalys som skapar styrfiler för bekämpning, satellit
- Teknik som undviker dubbelbekämpning eller mistor
 - autostyrning, GNSS-styrning av bomsektioner
- Teknik som kombinerar kemisk och mekanisk bekämpning
 - redskap med radsprutning och mekanisk bekämpning mellan raderna
- Teknik som ger möjlighet till punktbekämpning
 - bildsensorstyrning, styrning av sektioner eller individuella munstycken på en bomspruta, drönare.

3 Teknikutvecklingen som öppnar möjligheter inom precisionsbekämpning

3.1 Digitalisering

Digitalisering och digital teknik förutspås ge förutsättningar för förbättrad lönsamhet på gårdsnivå och bidra till miljönytta och ökad konkurrenskraft inom lant- och skogsbruket. Den ökade digitaliseringen påverkar lantbruket på många olika sätt (1, 2, 3, 4). Digital teknik har utnyttjats inom lantbruket under en längre tid, men vanligtvis för en avgränsad tillämpning.



Utvecklingen pekar nu på att en lång rad olika tillämpningar och processer kommer att kopplas samman och skapa nya möjligheter såväl som att bidra till effektiviseringar inom olika områden.

Precisionsbekämpning är nästan undantagslöst på något sätt beroende av digital datakommunikation och hantering. Det kan vara internt inom ett redskap, där en sensor kommunicerar digitalt och styr en annan funktion på redskapet. Det kan även innebära en trådlös kommunikation från utrustning upp i olika plattformar i molnbaserade tjänster eller till annan utrustning/redskap (5, 6).

Antalet enheter som är beroende av digital datakommunikation kommer att öka samtidigt som utvecklingen också skapar utrustning som genererar allt större datamängder. Möjligheten till effektiv dubbelriktad digital datakommunikation är en viktig faktor för en ökad precisionsbekämpning.

3.2 Datahantering – administration och teknik

Behovet av en effektiv digital datahantering kommer att bli en allt mer betydelsefull förutsättning för att kunna bedriva ett modernt och effektivt lantbruk. För att få en effektiv datahantering krävs en god kommunikation mellan de olika hård- och mjukvaror som används. Även goda administrativa rutiner vid val av filformat, mappstrukturer och namngivning av datafiler är viktigt.



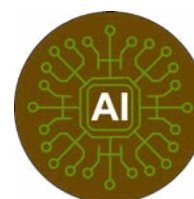
Vid precisionsbekämpning sker ofta en digital datakommunikation inom ett redskap eller mellan redskap och traktor. I dag ombesörjs den ofta via datakablar eller snabb trådlös uppkoppling. Utmaningen uppstår om precisionsbekämpningstekniken kräver en kontinuerlig uppkoppling till huvuddatorn på gården eller till internet. Detta kräver en mycket snabb trådlös uppkoppling

och dataöverföring. Mängden data som behöver överföras är beroende på tillämpningen. Bildanalys med ogräsdetektion i realtid via en molnbaserad tjänst kräver en enorm kapacitet och är endast möjlig med 5G.

Sverige har ett väl utbyggt mobilnät sett i en internationell jämförelse (7, 8). För många lantbrukare är dock fortfarande mobiltäckningen för svag, eller erbjuder för låg överföringshastighet, för att internetbaserade molntjänster ska kunna användas i precisionsbekämpningen.

3.3 Beslutsstöd och styrning med hjälp av Artificiell intelligens, AI

Precisionsbekämpning handlar ofta om att ta ett väl avvägt beslut om att utföra en bekämpning eller inte såväl som att styra bekämpning så precist som möjligt. Begreppet artificiell intelligens, eller AI som det ofta kallas, har en nyckelposition i många områden inom lantbruket (9). Förhoppningarna på utvecklingen inom AI i lantbrukets tjänst är stora. Ett exempel är den satsning inom området som Vinnova har gjort genom finansieringen av Agtech 2030 projektet (10).



Basen för en lyckad odling har alltid varit att observera vad som händer i odlingen och utvecklingen av skadegörare och ogräs. Den tekniska utvecklingen innebär egentligen inte någon fundamental förändring av den processen. Uppkopplade IoT-sensorer (Internet of Things, 6) kan kontinuerligt mäta exempelvis fuktighet och temperatur i jorden eller i grödan. Data skapas från digital utrustning på drönare, satelliter, maskiner, redskap och sensorer.

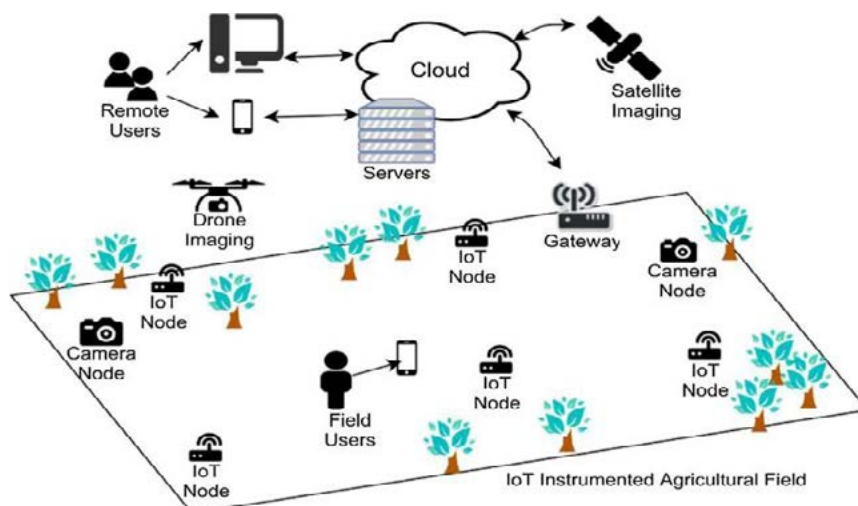


Bild 2. Behovet av tillgång till nätverk i fält växer i framtiden. Bild: Computers and Electronics in Agriculture

I det ständigt ökande informationsflödet blir det svårare att värdera vilken information som behövs för att ta de beslut som krävs. En lång rad olika besluts-

stödssystem, många gånger baserade på en någon typ av AI, finns utvecklade och används på många håll (11, 12, 13, 14, 15, 16).

Data från odlingar över fler år ger möjligheter att skapa allt bättre beslutsalgoritmer i beslutsstödssystemen. Samtidigt är det viktigt att det är rätt data som samlas in och att den kombineras på ett sätt som ger bra beslutsstöd. För detta krävs en bred och djup kompetens inom odling och växtskydd. För att en stor mängd data ska kunna samlas in från många odlingar krävs gemensamma dataformat, men också bibehållen integritet för den odlare som "överlämnar" datan.

Systemen ger endast stöd till beslut och i slutändan är det trots allt lantbrukaren som behöver ta det slutliga beslutet om vad som ska göras eller inte. Nya kompetenser kommer krävas av lantbrukaren för att på ett effektivt sätt kunna tillgodogöra sig den tekniska utvecklingen inom AI. Det samma gäller också de organisationer och funktioner som stödjer lantbrukaren i dennes roll.

Växtskyddsinsatser handlar oftast om att styra och reglera. En viktig utvecklingsdel inom styrning handlar om att styra olika typer av robotar. Utvecklingen av AI kommer innebära att maskinerna utför sina arbetsmoment alltmer autonomt samtidigt som de kommer uppvisa en ökad förmåga till AI-baserad anpassning.

Med hjälp av datorbaserad bildanalys och AI är det möjligt att skilja på olika plantor i fält. Algoritmerna för bildanalys har utvecklats mycket på senare år. Tillsammans med mer kraftfulla datorer gör det att det finns system som snabbt identifierar vad som räknas som ogräs och vad som bedöms som gröda i ett fält. Utmaningen är att få ner antal fel i bedömningen.

3.4 Kameror och sensorer

Det första steget innan en växtskyddsinsats kan göras är en säker identifikation av det växtskyddsproblem som ska åtgärdas. För att identifiera och kvantifiera insekter, svampsjukdomar eller ogräs används vanligtvis optiska sensorer i kombination med avancerad bildanalys.



Digitala kameror används exempelvis för att skapa en strömmad bildinformation som via bildanalys kan skilja på till exempel ogräs och gröda. Inom området används ofta begrepp som "grönt på brunt" och "grönt i grönt". Bakgrunden till de här två begreppen är skillnaden i utmaningen att urskilja en grön växt från en bakgrund som består av jord eller icke gröna växtdelar och situationen där man vill kunna urskilja en grön växt/art i en grön bakgrund. För att urskilja ogräs i en stubbåker (grönt på brunt) används rött eller blått LED-ljus från en aktiv ljuskälla. En optisk sensor mäter sedan det utsända NIR-ljuset (nära infrarött) som varierar beroende på klorofyllhalten. Tekniken används exempelvis vid punktbekämpning (17, 18, 19).

Med hjälp av ett stort antal digitala fotografier går det genom datorbaserad bildanalys att skanna stora ytor till låga kostnader. Det stora problemet med tekniken är att skapa de "igenkänningsprogram" eller algoritmer som behövs för att med stor säkerhet urskilja ogräsen.

Angrepp av svampar och insekter är svårare att identifiera och för att lyckas i utvecklingsarbetet med detta används ofta olika typer av ljusvåglängder och ljusteknik. För att nå framgång krävs ofta en kombination av olika tekniker som också behöver anpassas till olika grupper av insekter (20).

Att hitta system för identifikation av svampinfektioner eller insekter i fält har sina begränsningar. Att detektera de yttre förhållanden som till exempel blad-fukt, temperatur och markfukt skulle vara till stor hjälp för att förutse och skapa prognosmodeller för växtskyddsproblem. Begränsningen har hittills varit höga kostnader och stort underhåll för fältbaserade sensorer.

I framtiden kan vi tänka oss att det kommer finnas sensorsystem för några tusentals kronor som fungerar bra att ställa ut i enskilda fält. En regelbunden övervakning av mikroklimatet i fält skulle väsentligt förbättra de prognosmodeller som finns och därmed kunna minska behovet av växtskyddsmedel.

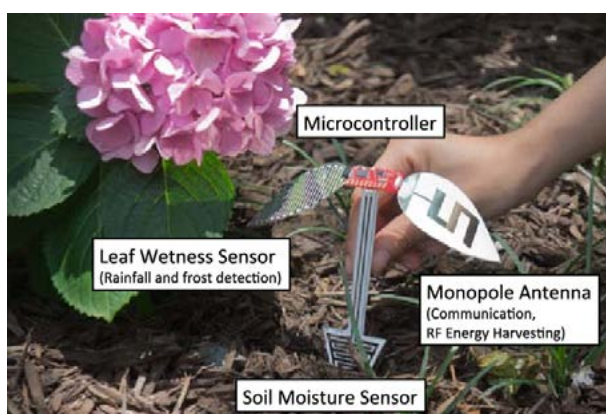


Bild 3. En enkel sensor från företaget SenSprout som kan avläsa nederbörd samt blad-, luft- och markfuktighet. Foto: www.tentzeris.ece.gatech.edu/Ubicomp12_Yoshi.pdf

Listan på olika tillämpningsområden för sensorer är lång (21) och ofta mer knutna till precisionsodling än precisionsbekämpning (22).

3.5 Satelliter och drönare

Satelliter

Tillgången på olika typer av bilder från satelliter är idag god och finns tillgängliga till förhållandevis låga kostnader. Deras användbarhet i samband med precisionsbekämpning är dock begränsad på grund av deras relativt låga upplösning som inte tillåter en närmare analys av fältet. Information som kan



hämtas ur satellitbilder i samband med olika växtskyddsinsatser är främst en variation av biomassa. Med hjälp av ett beräknat vegetationsindex går det att styra dosen av svamp och tillväxtreglering. Kartbilder med vegetationsindex kan hämtas från Cropsat (11) Tillämpningen i Sverige är hitintills marginell, men försök i Danmark visar på potentialer till högre avkastning (p16). En annan begränsning med satelliten som verktyg i precisionsbekämpningen är att det periodvis är mycket moln som hindrar att de bilder som tas är tillräckligt färska för att kunna användas.

Tillämpningen av data från satelliter inom precisionsbekämpning återfinns i större utsträckning inom området där de används för positionering via GNSS. Tidigare betraktades amerikanska Navstar-GPS som synonymen till satellitbaserad positionsbestämning. Numera kan vem som helst också utnyttja ryska GLONASS och två nya system som är under uppbyggnad, europeiska Galileo och kinesiska BeiDou. Därför bör termen GNSS (Global Navigation Satellite System) användas när det refererar till satellitbaserad positionsbestämning istället för GPS. Det handlar om positionering av maskiner och deras redskap, men också om att positionera exempelvis plantorna i en gröda genom att dokumentera platsen för varje frö som såtts. För att nå tillräckligt hög upplösning med en felmarginal på som mest någon centimeter krävs att informationen från GNSS-satelliterna kombineras med ett system som skapar korrektionssignaler.

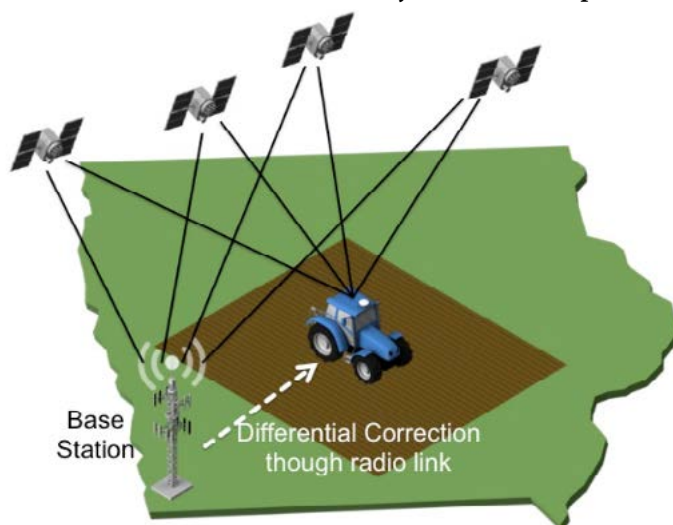


Bild 4. Principen för GNSS/RTK-tekniken med radiobaserad korrektionssignal.
Bild: www.trimble.com

Drönare

Drönaren är ett relativt nytt redskap inom lantbruket. Lantbruket har däremot en historia med att använda flygplan för olika ändamål. Under senare år har drönarna genomgått en utveckling som gjort dem intressanta för olika nya tillämpningar.



Inom precisionsbekämpningen finns det idag flera områden där drönare kan spela en viktig roll (23, 24, 25). Inom växtskyddsområdet kan informationen i en bild från en drönare hjälpa till att bedöma ogräsförekomst

och grödans allmänna hälsoläge. I vissa fall kan drönaren även visa på områden i fältet där någon sjukdom drabbat grödan och som kräver en närmare kontroll (26). Drönarbaserad analys av växtligheten i ett fält är ett område under stark utveckling även i Sverige (27).

En tillämpning är att bearbeta bilder från drönarens kamera via en datorbaserad bildanalys för att få fram en ogräskarta som visar ogräsförekomsten i fältet. Ogräskartan kan användas som underlag för att skapa en styrfil som baseras på en dosrekommendation efter ogräsförekomst. Ogräsbekämpningen styrs då till de delar av fältet som behöver sprutas och då med optimal dos (28). Styrfilen kan användas på traditionella bomsprutor med styrdator och GNSS-styrning av rampsektioner eller munstycken.

Globalt börjar det bildas en marknad för drönare som utför behandling med växtskyddsmedel (29). Men en drönarbaserad bekämpning är inte tillåten i Sverige eftersom bekämpning från luftfarkost inte är tillåten. Den internationella tillämpningen rör främst områden där ryggspruta tidigare har använts. Det finns många exempel på drönarbekämpning i exempelvis vinodlingar eller andra typer av odlingar där fältets lutning och topografi gör det svårt att applicera växtskyddsmedlet med annan teknik. Inom detta tillämpningsområde finns redan kommersiellt tillgängliga, färdigutrustade drönare att köpa för omkring 10 000–15 000 US\$ (30). Det är drönare som är utrustade med växtskyddsmedelstankar på 10–20 liter och har en flygtid på omkring 15 minuter. Under denna tid hinner drönaren utföra bekämpning på knappt 1 hektar. Både tank och batteri kan snabbt bytas för att skapa ett effektivt system för bekämpning. De är utrustade för att via en styrfil och med GNSS/RTK-system för autonom flygning och radar utföra en jämn bekämpning över odlingen men även följa markstrukturen och undvika hinder på fältet. Vid behov kan även bekämpningen utföras i mörker eftersom drönaren använder styrfil och bara GNSS/RTK samt radarsignaler för att orientera sig över fältet. Genom att byta tanksystem går det även att sprida fasta partiklar (0,5–5 mm i diameter) på en bredd av 4–7 meter. Utveckling pågår även för att exempelvis sprida nyttoinsekter på detta sätt. I försök har det gått att sprida nyttoinsekter över 8 hektar på 60 minuter (31).



Bild 5. Drönare för spridning av växtskyddsmedel. DJI AGRAS T20, Foto: www.dji.com

Tillämpningsområdena för drönare inom precisionsbekämpning varierar stort. I en del tillämpningar både identifierar och bekämpar drönaren själv. I ett utvecklingsprojekt för att bekämpa jättebjörnloka flyger drönaren över ett utvalt område och söker efter jättebjörnlokans karakteristiska bladform. När den hittat ett blad sänker den sig och ger en punktbekämpning med en herbicid innan den flyger vidare inom sökområdet. Ett annat användningsområde skulle kunna vara punktbekämpning av svåra ogräs som bara finns mindre isolerade områden i ett fält. I ett utvecklingsprojekt är målet att mekaniskt och autonomt bekämpa fjärilar i växthus (32).



Bild 6. Drönarfladdermus för bekämpning av fjärilsmott i växthus. Foto: www.koppertcress.com

Möjligheterna är många men det finns även en lång rad olika begränsningar. Även om tekniken blivit billigare är fortfarande många tillämpningar dyra i jämförelse med nuvarande mest använda teknik. När det gäller fysiska växtskyddsinsatser är drönarens bristande lyftkraft en uppenbar begränsning. En annan viktig aspekt är hur växtskyddsmedlet sprids i grödan samt omfattningen av vindavdriften vid bekämpningen (33, 34). I dagsläget, enligt 14 kap. 7 § miljöbalken, tillåter inte heller regelverket i normalfallet att bekämpning utförs från ett luftfartyg dit drönare räknas.

3.6 Robotar

Intresset för alternativa bekämpningsmetoder där växtskyddsmedel inte används ökar stadigt. Utvecklingen drivs inte enbart av intresse från den ekologiska odlingen utan även den konventionella odlingen som söker nya sätt att hantera sina växtskyddsutmaningar. Antalet verksamma ämnen i växtskyddsmedel som är tillåtna att använda minskar samtidigt som resistensproblematiken ökar hos skadegörarna. Teknikutvecklingen öppnar många möjligheter för både nya och nygamla bekämpningsmetoder.



Med den senaste tidens utveckling inom AI och sensorer har roboten kunnat göras mer "intelligent". De nya självstyrande robotarna är visserligen förprogrammerade att utföra vissa arbetsmoment. De har även ett viktigt system för att värdera och ta hänsyn till data som kommer från sensorer som registrerar nödvändig information om exempelvis hinder. Huvudsakligen har dessa kriterier

programmerats in men det kan också finnas modifieringar av beslutskriterierna som byggts upp genom så kallad maskininlärning eller AI.

Den snabba utvecklingen av autonoma ”robot”-fordon inom lantruket (35, 36) märks även inom lantruket utvecklingsprojekt för traktorer och redskapsbärare. Att automatisera styrningen vid arbetet i fältet med hjälp av olika GNSS-system ses idag inte som något märkligt. Föraren finns dock fortfarande kvar i traktorn eller tröskan för att övervaka och kontrollera körningen. Det börjar nu dyka upp många olika typer av autonoma redskapsbärare. Allt från ett fordon som är i stort en traditionell traktor utan förarplats (37, 38, 39) till små eldrivna plattformar med olika växtskyddsfunktioner. Storleksmässigt finns det varianter som passar för friland såväl som växthus och tunnelodling (40).



Bild 7. Autonoma traktorer, från vänster eldrivet från John Deere, dieseldrivet från CNH och Agrobot samt eldrivet från Naio OZ. Foto: John Deere, CNH Industrial, Agrobot och Naio Technology.

En del av de större tyngre dieseldrivna autonoma redskapsbärarna används för mer traditionell radhackning i radodlade grödor. Samtidigt finns det en tydlig trend med utveckling av små lätta, eldrivna, gärna solcellförsedda, autonoma redskapsbärare som många gånger är specialbyggda för ogräsbekämpning eller annan typ av växtskyddsarbete (41, 42, 43). För att kompensera den ofta låga hektareffektiviteten pekats det ofta på att de inte kräver några pauser och att arbetet även kan utföras av flera autonoma robotar som utför sitt uppdrag gemensamt. Beroende på teknik kan de i vissa fall även jobba nattetid.

Generellt pekar många på att tekniken har stor potential även om det är långt till att de helt kan ersätta människan i odlingsprocessen. Investeringskostnaderna är höga och tekniken med automatiserad mekanisk ogräsbekämpning lämpar sig främst för radodlade grödor varför marknaden för den här typen av utrustning ofta är större hos grönsaksodlare och i viss mån sockerbetsodlare.

4 Teknik för bomsprutor inom växtodling.

4.1 Sprutbeståndet i landet

Det finns ingen officiell beräkning av antalet lantbrukssprutor i landet. Det finns dock ett antal uppskattningar gjorda i samband med utredningar inför införandet av obligatoriska spruttester. Ett frivilligt funktionstest har funnits i landet sedan 1989 och ett obligatoriskt infördes 2016. I en utredning av Jordbruksverket 2004 uppskattades antalet lantbrukssprutor till 19 000 i landet. Av dessa bedömdes 250 vara fläktsprutor till fruktodling. En ny utredning genomfördes 2009. I denna utredning redovisades resultat från en undersökning av funktionstestprotokoll från 2006 samt en beräkning av SCB av hur många lantbrukssprutor som fanns i varje län 2006. SCB kom fram till att det då fanns 14 000 sprutor i landet. Av dessa sprutor fanns den helt dominerande andelen i södra delen av landet (44, 45).



Tabell 1. Fördelning av sprutor i landet, SCB 2006.

Landsdel	Götaland	Svealand	Norrland
Fördelning %	74 %	23 %	3 %

I SCB studien dominerade sprutor med en arbetsbredd på upp till 12 m. Andelen sprutor med en arbetsbredd över 24 m var marginell.

Tabell 2. Storleksfördelning på sprutor, SCB 2006.

Arbetsbredd m	<= 12	>12-<24	24	> 24
Storleksfördelning %	61 %	13 %	26 %	0 %

Det var en hög medelålder på mindre sprutor.

Tabell 3. Genomsnittsålder på sprutor testade 2006.

Arbetsbredd m	12	24	> 24
Genomsnittsålder år	18,9 år	12,5 år	6,6 år

I november 2016 infördes ett obligatoriskt funktionstest av spridarutrustning som en del av EU:s direktiv om hållbar användning av bekämpningsmedel 2009/128/EG. Det gäller sprutor med ramp, fläktsprutor och kärrensprutor. Spruttesten skall genomföras vart 3:e år. Behöriga funktionstestare genomför testet och sprutägaren skickar in testprotokollet till Jordbruksverket för ett godkännande. I dec 2020 hade totalt cirka 11 400 godkännanden utfärdats sedan nov 2016. Vissa sprutor har fått flera godkännanden under perioden p g a att de testas årligen. Med bakgrund av antalet godkännanden bedöms att det testas 2 500–2 800 sprutor per år. Med ett testintervall på 3 år skulle det innebära 7 500–8 500

sprutor i landet. Av dessa bedöms 3 000–4 000 sprutor utföra huvuddelen av växtskyddsarbetet på landets areal.

Det finns ingen undersökning eller statistik över hur sprutornas storlek eller utrustning ser ut idag i Sverige. En möjlighet för att få bättre information över sprutbeståndet i landet är att bättre utnyttja informationen i de testprotokoll som bifogas ansökan till godkännande av spridningsutrustning. Det finns inte heller någon undersökning som visar hur stor del lantbrukare som använder någon form av precisionsstyrning. I Danmark finns undersökningar som visar att år 2019 använde 24 % precisionsstyrning med GNSS-RTK och 14 % använde GNSS-styrd sektionsavstängning av sprutan.

Nyförsäljningen av sprutor har minskat sedan införandet av den obligatoriska funktionstesten 2016. Enligt Maskinleverantörens årsstatistik, som visar försäljningsstatistik från deras medlemmar och som utgör huvuddelen av återförsäljarkåren i Sverige, har det sålts drygt ett hundratal sprutor de senaste åren. Det motsvarar cirka 30 % av försäljningen jämfört med för 5 år sedan.

Tabell 4. Antalet försålda sprutor per år sedan 2014 (46).

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Antal sålda sprutor	861	461	278	201	141	114	124

4.2 Vilken teknik finns tillgänglig att köpa idag inom lantbrukssprutor

På marknaden finns idag ett stort utbud av bomsprutor. Från mindre burna sprutor med 800 liters tank till 12 meters arbetsbredd för cirka 60 000 SEK till självgående sprutor med 8 000 liters tank och 42 meters arbetsbredd för cirka 4 500 000 SEK. Volymsprutan som säljs är dock en bogserad 24 meters spruta utrustad med styrdator, 4 meters sektionsindelning och 3 000–4 000 liters tank. På rampen sitter en munstyckshållare där 3–4 munstycken monteras. En prisindikation på volymsprutan ligger på 500 000–700 000 SEK beroende på utrustning.

Av de sprutor som säljs idag i Sverige, och som är 24 meter eller större, är de flesta förberedda för variabel dosering av preparat genom tryckreglering. Sprutorna är till cirka 90 % utrustade med GNSS-styrd sektionsavstängning och till cirka 75 % utrustade med automatisk ramphöjdsreglering. Tekniken innebär minskad dubbelsprutning och en minskad avdrift då ramphöjdsautomatiken ger en bättre höjdanpassning till gröda och markförhållanden (p20, p21, p22, p23).

I samband med införandet av obligatoriska funktionstester såldes ett hundratal mindre nya sprutor med 12 meters arbetsbredd. Försäljningen av dessa sprutor har dock varit låg 2019/2020. Det finns samtidigt en tendens att antalet 36 meters sprutor ökar försäljningsmässigt. En viss ökning av antalet självgående sprutor kan också märkas.

En viktig faktor för precisionsbekämpning är duschkvaliteten på sprutduschen. Den kan påverka var dropparna hamnar samt vilken täckningsgrad man får. Duschkvaliteten från ett munstycke klassificeras enligt standard ISO 25358. Volymdiametern mäts vid olika tryck varvid en klassificering sker i 7 steg från mycket fin till extremt grov duschkvalitet. Duschkvaliteten med traditionell sprutteknik varierar med munstyckstyp och tryck. Utbudet och användningen av olika munstyckstyper har på senare år ökat, inte minst beroende på att i användarvillkoren för vissa preparat krävs godkänd avdriftsreducerande teknik.

Effektivitetspressen inom lantbruket innebär att man på olika sätt försöker öka sprutans fältkapacitet. En hög fältkapacitet innebär att fler hektar kan behandlas under optimal tid vilket innebär en lägre sammantagen preparatåtgång. När det gäller herbicidanvändning är läglighetseffekten viktig för dosens storlek, alternativt att det behöver sprutas flera gånger. Tillgången till sprutor är en annan viktig faktor, inte minst i skogs- och mellanbygd. En lösning som ökar fältkapaciteten är att minska vätskemängden per hektar. En fin duschkvalitet med små droppar snålar på vätskemängden och ger en god täckning men innebär samtidigt att risken för vindavdrift ökar. Ett sätt att hantera en ökad risk för vindavdrift är att sänka rampen i förhållandet till grödan. En ramp med 25 centimeters munstycksavstånd ger oftast en möjlighet till en lägre ramphöjd, men det ställer på samma gång högre krav på rampens stabilisering. Flera leverantörer har möjlighet till leverans av bomsprutor med 25 centimeters munstycksavstånd. En annan lösning för att minska risken för vindavdrift är en extra lufttillsats som har en speciellt bra funktion i uppvuxen gröda. Tre företag (Hardi, Danfoil och Dammann) marknadsför idag tekniken i landet.

Möjligheten att reglera dosen via preparatinjektion har funnits i många år. Fördelen är att preparat och vatten hålls åtskilt. Tekniken möjliggör att dosen varierar samt vilka preparat som ska användas under gång. Rengöringen efter bekämpningen underlättas med denna teknik. Nackdelen har varit att reaktionstiden ut till munstyckena har varit lång, men tekniken har förbättrats på senare år. Det är i första hand Danfoil som har marknadsfört tekniken men en utrustning från Dammann är under prövning hos JKI (47).



Bild 8. Dammann preparatinjicering. Foto: Christer Johansson

Som tillval till sprutan går det att välja individuell munstycksreglering. Tekniken har funnits på den svenska marknaden några år och ett antal sprutor är sålda med den här utrustningen. Med en lösning av den här typen blir precisionen högre vid från- och tillslag, speciellt vid kilkörning, åkerholmar och dräneringsbrunnar.

Är sprutan utrustad med speciella munstyckshållare, där flera munstycken kan styras oberoende av varandra, finns möjligheten att individuellt styra eller skifta munstycke i arbete eller att köra med flera munstycken samtidigt. Exempelvis kan vissa munstycken stängas av för att kunna radspruta exempelvis majs, potatis, sockerbetor. En annan möjlighet är att kunna välja ett avdriftsreducerande munstycke direkt från hytten körning utförs i närheten av ett miljö känsligt område. Ett annat alternativ är att öka vätskemängden/dosen genom att koppla flera munstycken samtidigt utan att duschkvaliteten förändras. En prisindikation på utrustningen beskriven ovan är 2 000–4 000 SEK per meter ramp.



Bild 9. Individuell styrning av två munstycken. Foto: Christer Johansson



Bild 10. Munstyckshållare med möjlighet till radsprutning. Foto: Christer Johansson

En teknik som funnits i många år i USA är munstycken med PWM (Pulse Width Modulation) styrning (48). Ungefär 30 % av sprutorna som säljs i USA är utrustade med PWM-teknik. Pulsmodulering är ett system där flödet från varje munstycke styrs av en pulserande solenoid. Den kan arbeta med olika specifika frekvenser. Om frekvensen är 10 Hz pulserar den 10 gånger i sekunden. Pulsens arbetscykel (öppningstid) kan styras och kan exempelvis variera från 30 % till 100 %. Det innebär att det går att variera vätskeflödet med ett konstant tryck.

Dosen kan då varieras med bibehållen duschkvalitet och det finns då möjligheter att köra med variabel tilldelning på ett fält. Alternativt kan duschkvaliteten ändras med bibehållen vätskemängd vilket kan tillämpas om det finns behov av avdriftsreducering. Det finns också möjlighet att ändra arbetscykels längd på varje enskilt munstycke för att få samma vätskemängd från den inre respektive yttre rampsektion vid en kurva. De första sprutorna utrustade med PWM-teknik kommer att gå i Sverige under säsongen 2021. Prisindikationen är 5 000–6 000 SEK/m ramp.

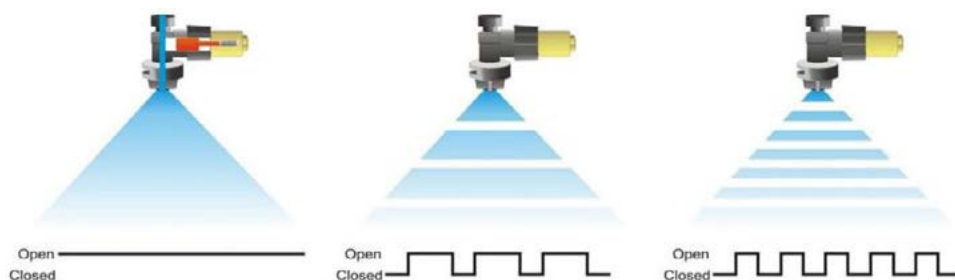


Bild 11. Flödet styrs av en solenoid som öppnar och stänger upp till 30 gånger i sekunden. Bild: www.cropsprayers.com



Bild 12. Sprutramp med PWM-teknik. Foto: Christer Johansson

Tekniska lösningar för ”online-detektion” av grönt material direkt på sprutan under pågående bekämpning på till exempel en stubbåker finns. Detta används dock än så länge inte ute i praktisk odling i landet. Några exempel är Weed-IT, WeedSeeker från Trimble, Amaspot från Amazone.



Bild 13. Teknik för punktbekämpning, Amaspot. Foto: www.amazone.de

Det har under många år arbetats med bildanalys för att detektera ogräs i en gröda. Antalet ogräs styr sedan doseringen av herbicider. En lösning som finns på marknaden är norska DAT (49) och en prisindikation för den här tekniken är 12 000 SEK per meter ramp.



Bild 14. DAT-sensor för bildanalys monterad på en bomspruta. Foto: www.dimensionagri.no

4.3 Möjlighet att uppgradera befintlig utrustning

Äldre sprutor i bra kondition kan normalt uppgraderas tekniskt med olika komponenter för att ge en bättre precision.

Några exempel med kompletterande utrustning/komponenter som kan ge en bättre precision i växtskyddsarbetet. Prisexempel exklusive montering på 12–24 meters bomsprutor:

1. Elstyrning: Till- och frånslag av sprutvätska till ramp och ramsektioner samt tryckreglering sker via elektrisk manövrering vilket minskar risken för dubbelsprutning samt ger bättre styrning av vätskemängd och duschkvalitet. Prisindikation 10 000–15 000 SEK.
2. Sprutdator: Styrande styrutrustning som mäter hastighet och flöde. En förinställd hektargiva hålls relativt konstant, även när körhastigheten ändras. Kompensationen för en hastighetsändring sker genom automatisk reglering av trycket. Denna utrustning ger bättre styrning av vätskemängden och därmed dosen per hektar jämfört med om sprutan saknar sprutdator. Prisindikation 20 000–25 000 SEK.
3. Möjlighet till GNSS-styrning av sprutan i kombination med 1 och 2: Utrustningen kan känna av var den tidigare passerat och starta respektive stänga av hela eller delar av bommen (ner till individuella spridare) för att undvika dubbelsprutning och mistor. Det finns även möjligheten att variera dosen via en styrfil. Prisindikation 30 000–50 000 SEK (förutsätter att traktorn är utrustad med GNSS-utrustning).
4. Ramhöjdsautomatik: Styr höjden över mark/gröda automatiskt med hjälp av ultraljudssensor. Ger mindre bomrörelser och därmed bättre spridningsjämnhet. Prisindikation 25 000–40 000 SEK.

5. Släpduk: En lösning för att kunna köra lägre vätskemängder är att komplettera sprutans ramp med en släpande duk där munstyckena är lågt placerade. Den låga placeringen innebär att munstyckena som ger fin duschkvalitet kan monteras. Utrustningen fungerar också som grödöppnare.



Bild 15. Bogserad bomspruta försedd med släpduk. Foto: www.wingsprayer.com

5 Teknik för sprutor inom trädgård-, frukt- och bärödling

5.1 Sprutbeståndet i landet

Inom traditionell odling av grönsaker och bär på friland används till övervägande del bomsprutor med samma teknik som för till exempel spannmål. Ett fåtal är kompletterade med specialutrustning som skyddshuvar. Det finns även större företag som skaffat så kallade ”drop-legs” för att få bättre täckning vid behandlingar i till exempel odlingar av kål.



Bild 16. En sprutbom med så kallade Droplegs. Bild: www.amazone.de

Inom fruktodling krävs däremot speciella fläktsprutor för behandling inne i raderna och högt upp i grenverket. Det finns ingen samlad information om antalet fläktsprutor i landet. I början av 2000-talet uppskattades antalet fläktsprutor inom fruktodling till cirka 250. Det finns för tillfället 284 registrerade företag i Sverige som odlar äpplen samt 87 stycken med päron. Troligen är flertalet av företagen som odlar päron även registrerade för äppelodling. Storleksrationaliseringen har gått fort på senare år inom fruktodlingen och det är därför rimligt att anta att antalet sprutor snarare minskat än ökat.

Det som främst ökat under de senaste decennierna är hallonodlingen och idag finns 137 företag registrerade. Många hallonodlingar använder också fläktsprutor men ofta mindre modeller än de som används till frukt.

Rådgivare och personer i branschen har uppfattningen att ett stort antal äldre sprutor från 60–70-talet fortfarande är i bruk. Den dominerande typen av fläktspruta på den tiden var av märket Schumann, utrustade med enklare fläktar och små möjligheter att styra luftströmmen. Många av dessa används fortfarande även om en del har modifierats och förbättrats under åren.

En modern fläktspruta har individuell avstängning av munstyckena för reglering efter trädens höjd och möjlighet finns att styra luftströmmen. De är ofta utrustade

med GNSS-teknik som hjälper till att kontrollera vilka ytor som behandlats i odlingen och därmed undvika dubbelbehandling av enskilda rader.

Fläktsprutor lyder under samma regelverk som bomsprutor och ska sedan november 2016 funktionstestas vart tredje år.

5.1.1 Frukt

Inom segmentet för fläktsprutor finns 5–10 olika fabrikat som finns representerade i Sverige. Troligen säljs bara en handfull nya sprutor på den svenska marknaden årligen.



Det finns mycket ny och avancerad teknik att köpa till dessa typer av kulturer. Den huvudsakliga utvecklingen och tillverkningen sker i Tyskland och Italien. Utvecklingen drivs i första hand av att uppfylla de krav på avdriftsreducering som krävs för att få använda enskilda produkter. För att hitta och att få tillgång till ny teknik krävs ofta att odlarna har egna kontakter eller letar själva. Återförsäljning sker ofta av mindre företag eller större odlare som driver detta parallellt med egen odling.

Inom segmentet fläktsprutor finns det två tekniker som har potential att både förbättra effekten och minska åtgången av växtskyddsmedel. Dessa är sensortechnik för att styra sprutduschen samt recirkulation av överbliven sprutvätska.

Sensortekniken bygger på att enskilda munstycken slås av och på allt eftersom beståndet av träd i raden varierar. Detta görs oftast genom att 4–5 sensorer placeras vertikalt på den spridarutrustning som följer trädraden. Sensorerna känner av höjden på träden eller om det fattas träd i raden och reglerar flödet därefter. Detta är en enkel och relativt billig metod för att säkerställa att växtskyddsmedlet hamnar på rätt ställe. Möjligheten att styra enskilda munstycken finns redan idag på nyare fläktsprutor men detta görs då manuellt.

Recirkulation av sprutvätskan fungerar genom att sprutan består av två enskilda skyddshuvar som arbetar på var sin sida om raden av träd eller buskar. Sprutvätska som tränger genom bladverket fångas upp i den motstående skyddshuven och kan recirkuleras till spruttanken.

Problemet med båda dessa tekniker är att bedöma mängden sprutvätska som kommer att gå åt och vart de rester som vanligtvis finns kvar efter behandlingen ska göras av.

På liknande sätt som sker med tilldelningsfiler för bekämpning i lantbruksgrödor pågår det idag utvecklingsarbete med att styra bekämpningen även i fruktodlingen utifrån till exempel beståndstäthet eller blomningsgrad. Företaget Hol Spraying Systems (50) har ett koncept där odlingen först skannas med en drönare och sedan skapar tilldelningsfiler för hur sprutvätskan ska appliceras i odlingen.

Det råder inga tvivel om att det finns teknik idag för att avsevärt minska åtgången av växtskyddsmedel i frukt- och bärödligen, men teknikerna är till stor del för kostsamma för den genomsnittliga svenska odlaren ska kunna räkna hem investeringen.

5.1.2 Grönsaker och bärödling

En optimerad appliceringsteknik är av avgörande betydelse vid växtskyddsinsatser inom grönsaksodlingen eftersom kulturernas storlek och form varierar mer än inom de traditionella lantbruksgrödorna. RISE (Research Institutes of Sweden) har gjort ett antal studier för att belysa hur appliceringstekniken påverkar avsättningen på olika delar av plantan (51). Detta arbete har främst inriktats på biologiska bekämpningsmedel men gäller i princip alla växtskyddsprodukter.

Den traditionella bomsprutan är utvecklad för systemiska produkter där avsättningen och jämnheten hos sprutvätska i beståndet har mindre betydelse. Dessa studier visar att luftassistans, teknik där munstycken placeras långt ner i grödan (droplegs) eller skyddshuvar med munstycken placerade för att täcka olika delar av växtligheten, avsevärt kan förbättra täckningen framför allt på undersidan av bladen. Detta har stor betydelse för effekten av många biologiska preparat som inte systemiskt sprids runt i plantan. Trots det arbete som gjorts kan det konstateras att de specialtekniker som finns tillgängliga används mycket begränsat i praktiken. Detta kan säkert bero både på okunskap samt att dessa tekniker har begränsningar när det gäller främst kapaciteten.

Det finns exempel på danska tillverkare av specialutrustning för bandbekämpning i raderna för bärödling. Detta handlar ofta om olika typer av huvar som innesluter sprutduschen och där munstyckena är placerade för att ge god täckning av bestånden.

Tunnelodling är ett system som ökar främst inom bärödligen av till exempel jordgubbar och hallon. Tunnlar tillåter inte traditionella bomsprutor utan kräver specialutrustade system som kan gå inne i tunnlarna under vegetationsperioden. I Tyskland finns exempel på automatiserade system med sprutrobotar men ingen sådan utrustning finns i Sverige.

6 Teknik för icke kemisk bekämpning

6.1 Mekanisk bekämpning

6.1.1 Kamerastyrda hackor

System för styrning med hjälp av kameror (sideshift-teknik) har funnits i minst 20 års tid men förfinas kontinuerligt och är en teknik som börjar bli allmänt utbredd. Försäljning av denna typ av maskiner domineras av några stora maskinföretag som till exempel Gothia redskap, Steeketee, Garford och Thyregod. Flera av försäljarna bekräftar att intresset ökar och att försäljningen av dessa har varit mycket stor under de senaste åren.



Tekniken har tidigare använts främst för radodlade grönsaker eller i ekologiska odlingar. På senare år har intresset ökat även inom den konventionella odlingen av spannmål och oljeväxter. Det som främst utvecklats är att det nu är möjligt att arbeta med mindre radavstånd. Problem finns fortfarande med kamerastyrningen när plantorna är små eller ogräsförekomsten hög och raderna inte tillräckligt tydligt kan urskiljas av systemet. Dessa maskiner har i stort sett alltid möjlighet till manuell styrning med en extra person som sitter bak på maskinen. Detta utnyttjas ofta i grönsaker vid de första överfarterna. Andra problem är att olika jordarter eller stenförekomst kan orsaka varierade resultat.

Denna typ av hackor kan även förses med pendlande skär som arbetar mellan enskilda plantor i raden. Det finns cirka 15 stycken Garford robocrop-inrow weeder i Sverige som har den här möjligheten. Nyförsäljningen är 1–2 maskiner per år. Maskinerna går främst inom ekologiska grönsaksodlingar men även i konventionella odlingar. Tekniken fungerar i alla planterade grödor med minst 15 centimeter mellan plantorna och minst 22 centimeter mellan raderna.



Bild 17. Mekanisk ogräsbekämpning mellan raderna men även i raden mellan grödan.
Foto: www.garford.com

Garford-hackan har vidareutvecklats under senare år och kan nu arbeta med en noggrannhet på 8 millimeter runt varje enskild planta (52). Kapaciteten begränsas dock kraftigt när noggrannheten ska ökas. Nyare maskiner har elektrisk drivning istället för hydraulik vilket har ökat kapaciteten. Priset är cirka 250 000 SEK per enhet och rad.

6.1.2 Redskapsbärare

Den grundläggande tekniken för mekanisk ogräsbekämpning har under lång tid inte förändrats utan bygger i huvudsak på olika former av pinnar, gåsfotsskär, skrappinnar, fingerhjul och så vidare. För att förfinna denna teknik och göra det lättare för föraren har några större grönsaksodlare börjat prova nya typer av redskapsbärare. Fördelen med dessa är att arbetsorganen arbetar under själva maskinen och övervakningen och styrningen blir då mer exakt. När föraren sitter och har redskapet direkt framför sig blir det både enklare att styra och finjustera arbetet under gång. Mycket handlar om att komma så nära raderna som möjligt.

Det finns ett antal företag som utvecklar och säljer redskapsbärare bland annat Baertschi (Fobro-Mobil) och Semenco. Dessa redskapsbärare kan utrustas med borstar för mekanisk ogräsbekämpning eller sprutramper med hovar. Denna typ av maskiner kan underlätta den mekaniska ogräsbekämpningen i flertalet radodlade grödor och minska behovet av manuell hackning.



Bild 18. Fobro-Mobil är en manuellt styrd redskapsbärare som används i bäddodlingar av grönsaker. Foto: www.Baertschi.com

6.1.3 Autonom redskapsbärare – exempel Robotti

Det danska företaget Agrobot har utvecklat en kombinerad robot och redskapsbärare som heter Robotti. Maskinen finns i två versioner. Robotti 75S har en 75 hk (hästkrafters) dieselmotor och en trepunktslyft där traditionella redskap kan kopplas på. Maskinen är byggd för enklare fältarbeten som sådd, hackning och

bekämpning. Robotti 150S har två 75 hk dieselmotorer och förutom trepunktslyft är den utrustad med kraftuttag och yttre hydraulik. Denna maskin klarar även tyngre fältarbeten som bland annat grässlåtter, harvning, jordfräsning. Bägge har anpassats till EU:s maskindirektiv och är CE-märkta.

När maskinen ska arbeta på ett fält skapas ett "virtuellt staket" genom att lantbrukaren skapar en "shape"-fil som markerar fältets yttre gränser. Roboten kan inte röra sig utanför staketet. Robotti är utöver detta utrustad med LIDAR-sensorer som gör att den observerar och anpassar sig till oförutsedda hinder till exempel människor och djur. Utöver detta finns en kamera som "live-streamar" till en kundbaserad hemsida. Lantbrukaren kan på så sätt hela tiden se vad som händer runt maskinen.

Systemet för GNSS/RTK-kommunikationen är placerat i mitten av maskinen för exakt positionering. Redskapsbäraren har en arbetsbredd på 3 meter och kapacitet som en mindre traktor och kan utföra inprogrammerade fältarbetena på egen hand.

Det finns ett 15-tal redskapsbärare ute på marknaden idag och ytterligare cirka 20 stycken är beställda enligt tillverkaren. Kostnaden är 1,4–1,9 miljoner SEK beroende på utrustning på redskapsbäraren.



Bild 19. Robotti från Agointelli är en dieseldriven redskapsbärare med hydrostatisk drift. Foto: www.agointelli.com

Testbädd för odling av sockerbeter med redskapsbäraren Robotti

Nordic Beet Research (NBR) har fått externt stöd för att starta ett projekt med en försöksbädd i Holeby (Danmark) under 2021 där betodlingen helt ska skötas med ett robotsystem från Agointelli. Testbädden kommer att bli 2–3 hektar och redskapsbäraren arbetar med 6 rader (3 meter). Detta är ett 4-årigt forsk-

ningsprojekt och är ett samarbete där bland annat NBR, SEGES (dansk branschorganisation för kunskapsuppbyggnad och utveckling av danskt lantbruk) och Århus universitet ingår.

6.1.4 Autonoma ogräsbekämpningsrobotar

Autonoma robotar som arbetar med mekaniskt eller kemisk bekämpning i fält är ett område där det för tillfället läggs mycket resurser på utveckling. Systemen har ännu inte nått marknaden i någon större utsträckning utan utvecklingen sker mer på utvecklingsstadiet ibland i samarbete med lantbrukare. Det finns ett antal utvecklingsprojekt i Sverige, Norge och Danmark. Här nedan beskrivs några av dem.

6.1.4.1 EKOBOT – en ogräsrobot under utveckling i Sverige

Företaget EKOBOT startades 2014 av Ulf Nordbeck som vill utveckla och sälja produkter till lantbruksmarknaden. Projektet började med att utveckla system för att hantera ogräs i lökodling. Med hjälp av kameravisionsteknik och artificiell intelligens (AI) identifierar EKOBOT ogräs och skär av den oönskade växten i marknivå. Driften bygger idag på batteriteknik som laddas i en laddstation. Det kan i framtiden bli aktuellt med att förse laddstationen med ström genom solceller, bränsleceller eller el genererad av solcellsgenererade vätagaslager eller annat liknande system.

Varje robot är konstruerad för att klara 10 hektar odling per dygn. Konstruktionen kan kompletteras med flera valbara sensorer och kameror. Roboten använder idag optiska kameror men kommer i framtiden även använda multispektrala kameror. Nyckelfunktionen med tekniken är att skapa en bra algoritm och med hjälp av AI lära maskinen att se skillnaden mellan ogräs och gröda.

Initialt kommer maskinen att arbeta i lök, men på sikt kan den även användas i andra grödor som morötter och sallad genom att byta de ogräsbekämpande verktygen på maskinen.

Lansering till några valda kunder är tänkt under säsongen 2021. Troligen kommer maskinen att kunna hyras via ett leasingavtal (15 000–50 000 SEK/hektar/år).

6.1.4.2 Franska ogräsrobotar från Naio i Sverige

I Sverige marknadsförs två redskapsbärare/robotar från franska företaget Naio. Ännu har ingen maskin sålts i Sverige. Utvecklingsföretaget Naio har idag 80 anställda och 60 maskiner ute på marknaden. Företaget finansieras till viss del av franska staten.

Naio Oz

Naio Oz är en mindre maskin (40 x 60 x 100 centimeter) som går i en rad och bekämpar ogräs med mekaniska redskap som tex gåsfötter och långfingerharvar. Maskinen drivs med batterier och kan arbeta upp till 5–10 timmar per laddning. Enheten placeras på rätt plats i fältet via ”remote control”. Med hjälp av en smartphone läggs linjer i fältet som maskinen sedan följer med GNSS-teknik. Efter utfört arbete skickar maskinen ett textmeddelande att arbetet är klart. Maskinen kan användas i många radodlade kulturer men används främst i tunnelodling. Systemet kostar 200 000–300 000 SEK, men kan även hyras årsvis. Denna maskin skulle kunna arbeta med att rensa ogräs i stadsmiljö under andra tider på året när det inte finns användning för den i trädgårdsodlingar.

Naio Dino

Naio Dino är en stor självgående redskapsbärare (250 x 130 centimeter) som sedan 2017 har sålts i ett 20-tal exemplar i Europa. Den är gjord för att arbeta i bäddar i större grönsakskulturer. Maskinen drivs av litiumbatterier och kan arbeta i upp till 8 timmar per laddning. Roboten styrs med både GNSS/RTK och kameror. Den kan utrustas med olika verktyg för mekanisk ogräsbekämpning.



Bild 20. Naio Dino är en autonom redskapsbärare för rad-/bäddodling som kan utrustad med flera olika arbetsorgan. Foto: www.naio-technologies.com

Utveckling sker nu för att få en teknik som hackar mellan enskilda plantor i raden. Maskinen kan arbeta i hastigheter upp till 4 km/tim eller maximalt 5 hektar per dag. Kostnaden för en Naio Dino är cirka 1 miljon SEK. Återförsäljaren tror att denna typ av maskin skulle kunna vara intressant i en gröda som sockerbetor. Att använda den i grönsakskulturer med mycket höga ekonomiska värden skulle kunna vara möjligt men riskabelt och det skulle förmodligen kräva kontinuerlig övervakning i dagsläget. Tillverkaren marknadsför till vinodlingar även en modell som kombinerar mekanisk och kemisk ogräsbekämpning vilket skulle kunna utvecklas även till att fungera i andra kulturer.

6.1.4.3 Farmdroid – ogräsrobot i svensk odling av ekosockerbetor

Farmdroid FD 20 är en dänsttillverkad ogräsrobot för sådd och mekanisk ogräsbekämpning i radodlade grödor. Maskinen har funnits ute i praktisk

odling sedan 2018 och under senaste säsongen behandlades cirka 1 000 hektar i Europa med detta robotsystem.

Inför säsongen 2020 investerade fyra ekologiska sockerbetsodlare i Skåne i roboten och använde den i praktisk odling. Till odlingsåret 2021 inköptes ytterligare två maskiner. Roboten drivs av solceller (laddning 1 kW) och har 4 bilbatterier som reservkraft. Detta gör att maskinen kan arbeta hela dagen även under molniga förhållanden, men står stilla under natten. Den kombinerade roboten och redskapsbäraren kan utrustas för sådd, ogräsharvning och radhackning både mellan rader och runt enskilda plantor. Maskinen har ett bearbetningsredskap som skjuts in mellan varje enskild planta i raden.

Redskapsbäraren styrs med GNSS/RTK teknik, vilket förutsätter att det finns en basstation inom cirka 1 mils radie för att tillräcklig noggrannhet ska uppnås. Vid sådd positionerar maskinen varje enskilt frö, vilket gör att den senare kan komma tillbaka och hacka mellan varje enskild planta. Maskinen sår sockerbeter med 6 rader (3 meter). Maskinen är utvecklad för sockerbetsodling, men skulle kunna fungera även i andra radodlade grödor.

Erfarenheten från första året i Skåne är att varje maskin kan hantera 15–20 hektar odling utifrån förutsättningarna. Körhastigheten vid sådd och hackning var cirka 650 löpmeter/timme medan ogräsharvning kunde göras med cirka 800 löpmeter/timme.

HIR Skåne har på uppdrag av Nordic Sugar gjort en uppföljning av odlingen under 2020. Under säsongen odlades 180 hektar ekologiska sockerbeter, fördelade på 20 odlare runt om i Skåne. I genomsnitt kostade ogräsbekämpningen cirka 27 000 SEK per hektar. Den absolut största delen av detta lades på handhackning, cirka 24 000 SEK, vilket motsvarar ungefär 120 timmar per hektar. Den genomsnittliga timkostnaden var 200 SEK per timme. Övriga åtgärder som användes i odlingen var flamning, blindharvning och radhackning. De fyra odlare som investerade i robot hade olika förutsättningar och odlingarna var mellan 11 och 19 hektar stora.

En av odlarna hade odling både med och utan robot där det kan göras en direkt jämförelse. Hos denna odlare kunde handhackningen minskas från ungefär 200 timmar per hektar till 60 timmar per hektar där roboten användes. Det ska beaktas att det skifte där roboten arbetade hade lågt ogrästryck från början och denna jämförelse är kanske inte relevant överallt.

För att göra en ekonomisk jämförelse mellan odling med och utan robot måste det göras ett antal antaganden.

Vi har i detta sammanhang antagit att 15 hektar är en rimlig areal för en robot att hantera. Vid odlingar upp mot 20 hektar har det visat sig att roboten har haft problem med att hinna med i samma takt som ogräsen växer. I årets odlingar har roboten efter sådd blindharvat odlingarna en gång och radhackat arealen 2–3 gånger under säsongen.

Investeringen för en Farmdroid är ungefär 600 000 SEK. Vi har antagit att investeringen skrivs av på 8 år med en realränta på 2 %. Ingen har en riktig uppfattning om underhållskostnaden men bland annat hackorganen slits och kommer regelbundet behöva bytas. Underhållskostnaden är uppskattad till 200 000 SEK under de första 8 åren.

Det som har störst betydelse är hur mycket av ogräset som roboten inte klarar av att ta bort. En yta på några centimeter runt plantorna blir orörd och måste handhackas. Vi antar i kalkylen att handhackningen kan halveras med denna teknik från 120 till 60 timmar per hektar och år.

Med dessa förutsättningar skulle investeringen bli lönsam. Det återstår dock mycket arbete med vidareutveckling av tekniken. Hållbarheten hos maskinerna är också ett frågetecken. Inför nästa år kommer aggregatet för sådd att förbättras samt batterikapaciteten utökas för att roboten ska kunna arbeta fler timmar på dygnet även vid sämre ljusförhållanden. Farmdroid utvecklar för tillfället ett övervakningssystem som ska underlätta för lantbrukaren att hålla koll på robotens arbete och få en varning om något inte fungerar.

I rapporten Ekologiska sockerbeter (53) anges att upp mot 100 timmars arbete med handrensning av rimligt att anta i många ekologiska sockerbetsfält. Om tidigare åtgärder misslyckats eller handrensningen sätts in för sent kan det lätt bli betydligt fler timmar.

Tabell 5. Beräkning av sådd- och ogräskostnader per hektar vid 15 ha odling av ekosockerbeter.

	Kostnader per hektar i SEK		
	Utan robot	Med robot	
Sådd	600		Förutsättningar för kalkylen: – Kalkylen för utan robot grundar sig på uppgifter från utvärderingen av ekosockerbeter. – Genomsnittliga kostnader för blindharvning, flamning, ogräsharvning, radhackning och handhackning för odlare utan robot.
Ogräsharvning, flamning	1 000		
Radhackning, 3–4 ggr	1 500		
<i>Robot:</i>			
Investering		5 000	– Investering robot: 600 kSEK, 8 år och 15 ha betor. – Underhåll 200 kSEK under innehavsperioden för roboten. – Antagande: handhackning kan halveras vid användning av robot från 120 till 60 tim per år.
Ränta		480	
Underhåll		1 700	
Handhackning	24 000	12 000	
Summa	27 100 SEK	19 180 SEK	



Bild 21. Roboten Farmdroid hackar ogräs i ekologiska sockerbeter utanför Malmö i maj 2020. Foto: Frans Johnson, Jordbruksverket.

6.2 Andra typer av bekämpning

6.2.1 Asterix – en bekämpningsrobot från Norge

Företaget Adigo AS arbetar med precisionsbekämpning av enskilda ogräs i grönsakskulturer och har patenterat ett munstycke som kan skicka en sprutdusch mot enskilda ogräs. Roboten Asterix vandrar i bäddarna och via bildanalys hittar den enskilda ogräs som den bekämpar kemiskt (54).

Under 2021 kommer Asterix att gå in i ett större utvecklingsprojekt (Kilter). Det har sålts två Kilter AX-1 till norska grönsaksodlare, som kommer att börja använda dem under 2021. Intresset har egentligen varit större men med företaget bromsar för att hinna följa upp de redan sålda maskinerna. Kilter AX-1 är utvecklad för rotgrönsaker och baby leaf. Maskinen utnyttjar GNSS/RTK för att gå i hjulspåren över bädden. Kamerautrustningen filmar grödan/ogräset och analyserar data. Bekämpningsmodulerna sitter med 25 centimeters mellanrum på rampen. Det egenutvecklade systemet skickar en ”sprutstråle” som träffar ogräsplantan, men undviker grödan. Detta kan reducera bekämpningsmedelsåtgången med upp till 95 % enligt företaget. Tanken är att systemet ska utvecklas kontinuerligt tillsammans med lantbrukare.

Företaget uppger själva att en stor utmaning i samband med utvecklingen av roboten är det regelverk som finns för användning av kemiska bekämpningsmedel. Erfarenheterna visar att ogrästäckningen, och därigenom den yta som bekämpas kemiskt, i regel är 5–25 % av markytan. Därför behandlas ofta en betydligt mindre del av fältytan med denna teknik jämfört med konventionell bredsprutning. Nuvarande regelverk är däremot utformat för bredsprutning och för enskilda produkter kan exempelvis finnas krav på vissa typer av munstycken för minskad avdrift. Regelverket är svårt att applicera på system med kemisk punktbekämpning. Just nu förs diskussioner med Mattilsynet i Norge hur detta kan lösas eftersom nuvarande användning genomförs inom regelverket för undantag för försöksverksamhet.



Bild 22. Asterix är en bekämpningsrobot som via bildanalys identifierar enskilda ogräs i grönsaksbäddar och bekämpar dem kemiskt. Foto: www.asterixproject.tech

6.2.2 Autonom robot med UV-strålning mot mjöldagg

Det är sedan länge känt att UV-ljus kan användas för att bekämpa bland annat mjöldagg. Det ultraviolette ljuset bryter ner DNA-strängarna i svampen och avdödar på så sätt svampen. Behandlingen är effektivast om den utförs nattetid eftersom den blåa delen i dagsljuset kan hjälpa svampen att reparera skadorna. Försök i USA i kommersiella jordgubbsodlingar och i tunnelodlingar i Norge har visat att UV-behandling fungerar lika bra som fungicider men behöver upprepas 2–3 gånger varje vecka (110 J/m²). UV-strålningen har också visat sig ha god effekt mot både ägg och vuxna individer av spinnkvalster som ofta finns i odlingarna. Behandlingen fungerar även mot mjöldagg i andra kulturer som till exempel vindruvor, gurka och tomater.

I Norge finns ett utvecklingsprojekt som har arbetat med en autonom redskapsbärare Thorvald som har utrustats med ett aggregat för UV-behandling av jordgubbar, både i tunnlar och på friland (55). På företaget Myhrene söder om Oslo, som är en av Norges största jordgubbsodlare, används sedan några år tillbaka denna utrustning i den kommersiella odlingen. Roboten går över raderna med en hastighet av 2,5 kilometer per timme och klarar därmed att behandla en yta på cirka 4 hektar per dygn.



Bild 23. UV-behandling mot mjöldagg i jordgubbar fungerar både i tunnlar och i frilandsodlingar men måste ske nattetid för att ge bra effekt. Foto: www.sagarobotics.com

6.2.3 Laser för att bränna bort ogräs

Metoder för att bränna bort ogräs med laser är något som forskats på i flera länder och har även lanserats på marknaden i USA (56). I Danmark genomfördes redan 2005 ett flertal försök med laserteknik. Försöken visade att laserexponering av ogräsarter kan användas som en metod för fysisk ogräsbekämpning. Effektiviteten hos laserbekämpningen är relaterad till våglängd, exponeringstid, punktstorlek och laserkraft. Effektiviteten varierar också mellan ogräsarter. Tekniken vidareutvecklas på Lasercentrum i Hannover (57) och inom EU-projektet WeLASER (58). Kamera används för att skilja ogräs från grödor. Laserstrålen

koncentreras till ogräsets tillväxtpunkt. Försök har genomförts i frilandsgrödor. Inledande försök har även gjorts på ogräs som ofta utvecklar herbicidresistens såsom åkerven och renkavle.



Bild 24. Laserstrålen bränner bort tillväxtcentrum. Foto: www.lzh.de

6.2.4 Elektrisk ogräsbekämpning

I en del utvecklingsprojekt har växtskyddsmedel ersatts med en typ av elchock, med eller utan tillsatt elektrolyt, som bränner ihjäl ogräsplantan (59, 60). En teknik som bland annat ses som ett sätt att hantera herbicidtoleranta ogräs.

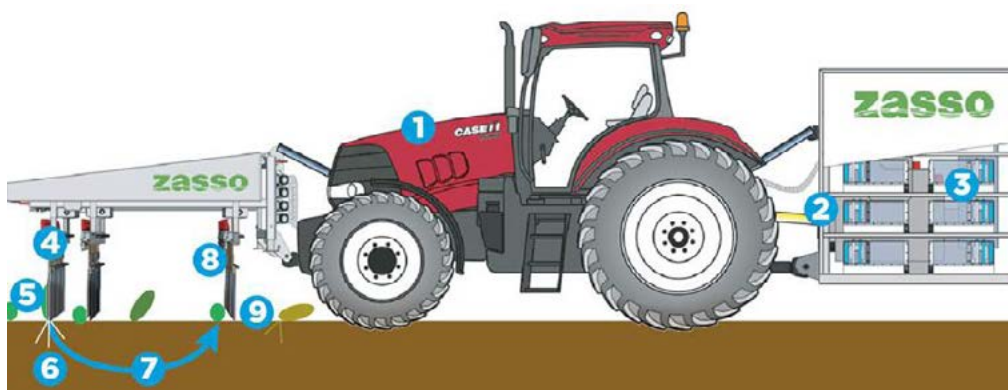


Bild 25. Elektrisk ogräsbekämpning. Traktorns motor (1) driver en generator (2). Transformatorer (3) skapar högspänning som överförs till två rader med elektroder (4). När en växt (5) kommer i kontakt med en elektrod uppstår en elchock genom hela plantan ner i rötterna (6) och jorden (7). Utrustningen har en rad med negativt laddade elektroder (8) som sluter den elektriska kretsen (9). Bild: CNH Industrial/Zasso

6.2.5 Hetvatten

Vatten med temperatur på ≤ 98 grader kan vara ett effektivt sätt att bekämpa ogräs. I försök har man sett effekter på över 80 %. Nackdelen med metoden är dock hög energiförbrukning och låg kapacitet (61).

7 Möjligheter till minskning av bekämpningsmedelsanvändning

7.1 Detektion av insekter och svampar i fält

Möjligheten att detektera insekter och svampar med hjälp av kamerautrustning eller sensorer skulle öppna väg för en noggrannare övervakning av förekomsten av växtskadegörare i fält men även en mer precisionsanpassad bekämpning. Det pågår ett antal utvecklingsprojekt inom detta område, men det är inget som ännu är kommersiellt i Sverige.



Företaget FaunaPhotonics startade 2014 i Danmark, men har även anknytning till Lunds universitet. FaunaPhotonics utvecklar sensorer med ultraviolett ljus som kan detektera antalet och arter av insekter i luften. Sensorerna utvecklades först för att kunna räkna på förekomsten av malariamyggor i Tanzania. De har sedan utvecklats vidare för igenkänning av fler insektsarter.

Det finns idag en stationär sensor som testas i en höstrapsodling. Identifiering av rapsbaggar och rapsjordloppa är möjlig. Samtidigt har företaget startat ett treårigt projekt tillsammans med Århus Universitet för att utveckla och testa en mobil sensor som med hjälp av en traktor eller ATV (All Terrain Vehicle) kan köras över fälten. Målet med detta projekt är att erbjuda lantbrukarna en möjlighet att kunna skanna sina fält genom att montera sensorerna på sprutbommen och få en karta över de delar av fälten som har stora respektive små populationer av insekter. Den första grödan som systemet testas i är höstraps. Det finns även en stor potential inom fröodling av vitklöver där klöverspetsvivel är ett stort problem. Detta ger inte bara möjlighet att studera förekomsten av skadegörare i fält utan även pollinatörer som bin och humlor.

Ett annat användningsområde skulle kunna vara i växthus eller tunnelodling för övervakning av skadegörare.



Bild 26. Försök med punktbekämpning av insekter med hjälp av sensorförsedd sektionstyrd bomspruta. Foto: www.FaunaPhotonics.com.

7.2 Test av kameraövervakade klisterfällor

Företaget ADAMA har utfört tester med kameraövervakade klisterfällor i höstraps och höstvetete under 2019–2020. Tekniken skulle på sikt kunna vara ett hjälpmedel till manuell avläsning och se när det börjar komma många insekter till fälten. Kameror från Metos har använts och dessa skickar bilder ett antal gånger per dag. Bildinformationen ska sedan tolkas via bildanalys och insektsarter och antal bestämmas. Det krävs dock fortfarande mer utveckling för att med större säkerhet kunna räkna och identifiera till exempel rapsbaggar eller vetemyggor från dessa foton. Metos kommer från det österrikiska företaget Pessl Instrument som säljer väderstationer och mätutrustning och utvecklar prognosmodeller för en mängd frukt- och grönsakskulturer i Europa.

7.3 Sensorstyrd gradering av bland annat bladmögel i potatis, EnBlightMe

Flera studier vid SLU har genomförts för att kunna gradera bladmögel med hjälp av kameraskanning via en drönare. RGB (synliga spektrat) och multispektral sensorteknik har använts i spannmål och potatis för att undersöka om det är möjligt att hitta tidiga svampangrepp.

Undersökningarna visar att skillnader mellan friska och infekterade blad med stor säkerhet kan särskiljas. Detta har dock hittills inte kunnat utföras utan att det resulterat i ett antal felaktiga graderingar. Faktorer som solljus mot bladen, jorden under plantan och en rad andra faktorer påverkar resultatsäkerheten i skanningen.

Det krävs mycket arbete i framtiden med att förbättra algoritmer och mjukvaran i systemen för att få detta att fungera i praktiken. Resultaten måste också stämmas av mot manuella graderingar i fält.

Det arbetas nu med att utveckla ”deep learning” för att kunna tolka de fotografier som finns och översätta det till angreppsgrad i fält.

Visionen är att när detta förfinats kunna skapa ett övervakningssystem på fältnivå. Nya kamerabärare och sensortekniker behöver utvecklas för att kunna få en tredimensionell bild av bladverket och på så sätt få en bild av angreppen nere i beståndet. En annan utmaning är att ett system av den här typen genererar mycket stora datamängder som inte kan laddas upp och hanteras löpande i nuvarande mobilnät. Preliminära resultat pekar på att det verkar vara lättare att upptäcka bladmögel i potatis än bladsvampsjukdomar i stråsäd med hjälp av denna teknik.

7.4 Resurseffektiv bekämpning genom samtidig bekämpning av svamp och ogräs

Sprutor med flera ramp-rör för att kunna sprida olika preparat samtidigt har funnits på marknaden länge. I en dansk test på SEGES har lösningen använts på ett nytt sätt. Det har testats att köra två preparat samtidigt där det ena preparatet kördes med variabel dos och det andra preparatet kördes med on/off-teknik. Ett exempel är att det utförts en VRA-baserad (Variable Rate Application) svampbehandling samtidigt som det körs punktbekämpning av tistel med en herbicid. Konceptet fungerade bra och gav avsedd ogräseffekt samtidigt som det var mer resurssnålt än gängse dubbla körningar.



Bild 27. Försök med två preparat. VRA + punktbekämpning samtidigt. Foto: www.seges.dk

7.5 Hjälpmiddel för att minska behovet av herbicider

7.5.1 Olika system för ogräsbekämpning i stubb – Weedseeker

Ett intressant försök genomfördes av Teknologiskt Institut i Danmark 2018 (62). Där jämfördes olika sensorer och tekniker vid punktbekämpning av ogräs i stubb på hösten. Manuell on/off-styrning av bom-sektionerna jämfördes med den kameranestyrda bom-sektionsstyrningen hos Weedseeker-systemet. Med manuell on/off sprutades 55 % av arealen och 84 % av ogräsen blev träffade. Minskning av preparatet var 43 % i förhållande till konventionell bredspritning. Med styrning via Weedseeker sprutades 24 % av arealen och 98 % av ogräsen blev träffade. Minskning av preparatet var 76 % i förhållande till bredspritning.

I försök som genomförts i Norge av NiBIO (Norsk Institutt for Bioekonomi) med Weedseeker har en reduktion av herbicidanvändningen i stubbsprutning med 80 % och i sprutning i vårkorn 60 % uppnåtts jämfört med traditionell bredspritning (63).



Bild 28. Kameran sensor med bildanalys som sektionvis styr en bomspruta för ogräsbekämpning. Foto: www.ag.trimble.com

Förutom det amerikanska företaget Trimble som har utvecklat Weedseeker finns det flera andra företag som arbetar med bildanalys för identifiering av ogräsplanter. NIBIO har genomfört försök med den norska DAT-sensorn under flera år. Algoritmerna har förbättrats och idag menar företaget att det går att reducera herbiciddosen upp till 70 %.

7.5.2 Bildanalys och AI för att välja preparat – Bosch och BASF

Bosch ska tillsammans med BASF utveckla ett nytt system för precisionsbekämpning. Genom en avancerad bildanalys ska systemet känna igen ogräsgrupper och även styra vilket preparat som ska användas. Genomförda försök visar att det är möjligt att reducera herbicidanvändningen upp till 70 %. Ett antal sprutor med denna utrustning kommer att köras 2021 inom EU (64).



Bild 29. Ett samarbetskoncept (Bosch och BASF) för avancerat spruteteknik. Bild: www.bosch.com.

7.5.3 Platsspecifik ogräsbekämpning

I EIP-projektet Platsspecifik ogräsbekämpning med Agroväst som projektägare arbetas med att skapa en systemlösning – från datainsamling till åtgärd – som bygger på användning av obemannade flygfarkoster, UAV (drönare) för data-

insamling. En app har utvecklats som styr en drönare på låg höjd över ett fält som tar ett valbart antal bilder per hektar. En AI-baserad bildanalys producerar ett kartunderlag med ogräsförekomst av örtogräs. Kartläggningen av ogräs kombineras med geografiska data och styrfiler för automatiserad anpassning av lokal sprutdos. Fördelen med innovationsidén, jämfört med att bedöma herbicidbehovet i samband med bekämpning, är att den kan ge information om delar av fält som inte behöver bekämpas alls och att ingen realtidsdata behöver skickas. Projektet använder dosnyckeln (65) som underlag för dosanpassning (p6, p24).

7.5.4 RoboWeedMaPS – hjälpmedel för att bedöma behovet av ogräsbekämpning

Från och med hösten 2020 är det möjligt för danska lantbrukare att beställa en tjänst (Robo WeedMaPs) för att få sina fält skannade för förekomst av ogräs. Det danska Företaget Patriotisk Selskab erbjuder tjänsten att komma ut och skanna fälten med en ATV utrustad med 2 kameror. ATV-motorcykeln kör över fältet med ett intervall på 10 meter och tar cirka 400 bilder per hektar vid en hastighet på 40–50 km/tim. Varje bild motsvarar en yta på 0,25 kvadratmeter. Utifrån dessa bilder skapas ett ”ogräskort” över fältet som kan särskilja gräsogräs och örtogräs från varandra. Detta förutsätter att en speciell kamerateknik som kallas HVCAM (high-velocity camera) används. Genom att studera enskilda kort kan även lantbrukaren få en uppfattning om vilka arter det gäller. Kostnaden för denna tjänst för lantbrukaren är 100–150 SEK per hektar.



Bild 30. ATV utrustad med 2 kameror för skanning av ogräsförekomsten i fält. Bild: Patriotisk Selskab

Under åren 2017–2020 har utrustningen testats på totalt 84 fält med en sammanlagd areal på 1 278 hektar. Utrustningen som används för skanningen har utvecklats i ett samarbete mellan Århus Universitet, Datalogisk, Danfoil med flera.

Den information som erhålls genom ”ogräskortet” kan användas för att skapa en tilldelningsfil inför ogräsbekämpningen. Det finns idag sprutfabrikat som har färdiga system för att använda dessa filer. Med hjälp av en app kan lantbrukaren

gå ut i fältet efter behandlingen och följa upp resultatet på enskilda platser. Det som ibland är ett problem är att överföra informationen från skanningen till olika sprutors dataterminaler och att få dessa att kommunicera med varandra.

I projektet (66) jämfördes kostnaderna och preparatåtgången mellan den av lantbrukaren normalt planerade herbicidförbrukningen och utfallet när de tilldelningsfiler som skapats via systemet användes. För grödorna höstvetete, höstkorn, råg och vårkorn kunde lantbrukaren i genomsnitt spara 246 DKR/ha (57–73 %) på minskad herbicidanvändning på fältnivå.

Det finns även ett enklare system som bygger på att en kamera placeras på sprutbommen eller bakom skärbordet på trösken. Denna typ av kamera följer raderna och läser av och dokumenterar den gröna vegetationen mellan raderna. Detta ger ett index som indirekt kan tolkas som mängden ogräs som finns i olika delar av fältet. Priset för två kameror är cirka 10 000 SEK. Ett 40-tal utrustningar av denna typ är sålda i Danmark.

7.5.5 Bandsprutning med traditionell bomspruta

Nya sprutor med 25 centimeters munstycksdelning som samtidigt har GNSS/RTK-teknik kan teoretiskt bandspruta i grödor med större radavstånd som till exempel sockerbetor. Vid första överfarten används en traditionell herbicid över raden och vid en andra överfart behandlas med en annan herbicid mellan raderna. Alternativt kan gångarna behandlas mekaniskt. Ytterligare en teknik som finns på marknaden är sprutor med dubbla ramper och tankar som vid en överfart kan behandla med olika preparat över raden respektive mellan raderna.

Ett projekt för att utvärdera teknikmöjligheten med bandsprutning med bomsprutor drivs av Agricenter i Danmark tillsammans med en handfull odlare. En ERFA-grupp (erfarenhetsgrupp) håller på att bildas med större lantbruk som vill implementera denna teknik. I huvudsak används sprutor av märket Horsch men även sprutor från Dammann och Amazone är möjliga att använda. En munstycksfördelning på 25 centimeter och att sprutorna kan arbeta med 30 centimeters bomhöjd är en förutsättning. Det som främst har testats inom betodlingen är att behandla med klomazon (växtskyddsmedel som till exempel Centium, Kalif) mellan raderna och traditionella produkter över raderna. Detta har kombinerats med 1–2 radhackningar.

Med denna teknik finns det goda möjligheter att minska användningen av växtskyddsmedel. Inte bara herbicider utan även insekticider och fungicider. En förutsättning är att radsådden är utförd med stor exakthet gällande placeringen av raderna i fältet och att brukaren har stor vana av att använda GNSS/RTK-teknik eller motsvarande.

7.5.6 Internetbaserade beslutsstödsystem för precisionslantbruk

Den danska dataplattformen, CropManager, samlar en rad tjänster, precisionsverktyg och prognoser på samma ställe (67). Plattformen lanserades under 2019–2020 och utvecklas löpande.

När CropManager startar upp utgår man från Grundbetalningsansökan (dansk motsvarighet till SAM). Är lantbrukaren redan ansluten till Farmtracking (GNSS baserad journalföring av odlingsinsatser) eller MarkOnline (växtodlingsprogram) kan lantbrukaren automatiskt hämta uppgifterna om gårdens skiften och odlingshistorik.

När plattformen har hämtat information från satellitsystem, markkarta och växtodlingsprogrammet som bas, kan den därefter leverera en rad tjänster:

- Se hur biomassan i fält utvecklas under säsongen med hjälp av satellitbilder och jämföra med närliggande fält med samma gröda. Om jordanalyserna samtidigt ligger i Markdatabasen kan dessa samköras.
- Skapa tilldelningsfiler för sådd, gödsling, växtreglering och ogräsbekämpning. I Bogballes terminaler överförs tilldelningsfilerna automatiskt dit annars får de flyttas via ett USB-minne.
- Med Varslingspakken erhålls prognoser för till exempel liggsädesrisk och septoriaangrepp. Prognoserna baseras utifrån gårdens förutsättningar och väderprognoser.
- Skördekarteringar.
- Benchmarking utifrån skördekarteringen. Hur står sig gårdens resultat jämfört med andra. Vad ska odlas kommande år på skiftet.
- Skördeprognos för majs.
- Lägga in "hotspots" för ogräs, skadedjur, fasta hinder osv. som kan kommuniceras till och användas i andra system.
- Digitalisera dräneringar och dräneringsbehovet i fälten (digitalt dräneringskort).

Det finns en CropManager Free för lantbrukare som bara vill utnyttja tjänsterna med "hotspots", vattenbalanser och några få prognoser. För att kunna använda övriga tjänster och skapa tilldelningsfiler krävs abonnemang. För en gård på 200 hektar kostar det allt från 3 000 till 8 000 SEK per år beroende på vilka delar som används. För närvarande är cirka 2 000 lantbrukare i Danmark anslutna till CropManager.

Plattformen CropManager utvecklas också för att kunna samverka med andra plattformar som kan ha betydelse för lantbrukaren. Det finns samarbete med exempelvis företag som levererar vädertjänster. Andra exempel är att tilldelningsfiler från CropManager kan överföras till dataplattformen My John Deere.

Under nästa år kommer möjligheten att göra tilldelningsfiler för kalium och bladmögelprognoiser att integreras i systemet. Det finns även tankar på att sälja programvaran till andra länder.

I Sverige har utvecklingen av digitala beslutsplattformar intensifierats men har ännu inte kommit lika långt som i Danmark. Genom att följa utvecklingen och implementeringen av Cropmanager i Danmark finns det sannolikt lärdomar att dra som kan vara användbara under våra svenska förutsättningar.

8 Lönsamheten i precisionsbekämpning

Det finns relativt få uppgifter kring lönsamheten i precisionsbekämpning från praktisk odling då tillämpningen hitintills är marginell inom Europa. Tillämpningen av tekniken har framför allt tillämpats i USA och Australien och då i första hand som on/off sprutning på stubb/träda. Det finns även en del erfarenheter av PWM-sprutning (Pulse Width Modulation) med VRA-teknik. I Sverige finns erfarenhet i första hand från GNSS-styrd delavstängning av rampsektioner som tillämpats under ett antal år. I praktiken sparas mellan 5–15 procent beroende på fältform och antal delsektioner. Lönsamheten på en investering i ny teknik kan baseras på besparad mängd preparat, kapacitets- och skördeökningar.



För att belysa lönsamhet för några tekniker för precisionsbekämpning är kalkyl-exempel framtagna för tre exempelgårdar. Lönsamheten är beräknad med Pay-off tid (antal år som behövs för att betala av en investering utan ränta) enbart baserad på minskning i kostnad för bekämpningsmedel. Kalkylen är baserad på en medelskiftesstorlek på 10 hektar med god respektive dålig arrondering.

Exempelgårdarna har följande förutsättningar

1. Gård med relativ liten spannmålsodling och en bekämpningskostnad på cirka 500 SEK/hektar
2. Växtodlingsgård med större andel höstsäd, höstraps och en bekämpningskostnad på cirka 1 500 SEK/hektar
3. Växtodlingsgård med inslag av radodlade grödor och en bekämpningskostnad på cirka 2 500 SEK/hektar

Tabell 6 visar en beräkning på antal år som behövs för att betala av en investering i en GNSS-styrd delavstängning av en sprutramp på en bomspruta. Återbetalningstiden är baserad på en minskning i kostnad för växtskyddsmedel baserad på minskad dubbelsprutning. Exemplet är baserat på gårdar med olika växtföljder enligt tidigare beskrivning, samt två fältformer. God fältform motsvarar kvadratiske skiften och dålig fältform motsvarar oregelbundna skiften med åkerholmar.

Tabell 6. Pay-off kalkyl (beräkningsark från Kansas State University). Antal år tills investeringen i GNSS-styrd sektion(s)del)avstängning är betald, spruta 24 m.

	Investering: Arrondering:	7 sektioner: 40 000 SEK		24 sektioner: 100 000 SEK	
		Bra	Dålig	Bra	Dålig
Typgård 1: prepareringskostnad		500 SEK/ha	500 SEK/ha	500 SEK/ha	500 SEK/ha
Areal (ha)	100	-	6,9	-	17,6
	200	27,5	3,4	-	8,0
	500	9,3	1,3	19,4	3,1
	1 000	4,4	0,7	11,9	1,5
Typgård 2: prepareringskostnad		1 500 SEK/ha	1 500 SEK/ha	1 500 SEK/ha	1 500 SEK/ha
Areal (ha)	100	16,6	2,2	-	5,2
	200	7,6	1,1	21,7	2,5
	500	2,9	0,4	7,6	1,0
	1 000	1,4	0,2	3,7	0,5
Typgård 3: prepareringskostnad		2 000 SEK/ha	2 000 SEK/ha	2 000 SEK/ha	2 000 SEK/ha
Areal (ha)	100	13,7	1,9	27,5	3,1
	200	6,4	0,6	11,9	1,5
	500	2,5	0,4	4,4	0,6
	1 000	1,2	0,2	2,2	0,3

I tabell 7 nedan visas exempel på återbetalningstid för en investering i sensorer monterade på en sprutramp på en bomspruta för bildanalys för styrning av ogräsbekämpningen. Investeringen avser 4 sensorer på en 24 meters spruta. Återbetalningstiden är baserad på en minskning i kostnad för herbicider. Exemplet är baserad på gårdar med olika växtföljder enligt tidigare beskrivning, samt två fältformer. Bra fältform motsvarar rektangulära skiften och dålig fältform motsvarar oregelbundna skiften.

Tabell 7. Pay-off kalkyl (beräkningsark från Kansas State University). Antal år tills investeringen i bildanalystekniken är betald, spruta 24 m.

Investering: 300 000		250 SEK/ha för herbicid			750 SEK/ha för herbicid			1 250 SEK/ha för herbicid		
Reduktion av herbicid:		10 %	30 %	50 %	10 %	30 %	50 %	10 %	30 %	50 %
Areal (ha)	100	120,0	40,0	24,0	40,0	13,3	8,0	24,0	8,0	4,8
	200	60,0	20,0	12,0	20,0	6,7	4,0	12,0	4,0	2,4
	500	24,0	8,0	4,8	8,0	2,7	1,6	4,8	1,6	1,0
	1 000	12,0	4,0	2,4	4,0	1,3	0,8	2,4	0,8	0,5

9 Möjligheter och begränsningar för mer precisionsbekämpning idag

Precisionsbekämpning är, som så många områden inom lantbruket, ett komplext område. Mycket handlar om möjligheter och begränsningar inom teknik och biologi samtidigt som det handlar om ekonomiska och miljömässiga faktorer att ta ställning till. Men införandet av precisionsbekämpning är ofta även en generationsfråga. Erfarenheter från praktiken visar att investeringar i ny sprutteknik i första hand sker när teknikutvecklingen tagit ett rejält steg parallellt som det sker ett generationsskifte på gården. Samtidigt är det viktigt för lantbrukaren att kunna se hur tekniken fungerar och vilken besparingspotential i resurser som finns.



Mötesplatser och fältdemonstrationer

Ett sätt att uppnå detta är att skapa mötesplatser för introduktion av precisionsbekämpningen i form av praktiska demonstrationer och försöksserier. En annan viktig väg för att öka precisionsbekämpningen kan vara att initiera erfarenhetsgrupper som exempelvis har gjorts av myndigheterna i Danmark (68). I Partnerskab om præcisionssprøjtning (PPS), som leds av Miljøstyrelsen, är målet att minska användningen av pesticider genom precisionsbekämpning i Danmark. Partnerskapet är öppet för alla som arbetar med eller använder pesticider: lantbrukare, maskinstationer, rådgivare, teknikutvecklingsföretag, maskintillverkare, organisationer med flera. Partnerskapet genomför aktiviteter som ska snabba på utvecklingen och öka användningen av precisionssprutning. Det kan till exempel vara möten, demonstrationer, utvärderingar, tester eller valideringar av utrustning som främjar samarbetet inom detta område. I partnerskapet finns 4 fokusgrupper:

1. Öka användningen av existerande spruttekniker
2. Utveckla och validera behovsanpassad bekämpning
3. Teknologier för lantbrukets och trädgårdsnäringens radodlade grödor
4. Växtskyddsbesparande åtgärder inom frukt- och växthusodlingen.

I Sverige finns några organisationer som arbetar brett inom olika fält inom precisionsodling. Huvudfokus har hitintills varit förbättrad kvävegödslingshantering. Förbättrat växtskydd genom precisionsbekämpning har fått ett ökat intresse men ännu finns ingen motsvarande satsning i Sverige.

Redan 1996 startades Precisionsodling i Väst (numera POS – Precisionsodling Sverige, 69). Verksamheten har utvecklats till en samarbetsplattform med ett brett fokus på utveckling av precisionsodling. En annan viktig aktör inom precisionsodlingen i Sverige är RISE som bland annat bedriver en testbädd utanför Uppsala (70). Lantmännen har nyligen presenterat sin satsning Framtidens Jordbruk (71).

Investeringsstöd

I Tyskland finns exempel på att det har införts investeringsstöd för de som investerar i ny teknik för mekanisk och kemisk ogräsbekämpning. Från och med 2021 finns möjligheter att få stöd för att köpa ny utrustning (ska vara testad av Julius Kühn-Institutet) och stödet uppgår till 40 % med ett högsta belopp på 500 000 EUR.

Frankrike har avsatt 135 M EUR för 4 jan 2021–31 dec 2022 för minskning, ersättning och förbättra användning av bland annat växtskyddsmedel. Det är tekniska investeringar för modernisering och konkurrenskraft i franskt jordbruk. Stöd ges tillavdriftsreducerande spridare och sprutor, vissa sprutor och precisionsutrustning. De har ett system med ”poängsättning”/gradering av sprutor.

I Danmark fanns 2018 en möjlighet att få investeringsstöd med cirka 40 % för teknik som syftar till att minska bekämpningsmedelsförbrukningen inom trädgårds- och jordbruk (72). Det går bland annat ansöka om bidrag för:

- GNSS-enheter eller kamerabaserade system för styrning av till exempel radsprutning i radodlade grödor
- Bandsprutningsutrustning (skärmar monterade på bommen)
- Tunnelspruta med återcirkulation av sprutvätska
- Sensordämpning av munstycken på dimsprutor
- Sensorbaserad ogrässpruta
- Autokontroll och sektionsavstängning av sprutan.

En ny utlysning kommer under 2021 men det är inte klarlagt för vilken utrustning den gäller än.

Teknikutmaningar

Ett flertal av de moderna sprutor som finns hos lantbruket kan idag köra med en varierad dos. Det gäller i första hand sprutor med en arbetsbredd på 24 m eller mer utrustade med GNSS-teknik och som kan ta emot och arbeta efter en styrfil. För att utnyttja möjligheten till att köra en styrfil måste dock utrustningen låsas upp vilket innebär en kostnad för företagaren. Styrfiler utnyttjas i första hand idag vid sprutning av svamp och tillväxtreglering baserad på vegetationsindex. Tillämpningen är idag relativt marginell men intresset skulle troligtvis kunna ökas med fler demoförsök och ökad rådgivning. Det vore också önskvärt med mer forskning på hur optimal styrning skall utföras.

Hjälpmiddel för att styra bekämpningen med herbicider står inför en stark teknikutveckling just nu. Många försök visar att det är fullt möjligt att kraftigt reducera användningen. Det gäller både genom punktbekämpning och vid bredsprutning. Tekniken bygger på bildanalys, kraftfulla algoritmer, bekämpningströsklar och styrfiler. Bildanalysen kan utgå från kameror monterade på sprutan eller en drönare.

I Sverige har vi ökande problem med gräsogräs. Här måste ogräsbekämpningen intensifieras. Frågan är vilka möjligheter som finns inom detta område med den nya tekniken. Renkavle i tidiga stadie kan exempelvis vara svårt att känna igen för en person som inte är expert. Frågan är om en teknik baserad på bildanalys klarar av detta.

En annan utmaning för den nya tekniken är att vid bredsprutning är det lätt att beräkna hur mycket preparat det går åt då arealen är given och mängden preparat per yta bestämd. Vid precisionsbekämpning är inte den totala ytan inom arealen som ska bekämpas given. Genom att kartera och bedöma bekämpningsbehovet i förväg genom exempelvis ett drönarbaserat kamerasystem kan mängden växtskyddsmedel behovsanpassas. Om kameratekniken för att bedöma bekämpningsbehovet sitter på sprutan finns det andra vägar att gå. En lösning kan då vara att ha skilda system för vatten och preparat och blanda via preparatinjektionssystem. Då riskerar man inte att stå med ett stort överskott av färdigblandat växtskyddsmedel efter att bekämpningsinsatsen är avklarad.

Regelutmaningar

I nuvarande regelverk anges ofta tillåten dos per hektar. Vid precisionssprutning och punktbekämpning sprutas bara utvalda delar av fältet. En självklar fråga blir då hur hektardosen beräknas i dessa fall. Vid bekämpning med en varierad tilldelning kan dosen exempelvis variera med +/- 25 %. Även vid denna precisionsbekämpning blir det svårt att beräkna hektardosen. Beräknas hektardosen efter ett medelvärde kommer den maximala dosen per ytenhet bli högre på vissa delar av fältet.

Den största delen av den framtida bekämpningen kommer förmodligen utföras med markbunden utrustning även om regelverket kring spridning av växtskyddsmedel från flygfarkost skulle ändras.

Flygbekämpning med bekämpningsmedel är förbjuden i Sverige (14 kap. 7 § miljöbalken). Naturvårdsverket prövar om det finns synnerliga skäl och fattar beslut i frågan om eventuell dispens med stöd av 3 kap. 21 § förordningen (2014:425) om bekämpningsmedel. Spridning av växtskyddsmedel med hjälp av drönare utvecklas i dag främst för grödor som odlas på mindre ytor och i besvärlig terräng som exempelvis vinodling. Drönare skulle även kunna användas vid punktbekämpning av till exempel tistelruggar i större fält eller specialfall som exempelvis bekämpning av invasiva arter som jättebjörnlöka och parkslide i besvärlig terräng. Redan i dag finns också kommersiell utrustning för spridning av nyttoinsekter med hjälp av drönare. Nyttoinsekter räknas också som bekämpningsmedel.

Ny teknik för avdriftsreducerande utrustning måste vara testad och godkänd av Julius Kühn Institut (JKI) i Tyskland för få användas i landet i samband med användarvillkor på olika preparat samt när skyddsavstånd ska beräknas med avdriftsreducerande utrustning. I andra länder, exempelvis Nederländerna, finns inte det kravet utan man accepterar även tester från andra organisationer.

Detta innebär att svenska odlare inte kan investera i vissa produkter då de inte har testats och godkänts av JKI.

Inom vissa delar av precisionsbekämpningen handlar det om autonoma maskiner som utför bekämpningen. Maskindirektivet (2006/42/EG) anger vilka grundläggande hälso- och säkerhetskrav som finns för alla maskiner som släpps ut på marknaden inom EU. En CE-märkning visar att maskinen fritt kan säljas inom EU eftersom den uppfyller maskindirektivet och eventuellt andra krav. I ett tillägg (2009/127/EG) framgår att det ska vara möjligt att enkelt och exakt styra, övervaka och omedelbart stoppa appliceringen av bekämpningsmedel från manöverplatserna. En ny standard för högautomatiserade lantbruksmaskiner är framtagen (ISO 18497:2018). Här regleras hur säkerhetsutrustningen ska vara utformad på exempelvis autonoma maskiner. Låg framkörningshastighet och påkörningsskydd är exempel på säkerhetsfunktioner. Autonoma maskiner för mekanisk ogräsbekämpning kan uppfylla nuvarande regelverk. Däremot är det oklart hur en autonom maskin för kemisk bekämpning ska styras för att uppfylla tillägget i maskindirektivet. Denna frågeställning behöver diskuteras för att hitta möjliga lösningar för att uppfylla lagstiftningen.

10 Precisionsbekämpning i framtiden

Utvecklingen mot mer precisionsbekämpning kommer att fortsätta råder det knappast några tvivel om. Däremot är det svårt att förutse hur snabbt utvecklingen kommer att ske. Vilka delar och i vilken omfattning är också svårt att förutspå. Det handlar om ekonomi, politik, regelverk, förändrade vanor, men även tillgång och möjligheter att utnyttja ny teknik. Införandet av mer och ny teknik för precisionsbekämpning är komplext och beroende av många faktorer som bland annat:



- Tillgång till preparat och användarvillkor samt regelverk som är anpassade till teknikutvecklingen.
- Prisutveckling av preparat och konventionell bekämpning i förhållande till precisionsbekämpning.
- Resistensutveckling hos skadegörare och ogräs mot pesticider.
- Marknadens efterfrågan på produkter som inte är behandlade med pesticider.
- Teknikutveckling såväl som tillgång till exempelvis snabbt bredband även i fält.
- Utveckling av kompatibla gränssnitt mellan olika teknikersystem.
- Ökad användarvänlighet.
- Tillgång till kompetent personal, men även oberoende rådgivning.
- Möjligheter till investeringsstöd.
- Utbyggnad av de digitala kommunikationsmöjligheterna även i fält.

10.1 Metoder/tekniker med potential att nå en större användning inom 5–10 år

Några större revolutionära förändringar är inte att vänta inom de närmaste åren. Många av delarna inom precisionsbekämpning är kopplade till relativt kostsamma investeringar vilket bromsar tillämpningen av precisionsbekämpning. Möjligheterna är uppenbara för de flesta men innan det är möjligt att räkna hem investeringarna väntar troligen en majoritet av odlarna.

Försäljningen av nya sprutor kommer totalt att öka något. Andel större sprutor med 36 meters ramp har ökat samtidigt som en förnyring har skett på 12 meters sprutor. Orsaken till detta är att storleksrationaliseringen fortgår och där är kapacitet en viktig aspekt. De mindre sprutorna har blivit mycket gamla och motiverar inte uppdateringar längre, vilket istället medför fler köp av nya mindre sprutor med bra standardutrustning.

Att kunna växla munstycken automatiskt eller manuellt från förarhytten ökar användarvänligheten och ökar möjligheten till varierad dos. Andelen sprutor utrustade med PWM-teknik ökar. De första sprutorna utrustade med sensorer för bildanalys finns på marknaden och det finns möjligheter via drönare och app att få en styrfil för bekämpning av ogräs. Beroende på eventuella begränsningar av tillgången på glyfosat, samt utveckling av resistensproblematiken, kommer den mekaniska ogräsbekämpningen att öka. Det gäller framför allt redskap för stubbearbetning och ytligare mekanisk bearbetning.

För radodlade grödor och ogräshantering kan två tydliga trender skönjas. För det första kemisk ogräsbekämpning i band och för det andra autonoma robotar för kemisk eller mekanisk ogräsbekämpning.

Kemisk bekämpning i band är i detta sammanhang inte detsamma som traditionell bandsprutning där sprutduschen ofta sitter under en skyddshuv. Ny teknik med exakt positionering av både raderna och sprutans position ger möjligheter till en ny typ av bekämpning i band. De som kommit längst i praktiken med denna metod är som tidigare nämnts sockerbetsodlarna. Med hjälp av sprutor, med 25 centimeter mellan munstyckena, och GNSS/RTK-positionering både på traktorn och sprutan går det att bekämpa i band med en noggrannhet på några centimeter.

Den stora begränsningen med traditionell bandsprutning är låg kapacitet och att det behövs en extra maskin. Båda dessa problem har lösts med den nya teknologin. Den befintliga bomsprutan kan användas även som bandspruta och med bibehållen kapacitet. Detta system ger även möjlighet att välja olika strategier för behandling mellan raderna. Antingen behandlas denna yta med en annan kemisk produkt eller mekaniskt. Detta minskar avsevärt åtgången av kemiska herbicider men ger samtidigt möjlighet att omfördela preparat på fältet.

Det har genom åren funnits flera förslag med kombinerade maskiner med kemisk bekämpning i raderna samtidigt med mekanisk mellan raderna. Problemet med detta är att de optimala förhållandena för kemisk och mekanisk bekämpning ofta är helt olika. Den nya tekniken löser även detta problem. Den kemiska bekämpningen kan ske tidigt på morgonen med hög luftfuktighet. Den mekaniska bekämpningen mellan raderna kan istället utföras under dagtid.

Nackdelarna men den nya tekniken för behandling i band är att det i många fall kräver investeringar i nya sprutor med tätare munstycksindelning samt att kraven på tillförlitligheten på GNSS/RTK-tekniken är mycket höga för att grödan inte ska skadas. Dessutom kräver det stor vana och intresse hos lantbrukaren att hantera avancerad teknik.

Autonoma robotar i radodlade grödor är en teknik som redan finns och allt talar för att den kommer utvecklas och öka i omfattning men ändå inte bli någon dominerande teknik inom de närmaste 5–10 åren. Det som starkast driver denna trend är problemet att hitta arbetskraft. Troligen kommer de autonoma systemen inte helt kunna ersätta manuell ogrärensning i odlingarna men däremot

kraftigt minska behovet. De flesta autonoma system som finns idag bygger på mekaniska metoder, allt från radhackning och hackning mellan plantor till individuella armar som plockar enskilda ogräs.

Beträffande bekämpning av svamp och insekter med precisionstekniker uppfattas denna ligga något senare i utvecklingen jämfört med ogräsområdet, även om det redan idag utförs anpassad svampbekämpning efter en satellitbaserad vegetationsindex. Det är fullt möjligt att identifiera både svamp och insekter med multispektralkameror. Att göra det med den noggrannhet som krävs för att aktivt kunna styra en växtskyddsinsats kräver dock enorma datamängder som ska överföras och hanteras. Svampbehandlings utförs i regel i förebyggande syfte eller när de första små angreppen är synliga. Att kunna upptäcka små angrepp som ofta kommer långt ner i bestånden, som till exempel när det gäller bladmögel i potatis, har visat sig vara svårt även om ett utvecklingsarbete har pågått i många år.

Även identifikation och kvantifiering av insekter kan göras i kulturerna med olika tekniker. Men även här verkar de praktiska tillämpningarna i större omfattning ligga många år in i framtiden.

Ur ett regelsperspektiv går det redan nu att konstatera en del områden som behöver klargöras för att inte försvåra och försena utvecklingen av precisionsbekämpning av ogräs. Ett frågetecken är hur registreringen av använd mängd herbicid ska tolkas. Genom att avsevärt minska den behandlade ytan på fältet minskas åtgången av preparat. Innebär detta att det går att använda en högre dos på den behandlade yta utan att begå ett regelbrott?

Maskindirektivet och andra regelverk runt självkörande maskiner är regelområden som kan allvarligt begränsa utvecklingen inom området om inte regelverket uppdateras och anpassas till teknikutvecklingen inom området.

En översyn av gällande regelverk behövs även på grund av den snabba utvecklingen av drönare inom området precisionsbekämpning. Drönarna kan utföra olika typer av bekämpningsåtgärder med punktinsatser med växtskyddsmedel, men även biologiska växtskyddsåtgärder genom att exempelvis sprida nyttodjur.

Under de kommande 5–10 åren kommer det också att vara viktigt att visa på nyttan med precisionsbekämpning. Den ekonomiska såväl som den miljömässiga. För att få till en bredare förändring är det viktigt att på olika sätt sprida kunskapen ut till odlarna. Genom rådgivning och stora praktiska försök på demogårdar, men även ERFA-grupper skulle kunna bidra till en snabbare förändring.

Många delar av precisionsbekämpningen är teknikintensiva och då ofta inom ett teknikområde som är relativt marginellt i dagens lantbruk, nämligen digital teknik och informationskommunikation. Läget håller dock snabbt på att ändras. Nya traktorer, tröskor och en hel del redskap är utrustade med (eller förberedda för) utrustning som registrerar olika typer av data. Optimering av kvävegivan, via systemet med N-sensorer eller NIR-sensorer i tröskor som kontinuerligt mäter och loggar grödans protein- och stärkelseinnehåll, används men skapar

en mängd data som behöver hanteras. Sensorer i marken, satelliter i rymden och drönare över fälten kommer alla bidra med en mängd data. En digital information som i första hand hjälper och skapar värde för lantbrukaren i odlingen. Om data från flera gårdar och från flera olika användningsområden förs samman och bearbetas, kan ny och värdefull information sammanställas. Detta har flera olika marknadsaktörer insett och det satsas därför stora resurser för att bygga upp digitala plattformar som kan hjälpa lantbrukaren att skapa mervärden från sin data, samtidigt som kunden knyts närmare företaget. I plattformarna uppstår det på samma gång en mängd ”digital molninformation” som i sin tur skapar ett mervärde på en annan nivå. Under de kommande 5–10 åren kommer denna utveckling intensifieras samtidigt som med stor sannolikhet ”marknaden” för olika plattformar kommer att konsolideras. Kompatibilitet och standardisering av exempelvis filformat kommer vara viktigt för att nå framgång. En utveckling som rimligen kommer att medföra nytta även inom precisionsbekämpning, främst inom området för prognos och varning. En öppen fråga som behöver hanteras är vem som äger den digitala informationen som skapas på gården och hur värdet fördelas mellan de som ingår i ”värdekedjan”.

För att den här utvecklingen ska kunna ske optimalt och värdet fördelas på ett bra sätt kommer det att krävas ny kompetens och kunskap hos odlare men även hos de myndigheter och organisationer som arbetar med att stödja odlingen på olika sätt.

Även om kunskap och kompetens är viktiga komponenter kräver också precisionsbekämpningen vanligtvis nya investeringar. Erfarenhetsmässigt vet vi att investeringar i ny teknik ofta initieras vid generationsskiften. Med största sannolikhet kommer tekniksiftet i samband med precisionsbekämpningen även följa detta mönster. Bomspjutorna har tagit ett tekniklyft samtidigt som den unga generationen är mer mottaglig för ny teknik som exempelvis ISOBUS, GNSS-styrning och individuell munstycks kontroll. Om det framöver kommer finnas möjligheter till stöd för investeringar i teknik för minskad pesticidanvändning, liknande de system som finns i Tyskland och Frankrike, skulle förmodligen investeringstakten öka även i Sverige.

En av de centrala frågorna de kommande 5–10 åren kommer även vara tillgången till ett snabbt mobilt bredband ute i fält. Behovet av hastighet och tillförlitlighet kommer öka och vara en förutsättning för vissa typer precisionsbekämpning i framtiden. Ska detta lösas av lantbrukaren själv eller vilka möjligheter till samverkan kommer att finnas på lokal, regional och national nivå?

10.2 Framtidskoncept med potential inom 10–20 år

En tråkig men ganska säker prognos är att framtiden kommer att likna nuläget. Men en del tydliga skillnader kommer säkert utvecklas under de kommande 10 åren. Kravet på hållbarhet och minimerad miljöbelastning från lantbruket kommer kvarstå. En del av detta kommer att beröra området precisionsbekämpning.

Behovet av ett effektivt växtskydd kommer att finnas kvar men vi kommer att uppnå det genom att utnyttja resurserna smartare.

Om 10 år kommer vi kunna bygga våra prognoser/varningar och odlingsinsatser utifrån en betydligt större informationsmängd än vad vi har tillgängligt idag. Lagrad historisk digital data och säsongsfärska data som kommer från en mängd olika regionala och lokala sensorer i fält kommer finnas tillhands. Även andra källor som till exempel detaljerad väderinformation från satelliter kommer bidra med information.

Lantbrukarens beslutsstödsystem kommer att hållas ständigt uppdaterat med information från molnet, där även information från de tidigare insatserna finns lagrade. Den dagliga styrningen av insatser på gården kommer att styras via mobilen. Den stationära datorn kommer att användas för sammanställningar och analyser. Den teknikintresserade lantbrukaren kommer att ha ett nätverk av olika typer av sensorer i fält: Dessa kan registrera exempelvis väderdata, förekomst av olika insekter men också i vissa fall även förekomst av speciella svampsporer.

Utvecklingen inom ogräsbekämpningen fortsätter med en ytterligare fokusering på en kombination av fysisk bekämpning och kemisk bekämpning. Den fysiska bekämpningen kommer huvudsakligen att utföras genom mekanisk bekämpning samtidigt som en viss marknad har växt fram där elchocker används för ogräsbekämpning. Algoritmerna för att kunna identifiera vad som är ogräs och vad som är gröda kommer att förbättras och kommer att användas på många av de nya maskiner som kommer erbjudas på marknaden om 10–20 år. Samtidigt är det viktigt att komma ihåg att en del bekämpning kommer att utföras av maskiner som finns i lantbruket redan i dag. Däremot kommer förhoppningsvis maskinen användas på ett smartare sätt genom att underlaget för insatsen har förbättrats.

Autonoma robotar och robotiserade redskapssystem kommer att vara betydligt vanligare om 10–20 år. Inom vissa odlingsystem kommer den autonoma roboten med flera olika funktioner för enklare jordbearbetning, sådd och ogräsbekämpning vara standard. Det börjar också dyka upp autonoma fordon för kemisk/mechanisk bekämpning i mer traditionell växtodling.

En hel del av den kemiska bekämpningen som finns kvar kommer att utföras under natten med hjälp av GNSS/RTK-styrning för att utnyttja vindstilla nätter men även för att minska påverkan på flygande pollinatörer. Punktbekämpning av svåra ogräs kommer att utföras med hjälp av drönare eller med bomsprutor med sektionsstyrning och flera ramprör. Beroende på hur väl lantbruket har lyckats stävja herbicidtoleransen kan även mekanisk/fysisk punktbekämpning komma att användas.

Utvecklingen av växtskyddsmedel kommer att fortsätta och breddas till att omfatta fler lågriskmedel men även biologiska preparat. Utvecklingen av kemiska växtskyddsmedel kommer att förbättras med både bättre hälso- och

miljöprestanda men med bibehållen effektivitet. För att kompensera de högre utvecklings- och tillståndskostnaderna kommer växtskyddsmedel relativt sett vara ett dyrare alternativ i framtiden. Antalet tillgängliga verksamma ämnen i växtskyddsmedel kommer att minska om än inte i samma snabba takt som tidigare. Inom vissa odlingssystem kommer de ses som den sista utvägen som väljs när övriga metoder inte har gett ett tillfredställande resultat.

För vissa specifika skadegörare kommer en riktad växtförädling ge möjligheter till precisionsbekämpning. Exempelvis kommer gentekniskt framtagen resistens utvecklad utanför EU mot vissa speciellt svåra skadegörare att kunna korsas in i växtmaterial som är anpassat för odling inom vår odlingszon. Till en början kommer det endast förekomma i grödor som går till foder eller bioenergi.

Den snabba teknikutvecklingen kommer att gynna regelverk som är effekt-fokuserade framför teknikbaserade. Den globala marknaden inom lantbruksområdet kommer att bestå och bidra till att globala aktörer fokuserar sina insatser till de stora marknaderna. Det innebär fokus på växtskyddsmedel för de stora marknaderna, för de arealmässigt eller värdemässigt stora grödnarna/skadegörarna.

Bilaga 1, Personliga uppgiftslämnare och referenser:

- p1. Per Modig, HIR Skåne,
- p2. Bernhard Levall, Agricenter Sverige,
- p3. Krister Andersson, lantbrukare Oxie,
- p4. Desiree Börjesdotter, NBR,
- p5. Ulf Nordbeck, Ekobot,
- p6. Henrik Stridh, Äppelriket,
- p7. Magnus Engstedt, berrådgivare,
- p8. Jakob Karlsson, RJ Maskiner,
- p9. Mattias Andersson, Dataväxt,
- p10. Håkan Brolin, Dataväxt,
- p11. Per-Olof Klang, Datalogisk,
- p12. Erik Alexandersson, SLU,
- p13. Rikard Larsson, ADAMA,
- p14. Ingvar Svensson, Åhus Grönt,
- p15. Eskil Nilsson, VISAVI,
- p16. Henrik Stadig, Hushållningssällskapet Västra,
- p17. Bo Secher, Agricenter, Danmark,
- p18. Folke Persson, BIFO Produkter,
- p19. Arne Stensvand, Nibio,
- p20. Pierre Franzén, Kverneland,
- p21. Johan Axén, Hardi,
- p22. Daniel Andersson, Swedish Agro Machinery,
- p23. Johan Nilsson, Söderberg&Haak,
- p24. Per- Anders-Algerbo, RISE.

Uppgifter från internet, webbplats nås via klick på "länk":

1. Det digitaliserade jordbruket, rapport Jordbruksverket, [länk](#)
2. Den digitaliserade gården, Hur kan samhället bidra?, rapport Jordbruksverket, [länk](#)
3. Precision agriculture and the future of farming in Europe, Scientific Foresight Study, [länk](#)
4. Digital Transformation, in Agriculture and Rural Areas, [länk](#)
5. Research on key technologies of intelligent agriculture under 5G environment, 2019, Journal of Physics Conference Series, [länk](#)
6. Internet of Things in arable farming: Implementation, applications, challenges and potential, 2020, Biosystems Engineering, [länk](#)
7. Comparing mobile experience across the Nordics, TUTELA, [länk](#)
8. The State of Mobile Network Experience, opensignal.com, [länk](#)
9. AI in Agriculture – Present Applications and Impact, www.emerj.com, [länk](#)
10. Agtech 2030 – VINNOVA, Linköping Univ., [länk](#)
11. CropSAT, internetverktyg som visar biomassa i fält med hjälp av satellitbilder, www.cropsat.com, [länk](#)
12. Agriopt, internetverktyg för precisionsodling, www.agriopt.se, [länk](#)
13. Planteværn Online, bekæmpelse af ukrudt, sygdomme og skadedyr, [länk](#)
14. 365FarmNet, software for documentation in the field and in the stable, www.365farmnet.com, [länk](#)
15. Digital fältjournal, John Deere, [länk](#)
16. Decision support systems for agriculture 4.0: Survey and challenges, Computers and Electronics in Agriculture, [länk](#)
17. Blue River Technology – agriculture equipment – See & Spray technology, [länk](#)
18. Fluorescens för punktbekämpning, www.weed-it.com, [länk](#)
19. WeedSeeker 2 Spot Spray, www.trimble.com, [länk](#)
20. Sensors for insect recognition, www.Faunaphotonics.com, [länk](#)
21. Smart Agriculture Sensors: Helping Small Farmers and Positively Impacting Global Issues, www.mouser.se, [länk](#)
22. Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review, Remote Sensing, 2020, [länk](#)

23. Användning av drönare i jordbruket och fältförsök, SLU, [länk](#)
24. Get to know your crops with drone imagery, Solvi AB, [länk](#)
25. Drones: Innovative Technology for Use in Precision Pest Management, Journal of Economic Entomology, 2019, [länk](#)
26. Light-Weight Multispectral UAV Sensors and their Capabilities for Predicting Grain Yield and Detecting Plant Diseases, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2016, [länk](#)
27. Platsspecifik ogräsbekämpning, Agroväst, [länk](#)
28. Bekämpning av tistlar med hjälp av drönarfoto och bomspruta med sektionsavstängning, [länk](#)
29. Katalog över kommersiella bekämpningsdrönare, [länk](#)
30. DJI's AGRAS T20 Drone Agricultural Sprayer, www.dji.com, [länk](#)
31. Drone technology for biological control of harmful pests, www.koppert.com, [länk](#)
32. Small autonomous drones to keep crops insect free in greenhouse, www.pats-drones.com, [länk](#)
33. Field evaluation of spray drift and environmental impact using an agricultural unmanned aerial vehicle (UAV) sprayer, Science of the total environment, 2020, [länk](#)
34. The influence of Unmanned Agricultural Aircraft System design on spray drift, Open Agrar, 2020, [länk](#)
35. The use of agricultural robots in weed management and control, 2019, Agricultural and Biosystems Engineering, [länk](#)
36. GOFAR : Global Organization For Agricultural Robotics, www.agricultural-robotics.com, [länk](#)
37. Autonomous Danish agricultural robot solving multiple tasks in the field, www.agointelli.com, [länk](#)
38. Film: Autonomous Electric Tractor – John Deere, [länk](#)
39. Film: Autonomous Tractor Concept – CNH Industrial, [länk](#)
40. Autonoma ogräsrobotar för olika tillämpningar, www.naio-technologies.com, [länk](#)
41. Film, Ecorobotix Smart Weeding Robot, [länk](#)
42. Svenskutvecklad ogräsrobot, www.ekobot.se, [länk](#)

43. FarmDroid FD20 is a Danish field robot for sowing and weeding, www.farmdroid.dk, [länk](#)
44. Jordbruksverket, rapport 2004:17, [länk](#)
45. Jordbruksverket, Rapport 2009:21, [länk](#)
46. Maskinleverantörerna, www.maskinleverantörerna.se, [länk](#)
47. Direktinspeisung, www.julius-kuehn.de, [länk](#)
48. PWM for the masses, www.sprayers101.com, [länk](#)
49. DAT-sensor, www.dimensionsagri.no, [länk](#)
50. Tilldelningsfiler för bekämpning i fruktodling www.holsprayingssystems.com, [länk](#)
51. RISE Rapport 2018:27. Applicering av biologiska bekämpningsmedel – appliceringsteknik för biologiska växtskyddsmedel som sprutas ut, [länk](#)
52. Mekanisk precisionsogräsbekämpning i radodlade grödor, www.garford.com, [länk](#)
53. Ekologisk odling av sockerbetor, Jordbruksinformation 15 – 2020, [länk](#)
54. Automated robot for precise herbicide application, www.asterixproject.tech, [länk](#)
55. Behandling av mjöldagg i jordgubbar med UV-ljus, www.sagarobotics.com, [länk](#)
56. Autonom dieseldriven robot för bekämpning av ogräs med hjälp av laser i radodlade grödor, [länk](#)
57. Weed Control without Chemical, Lazerzentrum, Hannover, www.lzh.de, [länk](#)
58. EU-projekt: Eco-innovative weeding with laser, www.welaser-project.eu, [länk](#)
59. Electropower for weed control, www.zasso.com, [länk](#)
60. Electrochemical solution to replace chemical herbicides, www.crop.zone, [länk](#)
61. A Review of Non-Chemical Management of Couch Grass (*Elymus repens*). Agronomy 10, [länk](#)
62. Sensore til nedvisning i stub, Teknologisk Institut; www.teknologisk.dk, [länk](#)
63. Automatisk punktsprutning av glyfosat i korn och i stubb på hösten, NIBIO, Norge, www.nibio.no, [länk](#)
64. Smart spraying, Bosch och BASF, www.basf.com, [länk](#)

65. Dosnyckel för anpassad ogräsbekämpning, [länk](#)
66. Rapport från danska RoboWeedMaPS-projektet, 2021, [länk](#)
67. Web-baserad tjänst för precisionsjordbruk, www.cropmanager.dk, [länk](#)
68. Partnerskap för precisionssprutning, Miljöstyrelsen, Danmark, [länk](#)
69. Precisionsodling Sverige (POS), samarbetsplattform för precisionsodling i Sverige, [länk](#)
70. Precisionsodling för hållbar livsmedelsproduktion, RISE, [länk](#)
71. Framtidens jordbruk, klimatneutralt jordbruk 2050, [länk](#)
72. FutureCropping, danskt projekt inom precisionsjordbruk stöttat av Innovationsfonden, [länk](#)

Bilaga 2, Definitioner och förkortningar:

ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*)

Är en teknologi för internetuppkoppling. Snabbare anslutningshastigheter än uppringda telefonlinjer men betydligt långsammare än en fiberuppkoppling.

AI (*Artificiell intelligens eller maskinintelligens*)

Är datorprogram som är uppbyggda för att efterlikna naturlig intelligens. Främst förmågan att lagra och senare använda information om resultatet av tidigare beslut i kombination med en mängd olika indata.

Algoritm

Avser här en digital process med en lång rad enkla tydliga processteg som alla har till uppgift att stegvis föra processen framåt för att slutligen komma fram till lösningen på ett problem. Informellt och mycket förenklat liknas ibland algoritmer med ett recept. Ingredienser är indata, receptet själva algoritmen och maträtten blir lösningen dvs. resultatet.

ATV (*All Terrain Vehicle*)

Är en terrängregistrerad mindre fordon med fyra eller sex hjul som främst används som arbetsfordon i lant- eller skogsbruk.

Autonom

Här avses ett redskap som är självstyrande, dvs. det styrs inte av en förare eller pilot

Bekämpningsmedel – växtskyddsmedel

Båda begreppen används i rapporten. Växtskyddsmedel, biocider och vissa nematoder, insekter och spindeldjur (NIS) utgör bekämpningsmedel. I denna rapport avses med bekämpningsmedel växtskyddsmedel enligt förordning 1107/2009 och NIS enligt förordning 2016:402.

Bildanalys

Avser här en digital analys av informationen i bilden för att bedöma innehållet i bilden men ofta även att kategorisera innehållet. Exempelvis skilja mellan grönt ogräs eller gröda på brunsvart jord eller skilja på ogräsarter och gröda i en digital bild. Om informationen från bildanalysen kombineras med positionsbestämning via **RTK-teknik** kan en **styrfil** produceras.

DAT-sensor (*Dimensions Agri Technologies*)

Är ett **AI**-baserat kamerasystem med LED-blixtar, utvecklat i Norge, för att identifiera och styra behov av växtskyddsmedelinsatser. Används typiskt för sektionsavstängning på bomsprutor.

Deep-learning

Djupinlärning är en del av området maskininlärning och artificiell intelligens och som är baserat på algoritmer som arbetar med konstgjorda neuronät.

Reflektans, beskriver hur stor del av den infallande strålningen som reflekteras tillbaka. Resterande strålning passerar ytskiktet, och absorberas av materialet, eller fortsätter igenom (transparens).

EIP (*European Innovation Partnership*)

Innovationsstöd inom landsbygdsprogrammet som syftar till ökad konkurrenskraft och hållbar produktion.

ERFA (*erfarenhetsutbyte*)

ERFA-grupp är ett forum för att fokusera på ett ämne och utbyta erfarenheter med varandra.

GIS (*geografiska informationssystem*)

Är ett system för att samla in, hantera, analysera och visualisera information som är kopplad till en plats.

GNSS (*Global Navigation Satellite System*)

Är ett samlingsnamn för satellitbaserade navigations- och positionsbestämningssystem. Satellitbaserade navigationssystem som har – eller kommer att få – global täckning är det amerikanska Global Positioning System (**GPS**), det ryska Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema (**Glonass**), det europeiska **Galileo** och kinesiska **Beidou**.

GPS (*Global Positioning System*)

Är ett system för att bestämma position med hjälp av signaler från satelliter. Det utvecklades under 1970-talet av det amerikanska försvarsdepartementet (se även GNSS och RTK).

ISOBUS

En kommunikationsstandard, ISO 11783, som definierar den digitala kommunikationen och dataöverföringen mellan enheter i jordbruksmaskiner, främst traktorer och redskap, men även dataöverföringen mellan dessa mobila maskiner och andra digitala enheter inom lant- och skogsbruket. Kommunikationsprotokollet ISOBUS är baserat på SAE J1939-protokollet.

IOT (*Internet of Things*)

Är ett begrepp som används för utrustning som genom sin inbyggda elektronik har en internetuppkoppling som används för att mer eller mindre självständigt dela med sig och ta emot data.

LIDAR-sensor (*Light detection and ranging*)

Är en optisk sensor som mäter reflekterat laserljus för att bestämma avstånd till, eller egenskaper hos, ett avlägset föremål.

NIR och IR

Nära infrarött (NIR) är elektromagnetisk strålning inom våglängdsområdet 750 nm–1400 nm, det vill säga angränsande längre våglängder än synligt ljus. Nära infrarött är en del av det infraröda (IR) området (700 nm–1000 nm) och kallas även IR-A.

PTO-uttag (*Power Take-Off*)

Kraftuttag kopplat till fordonets drivlina på en in- och urkopplingsbar roterande axel och kan driva ett redskap.

PWM (*Pulse width modulation*)

Med hjälp av en pulserande elspole (solenoid) styrs öppningstiden genom ett munstycke. Man kan variera öppningstiderna mellan 20–100 %. Driftscykeln är nära relaterad till munstycksflödet. Trycket (och droppstorleken) förblir ganska konstant under hela arbetscykelområdet. Detta innebär att ett större antal körhastigheter kan användas utan att spruttrycket ändras. Trycket kan ändras om det behövs för att kontrollera droppstorleken.

Radsprutning

Innebär att växtskyddsmedel enbart sprutas i grödraden, medan övrig mark mellan raderna lämnas obesprutad.

Reflektans

Den del av det infallande ljuset som reflekteras tillbaka. Resterande ljus passerar och absorberas eller fortsätter igenom bladet.

RGB multispektral

Är kamerasystem som fångar ljus i olika våglängdsspektra, exempelvis ultraviolett och infrarött eller nära infrarött, utöver de tre standardkanalerna rött, grönt och blått (RGB).

Robot

Här avses en teknisk anordning, oftast en elektromekanisk maskin, vars rörelse styrs via elektronisk programmering och som utför fysiska uppgifter.

RTK (*Real-Time Kinematic*)

Är ett annat namn för relativ bärvågsmätning i realtid. Med hjälp av positions-signaler från satelliter och markbundna positionsbestämda sändare kan positionen hos en rörlig mottagare (så kallad rover) positionsbestämmas i realtid med en noggrannhet på 1–2 cm.

Sideshift-teknik

Är ett kamerastyrt system för att styra redskapet så att det alltid går rakt i raden. Monteras mellan traktorns trepunktslyft och redskapets trepunktskoppling.

Solenoid

Är en typ av magnetspole där en elektrisk ledning är tätt roterad kring ett rör av isolerande material. Röret har en rörlig kärna av magnetiskt material. När en likström leds genom ledningen kommer kärnan att röra sig i en bestämd riktning på grund den elektromagnetiska kraft som strömmen alstrar.

Styrfil

Kallas ofta även tilldelningsfil och är en fältspecifik digital instruktion för exempelvis hur stor gödselgivan ska vara i varje del av ett fält eller var i fältet det finns ogräs som ska bekämpas. Kombinerar vanligtvis med GPS/RTK-tekniken för att spridningen av gödningen eller punktbekämpningen med växtskyddsmedel ska bli exakt.

UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*)

Drönare, även kallad obemannad luftfarkost är ett samlingsnamn på motorförsedda luftfartyg som styrs via fjärrstyrning eller autonomt.

VRA (*Variable Rate Application*)

Hänför sig till appliceringen av ett material, så att applikationshastigheten baseras på den exakta platsen eller kvaliteten på det område som materialet appliceras på. [1] Detta skiljer sig från enhetlig applikation och kan användas för att spara pengar (med mindre produkt) och för att minska miljöpåverkan. Applikation med variabel hastighet kan antingen vara kartbaserad eller sensorbaserad.



Europeiska jordbruksfonden
för landsbygdsutveckling. Europa
investerar i landsbygdsområden

Jordbruksverket
551 82 Jönköping
Tfn 036-15 50 00 (vx)
E-post: jordbruksverket@jordbruksverket.se
www.jordbruksverket.se

OVR603