



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

NIBIO RAPPORT | NIBIO REPORT

VOL.: 2, NR.: 10, 2016

Økt konkurransekraft innen grøntsektoren i Norge gjennom automatisering av manuelle, ressurskrevende oppgaver – behov og muligheter

AUDUN KORSÆTH OG JAKOB GEIPEL

Avdeling for Landbruksteknologi og systemanalyse

TITTEL/TITLE

Økt konkurransekraft innen grøntsektoren i Norge gjennom automatisering av manuelle, ressurskrevende oppgaver – behov og muligheter

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

AUDUN KORSÆTH OG JAKOB GEIPEL

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
17.02.2016	2/10/2016	Åpen	120057	Arkivnr
ISBN-NR./ISBN-NO:	ISBN DIGITAL VERSJON/ ISBN DIGITAL VERSION:	ISSN-NR./ISSN-NO:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-01568-0		ISSN 2464-1162	80	1

OPPDRAGSGIVER/EMPLOYER:

Fondet for jordbruk og matindustri

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

STIKKORD/KEYWORDS:

Effektivisering, frukt, grønnsaker, veksthusproduksjoner, roboter

Efficiency, fruit, vegetables, green house productions, robots

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Landbruksteknologi

Agricultural technology

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Det overordnede målet med denne utredningen er å bidra til et første steg på veien for økt konkurransekraft innen grøntsektoren i Norge gjennom automatisering av manuelle, ressurskrevende oppgaver. Utredningen består av to hoveddeler; i første del kartlegges behovet for automatisering sett fra grøntprodusentenes side ved hjelp av en spørreundersøkelse. I andre del utredes eksisterende og kommende teknologi relevant for grøntsektoren i Norge. Avslutningsvis evalueres de teknologiske løsningene med hensyn til potensialet for tilpasning/videreutvikling til norske forhold.

I samarbeid med Gartnerhallen og Bama ble det utarbeidet et spørreskjema som ble sendt ut til 346 utvalgte produsenter i Gartnerhallens leverandørregister. Av disse svarte 136, noe som gir en svarprosent på 39. Hver produsent kunne velge å besvare spørsmål relatert til maksimalt tre av sine produksjoner/vekster, og resultatene omfatter 200 vekstspesifikke svar, som representerer 29 ulike vekster. Det var flest svar knyttet til produksjon av jordbær (14% av alle


NIBIO

 NORSK INSTITUTT FOR
 BIODØKONOMI

svarene) og bringebær (14%), fulgt av kålrot (10%), kål (8%), agurk (6%), tomat (6%) og isbergsalat (5%). For 10 av vekstene var det bare svar fra én produsent.

Resultatene viste blant annet at bruk av innleid arbeidskraft utgjør en betydelig kostnad. Sett over alle vekster utgjorde kostnaden for sesongarbeidere over 20% av totalkostnadene i 75% av svarene. I 23% av svarene bidro denne posten med over halvparten av totalkostnadene forbundet med produksjonen. Av vekstene med mest robust tallmateriale (flestep svar) lå jordbær og bringebær øverst med en gjennomsnittlig kostnad for innleid arbeidskraft på hhv. 42 og 45% av de totale produksjonskostnadene.

Ikke overraskende viste resultatene videre at innhøsting skjer overveiende manuelt. En annen utpreget manuell arbeidsoppgave var såing/setting/planting. For øvrig var det store variasjoner mellom de ulike produksjonene. Produsentene bidro med mange forslag til hvilke arbeidsoperasjoner fra egen produksjon som egner seg for robotisering, og som bør prioriteres i det videre FoU-arbeidet. På tvers av vekster ble følgende operasjoner hyppigst nevnt; ugrasbekjempelse, øvrig plantevern, gjødsling, vanning, tynning/beskjæring og innhøsting.

Informasjon om eksisterende og kommende teknologi ble skaffet til veie gjennom deltagelse på forskningskonferanser, besøk hos en rekke sentrale robotmiljøer i Europa, og ved hjelp av e-postkorrespondanse og bruk av internett. Det skal nevnes at det nærmest daglig publiseres nyheter på robotfronten, slik at denne utredningen bør betraktes som ferskvare. Resultatene ble delt inn i følgende seks grupper; 1) roboter for planting og poding, 2) roboter for ugrasfjerning og tynning, 3) roboter for beskjæring og blomstertynning av frukttrær, 4) roboter for innhøsting, 5) roboter som dekker flere bruksområder, og 6) andre roboter og automatiserte løsninger.

De fleste teknologiske nyvinningene presentert i utredningen vil kunne egne seg for tilpasning/videreutvikling til norske forhold. Ut fra en evaluering basert på produsentenes behov, hvilken vekst teknologien er tilpasset, sannsynlig pris og tilgjengelighet ble fem prototyper/systemer vurdert til å ha et spesielt stort potensial i Norge. Dette omfatter i uprioritert rekkefølge; en robot for plantebehandling i radkulturer (videreutvikling av Adigos konsept), utstyr for behovstilpasset tynning av fruktblomster (tilpasning av Darwin-systemet), en høsterobot for jordbær (tilpasning av Agrobot), en høsterobot for bringebær (videreutvikling av NIBIOs høsterobot for sukkererter), samt en høsterobot for brokkoli (tilpasning av Agritronics prototyp).

LAND/COUNTRY: Norge
FYLKE/COUNTY: Oppland
KOMMUNE/MUNICIPALITY: Østre Toten
STED/LOKALITET: Kapp

GODKJENT /APPROVED


MOGENS LUND

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER


AUDUN KORSÆTH



FORORD

Denne utredningen er finansiert av Fondet for jordbruk og matindustri, med bidrag fra Bama og Gartnerhallen. Jeg vil rette en stor takk til produsentene i Gartnerhallen som tok seg tid til å besvare spørreundersøkelsen som danner grunnlaget for behovskartleggingen i første del! I andre del utredes eksisterende og kommende teknologi relevant for grøntsektoren i Norge. Robotisering av jordbruket er under rask utvikling, og det er ikke mulig å gi et fullstendig, dagsaktuelt bilde av situasjonen. Dette er ferskvare!

Audun Korsæth

Kapp, 16. februar 2016

INNHold

1	BAKGRUNN	6
2	PROSJEKTMÅL.....	8
3	MATERIAL OG METODE.....	9
3.1	Behovskartlegging	9
3.2	Informasjon om eksisterende og kommende teknologi	12
3.3	Evaluering av eksisterende og kommende teknologi for tilpasning/ videreutvikling under norske forhold.....	13
4	RESULTATER OG DISKUSJON	14
4.1	Behovskartlegging	14
4.1.1	Hvem har bidratt i kartleggingen?	14
4.1.2	Produksjoner representert i spørreundersøkelsen	15
4.1.3	Vekstspesifikke resultater	17
4.1.4	Argumenter for å ta i bruk roboter – produsentenes vektlegging	22
4.1.5	Prioriterte oppgaver	23
4.2	Eksisterende og kommende teknologi.....	23
4.2.1	Roboter for planting og poding.....	23
4.2.2	Roboter for ugrasfjerning og tynning	24
4.2.3	Roboter for beskjæring og blomstertynning av frukttrær	26
4.2.4	Roboter for innhøsting.....	27
4.2.5	Roboter som dekker flere bruksområder	30
4.2.6	Andre roboter og automatiserte løsninger.....	32
4.3	Teknologiske løsninger med potensial for tilpasning/videreutvikling til norske forhold	33
4.3.1	Robot for plantebehandling i radkulturer.....	33
4.3.2	Utstyr for behovstilpasset tynning av fruktblomster.....	33
4.3.3	Høsterobot for bringebær	33
4.3.4	Høsterobot for jordbær	33
4.3.5	Høsterobot for brokkoli	33
	APPENDIX: LISTE OVER ALLE TEKNOLOGISKE LØSNINGER VURDERT	36

1 BAKGRUNN

I den siste stortingsmeldingen om landbruk (Meld. St. 9, 2011-2012) ble grøntsektoren trukket fram som et område der det ligger til rette for økt norsk produksjon, og der økt forbruk er ønskelig av kostholdshensyn. I kjølvannet fulgte en SLF-rapport med tittelen «Vekstmuligheter i grøntsektoren» (Skarstein 2012). I rapporten analyseres styrker og svakheter for ulike produksjoner, og det blir blant annet pekt på at lønnsutvikling har stor innvirkning på lønnsomheten i de arbeidsintensive produksjonene. De svært høye lønnskostnadene vi har i Norge svekker vår konkurransevne vesentlig. Tabell 1 illustrerer nettopp dette. Den viser lønnsnivået for landbruksarbeidere i Norge sammenlignet med nivået hos noen av de landene vi konkurrerer med.

Tabell 1. Brutto timelønn for landbruksarbeidere

Land	Lokal valuta	Kilde	Kurs (14.04.14)	NOK	%
Norge, fast ansatt	Kr 125,30	www.fellesforbundet.no	1,00	125,3	-
Norge, sesong (3-6 mnd)	Kr 112,90	www.fellesforbundet.no	1,00	112,9	100
Polen ¹	PLN 10,50	Bama Trading	1,97	20,7	18
Spania ²	€ 6,42	Bama Trading	8,26	53,0	47
England ³	£ 6,50	Bama Trading	9,96	64,7	57
Nederland ⁴	€ 9,02	Bama Trading	8,26	74,5	66

¹Generell minste bruttolønn for alle lønsmottagere er PLN 1680 per mnd., med 160-168 timer pr. mnd.

²Bruttolønn for landarbeider.

³Bruttolønn for landarbeider i Murcia.

⁴Bruttolønn for landarbeider som er minimum 23 år, fast ansatt, og jobber 38-timers uke.

Som vi ser av tabellen, ligger lønnskostnadene vesentlig lavere i andre land, der spesielt Polen utmerker seg, med en timepris som ligger mer enn 80% under det norske bønder må betale for en sesongarbeider. Av de utvalgte landene i sammenligningen er timeprisen i Nederland høyest med ca 75 kr i timen, noe som fortsatt utgjør bare 66% av timelønna i Norge. I realiteten er spriket enda større, siden sesongarbeidskraft er vanskelig å få i Norge, og det innebærer import av utenlandsk arbeidskraft, som stort sett krever at produsenter holder husvære. Husvære er også en stor kostnad for grøntprodusenter.

I 2013 kom rapporten «Grønn vekst – Hva vil forbrukeren ha?» (Anonym 2013), utarbeidet av et bredt sammensatt utvalg der blant andre samtlige produsentorganisasjoner innen grøntsektoren var representert. I rapporten fra dette utvalget foreslås det mange tiltak for kostnadsreduksjon. Det er imidlertid en interessant mulighet som ikke nevnes i rapporten: Reduksjon i lønnskostnader gjennom automatisering av arbeidskrevende, manuelle oppgaver. Stikkordet her er roboter.

Roboter er på full fart inn i mange sektorer, også i landbruket. I Norge har særlig melkeroboter slått godt an, med over 1100 solgte roboter per november i 2012 (Philstrøm 2012). Et annet eksempel er fôringsroboter, som nå har begynt å dukke opp i norske fjøs (www.nrk.no/video/robotfjos_i_vaga/382ABECB4E03B300/). På produksjonssiden av

plantedyrkinga benyttes det i dag ingen roboter kommersielt her til lands, men noe forskning er på gang. Her ligger det et stort potensial, spesielt for vekster som krever mye manuelt arbeid.

Internasjonalt benyttes roboter i plantedyrkinga først og fremst innenfor det som gjerne omtales «high-value crops», altså vekster med en høy kilopris/stykkpris sammenlignet med «bulkprodukter» som korn, mais og soya (se f.eks. Kapach m.fl. 2012). Mange ulike forskningsmiljøer og teknologisk små-industri skilter med tilsynelatende nesten-klare produkter. Det eksisterer en del prototyper, og noen ferdige løsninger er på markedet. Det er imidlertid ikke opplagt hvilke løsninger som vil være best egnet for norske forhold og norske behov. Før vi begynner å legge store ressurser i robotisering av grøntsektoren er det derfor avgjørende at vi først skaffer oss en god oversikt over hvor behovet er størst, sett fra produsentenes side. Det er viktig å understreke at ved bruk av roboter må teknologien skreddersys hver prosess som skal utføres, noe som illustrerer viktigheten av en fornuftig prioritering av satsningen. Videre trenger vi kunnskap om hva som finnes av eksisterende og rundt-hjørnet-kommende, teknologiske løsninger, og hvilke av disse som er egnet for testing/videreutvikling i Norge. Dette utredningsprosjektet skal framskaffe denne oversikten og kunnskapen.

2 PROSJEKTMÅL

Dette utredningsprosjektet skal bidra til et første steg på veien for økt konkurransekraft innen grøntsektoren i Norge gjennom automatisering av manuelle, ressurskrevende oppgaver. Tre delmål er spesifiserte:

Delmål 1: Kartlegge behovet sett fra grøntprodusentenes side. Kartleggingen skal gi svar på hvilke oppgaver krever størst manuell innsats innenfor de ulike produksjonene, og hvilke produksjoner og oppgaver bør prioriteres.

Delmål 2: Utrede eksisterende og kommende teknologi relevant for grøntsektoren i Norge. Her skal en innhente informasjon om det som finnes både i Norge og internasjonalt, samt vurdere hva som er best egnet for tilpasning/videreutvikling til norske forhold.

Delmål 3: Formidle resultatene til alle interessenter

3 MATERIAL OG METODE

For å begrense omfanget, ble det valgt å utelate de relativt store (areal- og volummessig) produksjonene potet, gulrot og løk. Grunnen til dette er at i slike bulkproduksjoner er mekaniseringsgraden allerede stor - det meste av arbeidet skjer ved hjelp av traktor. Fra et effektiviseringsperspektiv betyr det at en først og fremst bør se på ulike muligheter for automatisering/styring av traktormontert utstyr i disse produksjonene.

3.1 Behovskartlegging

I samarbeid med Gartnerhallen og Bama ble det utarbeidet et spørreskjema. Gartnerhallen implementerte spørsmålene i feedback-verktøyet Questback, og sendte forespørsel samt lenke ut til 346 utvalgte produsenter i sitt leverandørregister. Kun produsenter med relevante produksjoner var med i utvalget.

Spørsmålene som ble stilt var slik utformet:

1. Hvilket fylke bor du i?
2. Hvilken kommune bor du i?
3. Er du: Mann Kvinne (sett kryss)
4. Hvor gammel er du (sett kryss)

Aldersklasse	
Under 21 år	
21-30 år	
31-40 år	
41-50 år	
51-60 år	
Over 60 år	

5. Hvilke produksjoner har du? Angi inntil tre av dine viktigste produksjoner (unntatt potet, løk eller gulrot)

6. Hvor stort volum produseres det årlig innenfor dine (inntil) tre viktigste kulturer? (sett kryss)

Volum, vekst 1		
1	Under 100 tonn	
2	100 - 250 tonn	
3	250 - 500 tonn	
4	500 - 1.000 tonn	
5	1.000 - 2.000 tonn	
6	> 2.000 tonn	
7	Vet ikke	

(Tilsvarende for vekst 2 og 3).

7. Hvor mange sesongarbeidere er det involvert i hver enkelt produksjon? (sett kryss)

Antall sesongarbeidere, vekst 1		
1	1-9 stk.	
2	10-19 stk.	
3	20-29 stk.	
4	30-39 stk.	
5	40-49 stk.	
6	Over 50 stk.	

(Tilsvarende for vekst 2 og 3).

8. Hvor stor andel (%) av produksjonskostnadene anslår du brukes på sesongarbeidere? (sett kryss)

Andel produksjonskostnader, vekst 1	
1	0-10%
2	11-20%
3	21-30%
4	31-40%
5	41-50%
6	51-60%
7	61-70%
8	71-80%
9	81-90%
10	Over 90%

(Tilsvarende for vekst 2 og 3).

9. Vurder graden av manuelt arbeid, på en skala fra 1 til 5 (sett kryss).

1 = automatisk; jobben blir gjort i sin helhet fra traktor eller annen maskin

5 = manuell; jobben gjøres med hånd

Arbeidsoppgave, vekst 1	Grad av manuelt arbeid				
	1	2	3	4	5
Såing/setting/planting					
Vårgjødsling					
Legging av duk					
Kjemisk ugrasbekjempelse					
Mekanisk ugrasbekjempelse					
Tynning					
Skadedyrbekjempelse					
Sjukdomsbekjempelse					
Vanning					
Delgjødsling/bladgjødsling					
Innhøsting					

(Tilsvarende for vekst 2 og 3).

10. Ulike faktorer og grad av viktighet, hvis de erstattes av robot? (sett kryss)

1 = spiller ingen rolle

5 = helt avgjørende

Faktorer	Grad av viktighet				
	1	2	3	4	5
Økt lønnsomhet totalt for produksjonen					
Raskere utført arbeidsoperasjon					
Mindre fysisk belastning					
Mindre væravhengighet					
Risiko for funksjonsfeil ved roboten					
Teknikkinteresse					
Andre faktorer (spesifiser under)					

11. Nevn tre arbeidsoperasjoner fra din egen produksjon, som du mener egner seg for robotisering, og som du mener bør prioriteres i forsknings- og utviklingsarbeidet innen grøntsektoren. Opplys også hvilken kultur(er) det gjelder.

Innkomne svar ble behandlet i Excel.

3.2 Informasjon om eksisterende og kommende teknologi

Informasjon ble skaffet til veie på ulike måter. Deltagelse på forskningskonferansen «29th International Horticultural Congress» i Brisbane, Australia (17.-23. august 2014) bidro med nyttige opplysninger om forskningsfronten, og ikke minst om relevante forskergrupper for videre kontakt. Vi besøkte en rekke sentrale robotmiljøer i Europa (Computer Vision & Robotics, Farm Technology Group, begge Wageningen University, Nederland; Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Tyskland; Kompetenzzentrum Coala, University of Applied Sciences, Osnabrück, Tyskland, Engineering Department, Harper Adams University, England; IMEC R&D, Leuven, Belgia; Faculty of Science and Engineering, Plymouth University, England), og har ut over dette tatt kontakt per telefon/e-post med nøkkelpersoner vi ikke rakk å besøke. Videre har tidligere etablerte kontaktnett bidratt med viktige innspill. Sist, men ikke minst, har vi funnet meget omfattende informasjon på internett. Mye av dette har vi kun vært i stand til å finne fram til på grunn av informasjon fra kilder nevnt over.

For hvert produkt ble følgende informasjonen samlet og strukturert slik vist i tabell 2.

Tabell 2. Informasjonsstruktur for utredet robot-teknologi

Generelt	
<i>Selskap / Institusjon</i>	
<i>Web-adresse</i>	
<i>Kort produktbeskrivelse</i>	
Robot	
<i>Navn</i>	
<i>Bruksområde</i>	
<i>Funksjon</i>	
<i>Testing</i>	
<i>Tilgjengelighet</i>	
<i>Pris</i>	

Alle rådata ble av arbeidsbesparende hensyn skrevet på engelsk (se Appendix). Data ble videre systematisert ut fra bruksområde.

Det må understrekes at vi ikke er i stand til å gi et fullstendig bilde av situasjonen. Robotisering av jordbruket har utviklet seg til å bli et meget «hot» område, noe som bl.a. gjenspeiles i det kommende arbeidsprogrammet til EUs Horizon 2020. Svært mange aktører har kastet sine øyne på jordbruket som et nytt, potent marked for en rekke teknologiske idéer og produktgrupper som til nå har vært tilpasset andre markeder. Her kan nevnes at markedet for roboter til jordbruksformål var på anslagsvis 817 millioner US-dollar i 2013, mens det antas å øke til 16.3 milliarder US-dollar innen 2020 (Eutis, S. 2014). Nærmest daglig publiseres nyheter på robotfronten, i mange ulike og til dels uoversiktlige fora. Denne utredningen bør derfor betraktes som ferskvare.

3.3 Evaluering av eksisterende og kommende teknologi for tilpasning/ videreutvikling under norske forhold

Alle de teknologiske produktene inkludert i denne utredningen ble evaluert ut fra potensialet for bruk i Norge. Følgende kriterier ble lagt til grunn for evalueringen:

- Grøntprodusentenes behov, i stor grad basert på resultatene fra spørreundersøkelsen
- Egnethet for vekster med et visst produksjonsvolum i Norge i dag
- Sannsynlig stykkpris (må kunne bli et realistisk alternativ til manuell arbeidskraft)
- Tilgjengelighet

Det ble tilstrebet å lage en begrenset liste, der kun de mest interessante mulighetene ble tatt med.

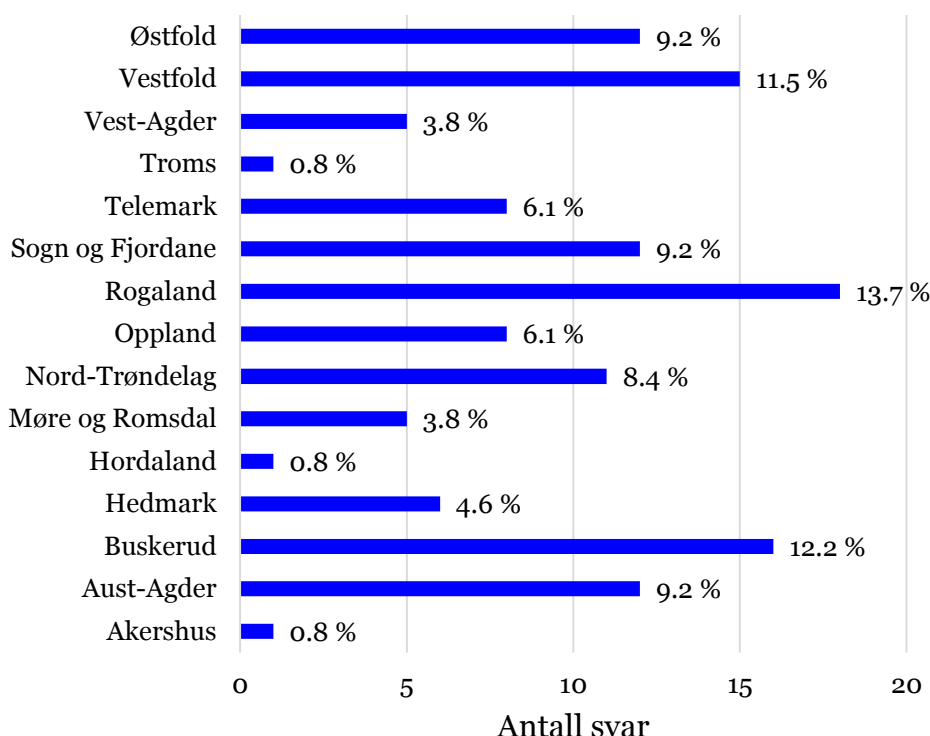
4 RESULTATER OG DISKUSJON

4.1 Behovskartlegging

Av de 346 utsendte forespørsler kom det inn 136 besvarelser, noe som gir en svarprosent på 39. Ikke alle var fullstendige, i den forstand at alle spørsmål var besvart. Antall svar som ligger bak de presenterte tallene er vist i alle følgende tabeller og figurer.

4.1.1 Hvem har bidratt i kartleggingen?

Av de 132 som oppga sted, kom flest besvarelser fra produsenter i Rogaland, Vestfold og Buskerud (Fig. 1).



Figur 1. Antall besvarelser fordelt på fylkesnivå (n=132)

De fem kommunene med flest besvarelser var Lier (10), Grimstad (7), Finnøy (6), Rygge og Østre Toten (begge 5) (n=125). Den geografiske fordelingen av svarene gjenspeiler dermed godt viktige områder for grøntproduksjon i landet.

Kjønnsmessig var det overvekt av menn som svarte, med 76%, mot 8% kvinner. Av de 131 som svarte totalt, hadde 16% ikke krysset av for kjønn, noe som ble tolket som stor grad av kjønnsmessig samarbeid. Aldersfordelingen på de som svarte er vist i tabell 2.

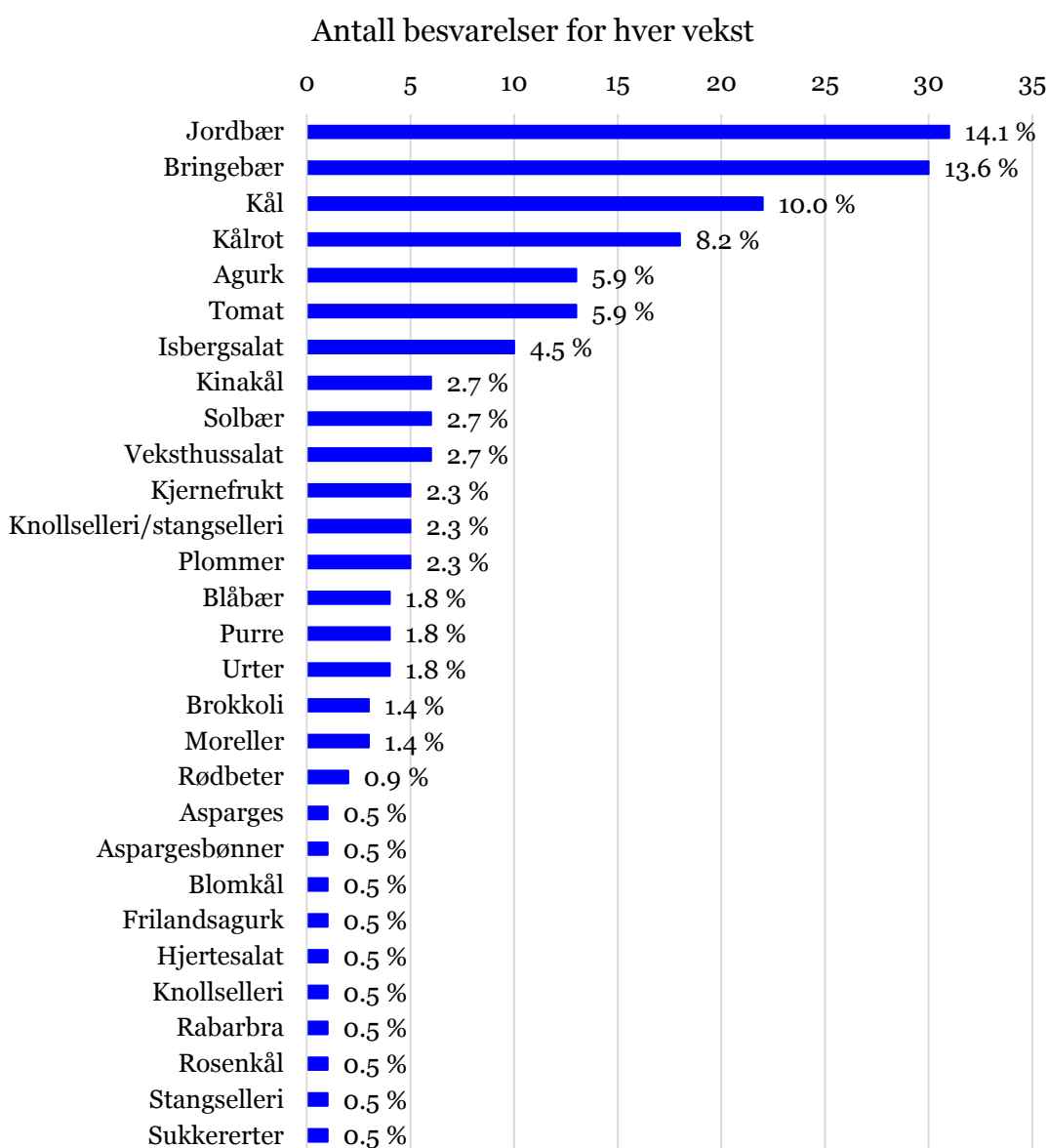
Tabell 2. Aldersfordeling på de som svarte (n=131)

Aldersgruppe	Antall	%
21 - 30 år	5	4
31 - 40 år	26	20
41 - 50 år	33	25
51 - 60 år	38	29
Over 60 år	29	22

Det var få besvarelser fra produsenter under 30 år, med en relativ jevn fordeling mellom klassene over 30 år. Det var imidlertid en tendens til økning i antall besvarelser med alder, opp til klassen 51-60 år, som hadde flest. Det var flere over 60 år som deltok enn i klassen 31-40 år.

4.1.2 Produksjoner representert i spørreundersøkelsen

Hver produsent kunne velge å besvare spørsmål relatert til maksimalt tre av sine produksjoner/vekster, men mange hadde bare med én vekst i sin besvarelse. Til sammen kom det inn 220 vekstspesifikke svar. Selv om vi hadde valgt å holde løk, poteter og gulrot utenfor undersøkelsen, var det likevel noen som inkluderte disse vekstene (henholdsvis 6, 2 og 2 svar). Ti av vekstene manglet nærmere spesifisering enn «annet». Disse til sammen 20 svarene ble ikke tatt med videre. Resultatene omfatter dermed 200 vekstspesifikke svar, som representerer 29 ulike vekster (Fig. 2).



Figur 2. Antall besvarelser gruppert på vekst (n=200). Hver produsent kunne velge å besvare spørsmål relatert til maksimalt tre av sine produksjoner/vekster

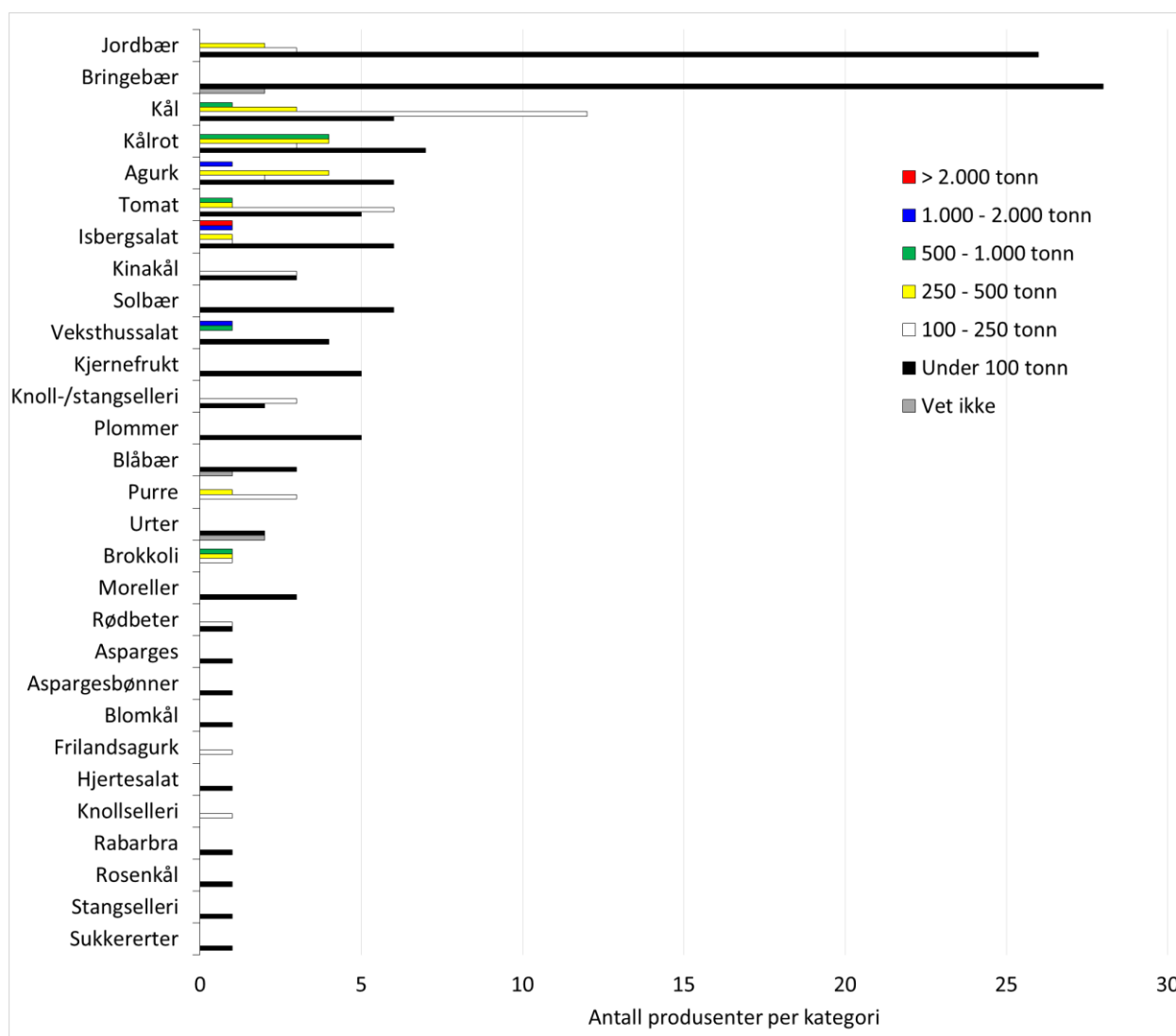
Av de 29 vekstene som vi fikk inn svar på, var det sju som var representert med 10 svar eller mer. Jordbær og bringebær hadde flest svar (begge med ca. 14% av svarene), deretter kom kål og kålrot (henholdsvis 8 og 10% av svarene), fulgt av veksthusproduksjonene agurk og tomat (begge med ca. 6%), og isbergsalat (ca. 5%). For 10 av vekstene var det bare svar fra én produsent.

Vi har valgt til dels å presentere middeltall for de 29 vekstene vist i Figur 2 for de vekstspesifikke spørsmålene 6-9 (se kap. 3.1). Når svarene skal vurderes, er det derfor svært viktig å ta hensyn til antall besvarelser som ligger bak hvert svar. Flere svar bak hvert tall øker muligheten til å generalisere resultatene, mens der det er bare ett eller noen få svar bak middeltallet blir svarene mer å betrakte som eksempler. I de følgende figurer er vekstenes rekkefølge sortert ut fra antall svar for hver vekst, slik vist i Fig. 2 (fleste svar øverst).

4.1.3 Vekstspesifikke resultater

4.1.3.1 Produksjonsvolum

Produksjonsvolum er viktig å ta med i vurderingen ved innføring av nye, tekniske løsninger. En vil naturligvis stille helt andre krav til utførelse, kraftbehov og robusthet for løsninger som skal håndtere 50 tonn årlig, enn der produksjonen ligger over 1000 tonn. Det var store forskjeller både mellom og innen vekster med hensyn til produksjonsvolum (Fig. 3).

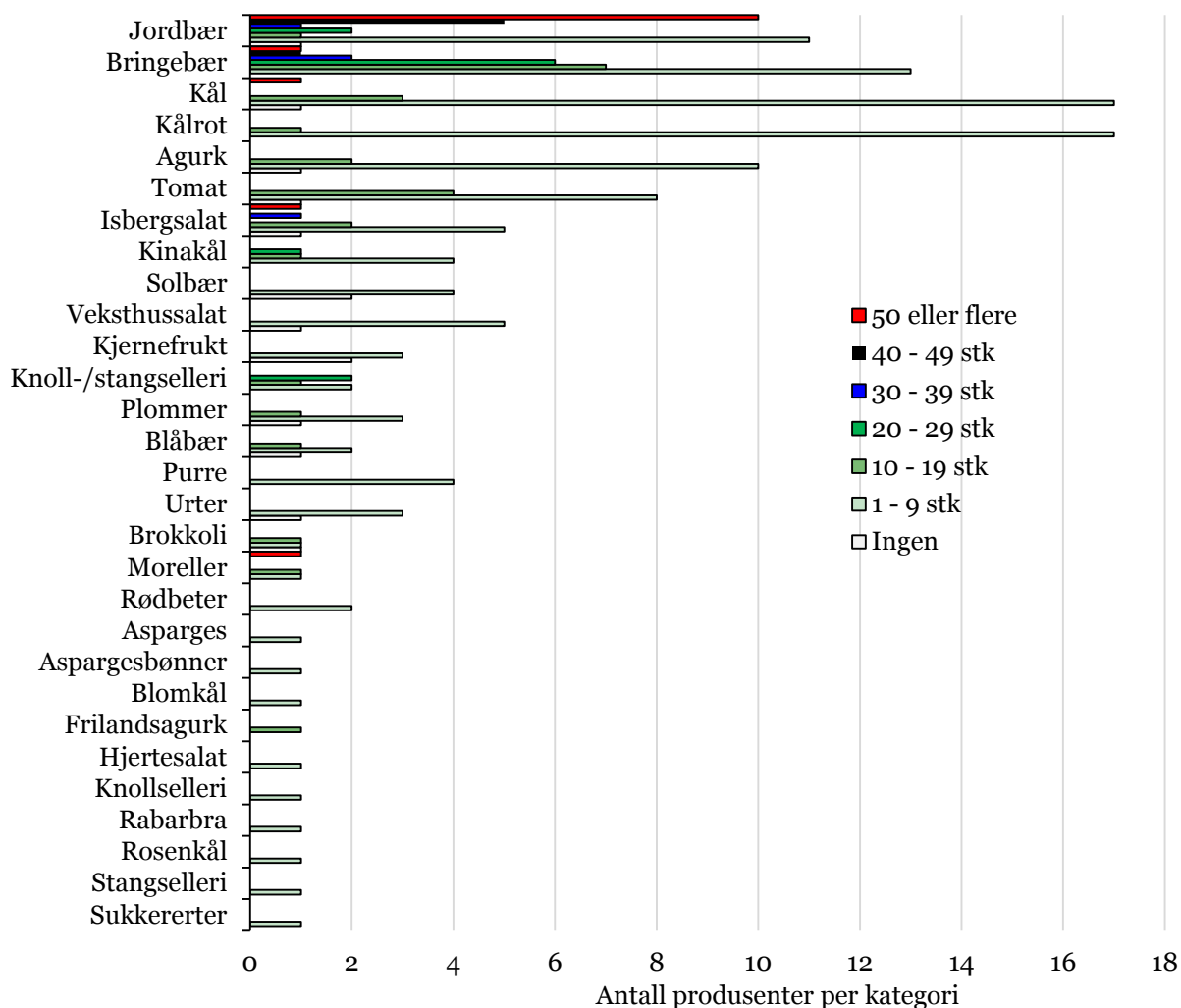


Figur 3. Antall produsenter innen hver volumkategori for hver vekst (n=200)

Den største produksjonen blant de som svarte var av isbergsalat, med over 2000 tonn årlig (Fig. 3). Andre vekster med mer enn 1000 tonn årlig produksjon representert her, var agurk og veksthussalat.

4.1.3.2 Sesongarbeidere

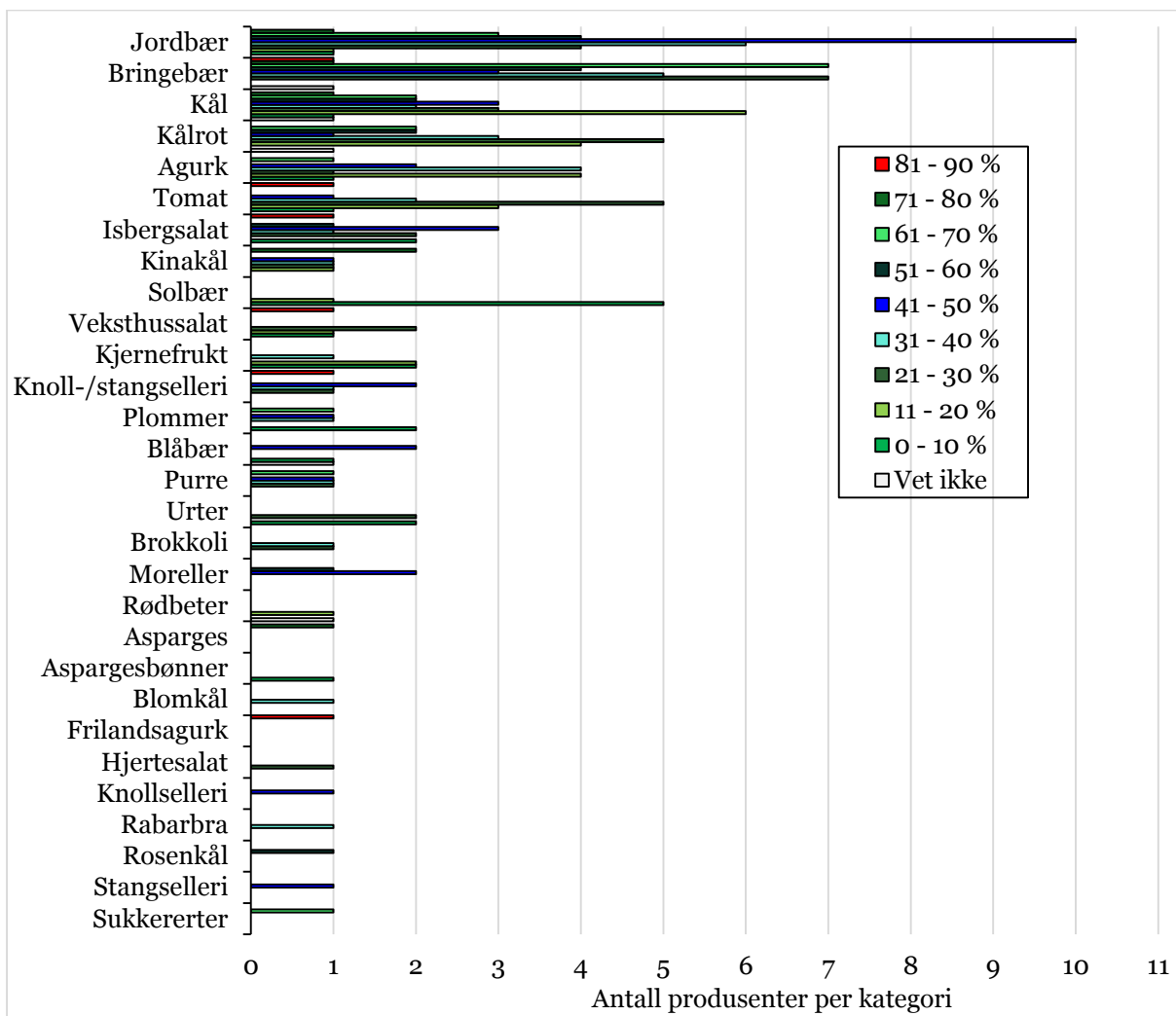
Bruken av sesongarbeidere varierte også stort mellom vekster og mellom produsenter av samme vekst (Fig. 4).



Figur 4. Antall sesongarbeidere er inndelt i sju kategorier, og antall produsenter som krysset av for de respektive kategoriene er vist på vekstbasis (n=200)

Produsenter i undersøkelsen som benytter mer enn 50 sesongarbeidere, produserte enten jordbær, bringebær, kål, isbergsalat eller moreller. For jordbær gjaldt dette 10 produsenter, for de andre vekstene var det enkeltprodusenter.

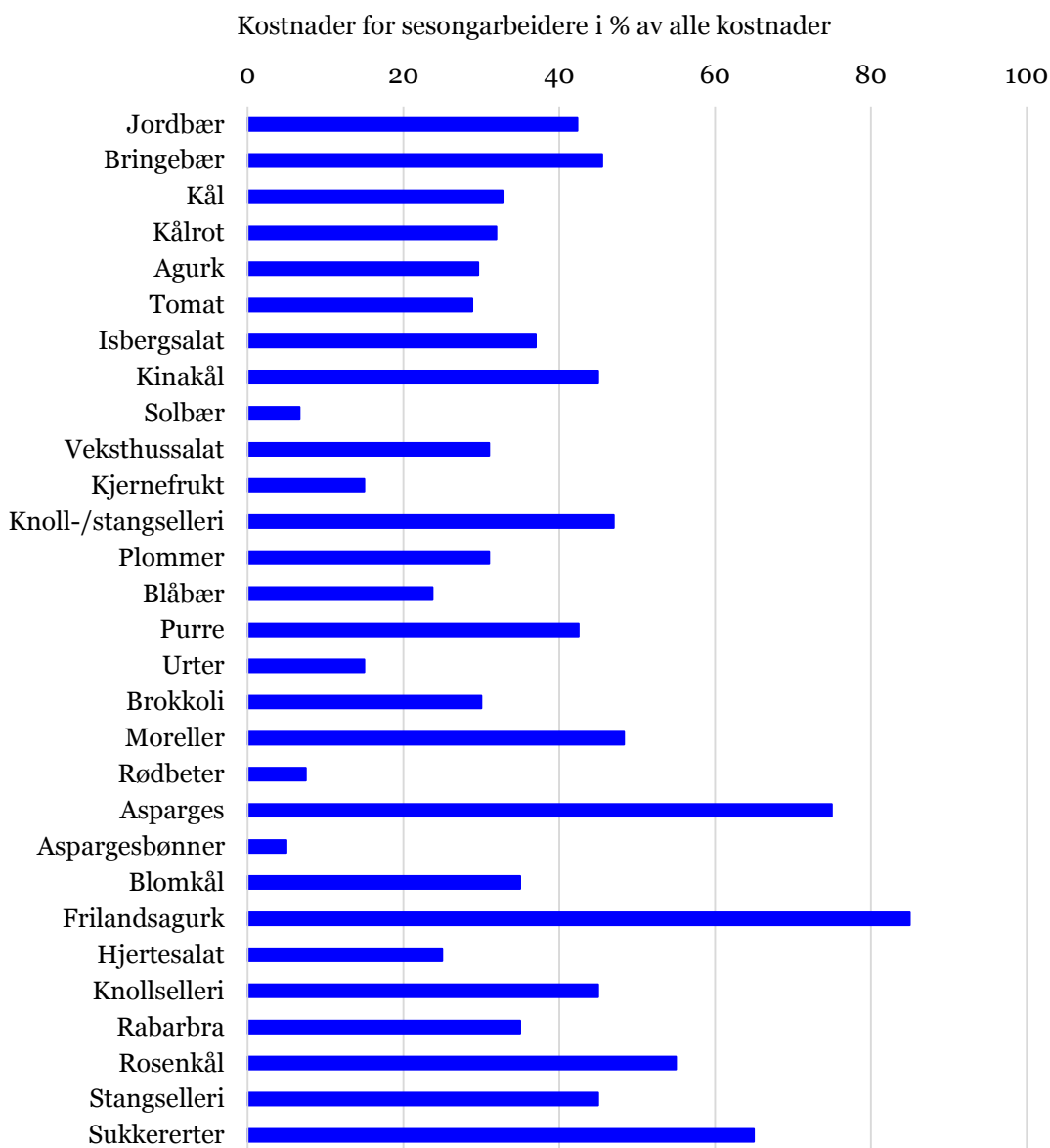
For gårdbrukeren er den faktiske kostnaden forbundet med bruk av innleid arbeidskraft en sentral størrelse. Her er den vist i prosent av alle kostnadene forbundet med produksjonen (Fig. 5).



Figur 5. Kostnaden for sesongarbeidere i prosent av totalkostnadene inndelt i ti kategorier, og antall produsenter som krysset av for de respektive kategoriene er vist på vekstbasis (n=195)

Spraket i oppgitt kostnadsandel for sesongarbeidere (Fig. 5) gjenspeiler den store variasjonen i bruk av innled arbeidskraft (Fig. 4). Det generelle bildet er at sesongarbeidere utgjør en betydelig kostnad. Sett over alle vekster, oppgis kostnaden til å utgjøre over 20% av totalkostnadene i 75% av svarene. I 23% av svarene er kostnaden faktisk oppgitt til å utgjøre over halvparten av totalkostnadene forbundet med produksjonen.

Forskjellen mellom vekster er lettere å lese ut fra gjennomsnittstall (beregnet ut fra klassemiddelverdier) (Fig. 6).



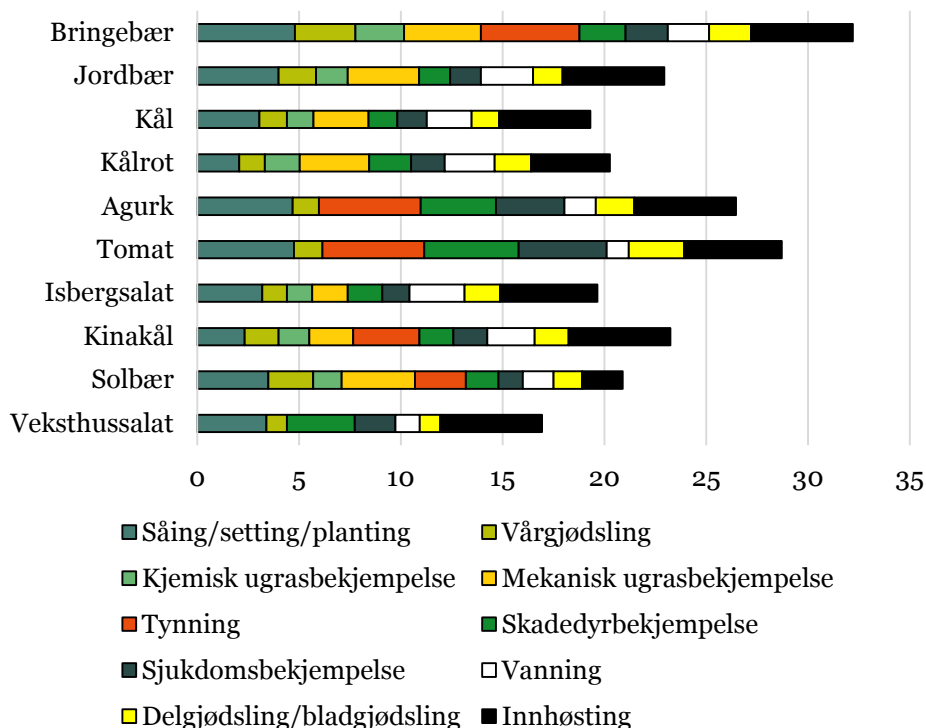
Figur 6. Gjennomsnittlig kostnad for sesongarbeidere i prosent av totalkostnadene, beregnet ut fra kategoriernes klassemiddel (n=195)

Av de 10 vekstene med mest robust tallmateriale (flest svar) øverst i Fig. 6, hadde ni av vekstene en gjennomsnittskostnad for sesongarbeidere på 29% av totalkostnadene eller mer, med jordbær, bringebær og kinakål rundt 45%. Unntaket var solbær, der denne kostnaden bare utgjorde 7%. Asparges og frilandsagurk lå høyest, med henholdsvis 75 og 85%. Her lå det imidlertid bare ett svar bak hvert av tallene.

4.1.3.3 Grad av manuelt arbeid

Deltagerne i spørreundersøkelsen ble bedt om å vurdere graden av manuelt arbeid for alle de viktigste arbeidsoperasjonene i produksjonen på en skala fra en til fem (1 = automatisk; jobben kan

gjøres i sin helhet fra traktor eller annen maskin; 5 = manuell; jobben gjøres med hånd). Resultatene er vist i Figur 7 for de ti vekstene med flest svar.



Figur 7. Graden av manuelt arbeid for de viktigste arbeidsoperasjonene (1 er automatisk; jobben kan gjøres i sin helhet fra traktor eller annen maskin, og 5 er manuell; jobben gjøres med hånd) i gjennomsnitt for hver vekst. Søylene viser summen av alle operasjonene, der høyere sum betyr større grad av manuelt arbeid (n=195)

Det var en del sprik i besvarelsene, siden enkelte arbeidsoperasjoner gjøres forskjellig mellom produsenter av samme vekst (f.eks. bruk av vanning), men det var likevel klare trender i materialet. Innhøsting var overveiende manuell i alle produksjonene. Unntaket var solbær (gjennomsnittsgradering: 2,0), der høstemaskiner er vanlig. Kålrotinnhøsting hadde også en noe høyere automatiseringsgrad (3,8) enn de andre vekstene.

Et annen utpreget manuell arbeidsoppgave var såing/setting/planting, der alle vekstene unntatt kålrot og kinakål ble gradert til 3 eller mer.

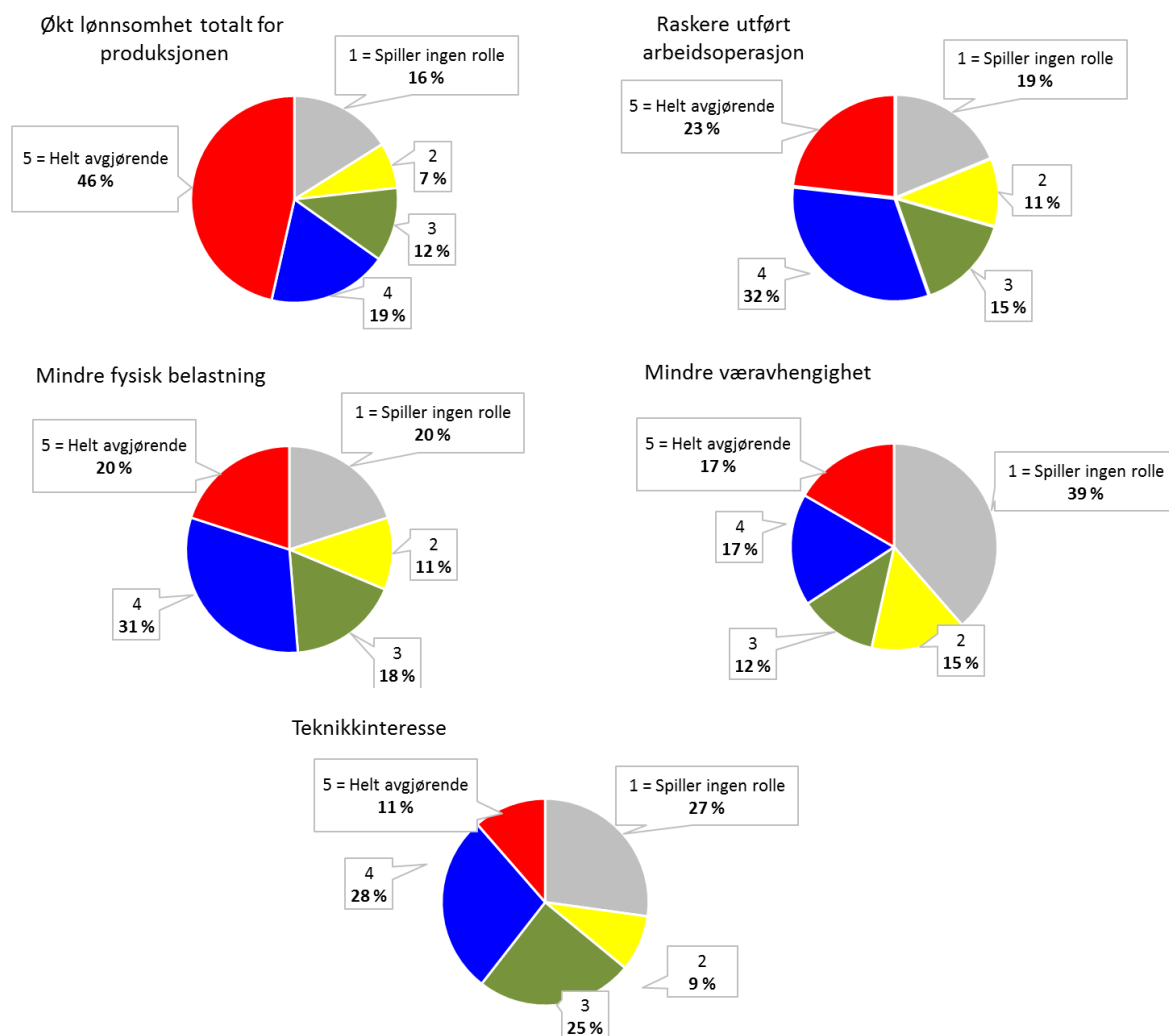
Resultatene kan bare i begrenset grad benyttes til å sammenligne produksjonene, siden en her ikke har noe informasjon om den samlede tiden en bruker på de ulike operasjonene. Tallene gir først og fremst en god pekepinn på hvor de viktigste manuelle flaskehalsene ligger for den enkelte produksjon.

Produksjonen av bringebær viste seg å være utpreget manuell, der planteetablering og tynning bidro mye, i tillegg til innhøstingen. Jordbærproduksjon ga et litt mindre manuelt bilde, noe som nok kan forklares med at en her lettere kan ta i bruk traktormonterte løsninger.

Innen veksthusproduksjonene var graden av manuelt arbeid høyere for agurk og tomat enn for veksthussalat. En viktig forskjell var at tynning ikke blir utført i veksthussalat.

4.1.4 Argumenter for å ta i bruk roboter – produsentenes vektlegging

I spørreundersøkelsen ble produsentene bedt om å vurdere viktigheten ved seks ulike argumenter, på en skala fra 1 (uviktig) til 5 (helt avgjørende), for/mot å ta i bruk roboter i produksjonen (Fig. 8).



Figur 8. Vekting av argumenter for robotisering av produksjonen (n=115)

Det klart viktigste argumentet for en eventuell robotisering av produksjonen var lønnsomhet, fulgt av raskere utført arbeidsoperasjon og mindre fysisk belastning. Minst avgjørende var argumentet om væravhengighet. Produsentene ble også spurt om hvordan de vurderer risiko for funksjonsfeil ved roboten. Produsentene svarte at det hadde stor betydning, og det indikerer at risikoen for funksjonsfeil er viktig å redusere til et minimum, skal teknologien være interessant.

4.1.5 Prioriterte oppgaver

I det siste spørsmålet på spørreskjemaet ble produsentene bedt om å nevne tre arbeidsoperasjoner fra egen produksjon, som egner seg for robotisering, og som bør prioriteres i forsknings- og utviklingsarbeidet innen grøntsektoren. På tvers av vekster ble følgende operasjoner hyppig nevnt; ugrasbekjempelse, øvrig plantevern, gjødsling, vanning, beskjæring og innhøsting. En produsent påpekte viktigheten av å forenkle og effektivisere operasjonene i produksjonen før eventuell robotisering. Flere av de spurte kommenterte at de ikke så noen opplagte muligheter for robotisering av deres produksjon i dag.

Vekstspesifikke kommentarer er oppsummert under for de vekstene med flest besvarelser; jordbær, bringebær, kål og kålrot.

4.1.5.1 Prioriterte oppgaver: Jordbær

- Planting
- Ut- og innlegging av sandsekker
- Duklegging
- Vanning
- Ugrasbekjempelse
- Innhøsting
- Pakking og palletering

4.1.5.2 Prioriterte oppgaver: Bringebær

- Radgjødsling
- Vanning/gjødselvanning
- Sprøyting mot skadedyr og sopp
- Automatisk dekkesystem (væravhengig)
- Innhøsting

4.1.5.3 Prioriterte oppgaver: Kål og kålrot

- Planting
- Tynning
- Ugrasbekjempelse (én produsent: «Hva med en robot som driver med mekanisk ugrasbekjemping og samtidig har med seg tank for selektiv sjukdomsbehandling og gjødsling/bladgjødsling?»)
- Innhøsting
- Kvalitets- og størrelsessortering
- Pussing/vasking
- Pakking

4.2 Eksisterende og kommende teknologi

Innsamlede data på eksisterende og kommende robotteknologi ble gruppert ut fra funksjon. I dette kapitlet blir materialet hovedsakelig oppsummert. For detaljer vises til Appendix.

4.2.1 Roboter for planting og poding

Det eksisterer en robot for utplanting av blomsterplanter (Bilde 1). Roboten har vært på markedet siden 2002, og den er ifølge produsenten under kontinuerlig forbedring. Systemer for robotisert planting av andre vekster er ikke funnet, men det er nærliggende å anta at systemet kan tilpasses de fleste planter av tilsvarende størrelse ved utplanting.



Bilde 1. RoBoPlant; robot for planting av blomsterplanter

Et relativt nytt område for robotisering er poding. Det finnes i dag minst to robot-systemer for poding av grønnsakplanter, der et av dem også håndterer poding av frukttrær (Bilde 2). Poding av grønnsakplanter er ikke så vanlig i Norge, men alle frukttrær podes. Poding har tradisjonelt vært en arbeids- og tidkrevende operasjon for frukttreprodusentene.



Bilde 2. GR-600CS; robot for poding av grønnsakplanter- og frukttrær

4.2.2 Roboter for ugrasfjerning og tynning

Det er utviklet flere roboter for ugrasfjerning, men så langt er kun én tilgjengelig kommersielt. Det franske selskapet Naio Technologies begynte å selge en robot for radrensing i radkulturer i 2013 (Bilde 3). Gevinsten ved en slik løsning, sammenlignet med avanserte, traktormonterte løsninger for radrensing er imidlertid uklart.



Bilde 3. Oz; robot for radrensing

Prototypene som det finnes informasjon om per nå, omfatter ulike mekaniske løsninger for ugrasfjerning i radkulturer (de danskproduserte robotene Hortibot og Vibro Crop Robotti, samt en fra det sveitsiske firmaet ecoRobotix). Her skiller den norskproduserte roboten til Adigo AS seg ut. Denne prototypen kombinerer avansert bildebehandling med mikrodråpesprøyting for ugrasfjerning i radkulturer (Bilde 4). Prototypen til Adigo er under uttesting i Norge nå (2015-2016).



Bilde 4. Robot for mikrodråpesprøyting av ugras i radkulturer

Det amerikanske firmaet Foothill Packing har utviklet en robot for tynning av salat og (noen) grønnsakvekster (Bilde 5).



Bilde 5. Splat 1.0 Thinning Rover; robot for tynning av salat og grønnsaker

Roboten skal være tilgjengelig for markedet nå, og Foothill Packing reklamerer med at roboten i tillegg til tynning, også gjødsler og sprøyter med både herbicider og fungicider. Kvaliteten av robotens arbeid kan imidlertid ikke verifiseres, siden informasjon om testing etc. ikke er tilgjengelig.

Det finnes dessuten flere traktormonterte løsninger for ugrasfjerning og/eller tynning. Den danske ROBOVATOR for ugrasfjerning i salat, fennikel, løk og kål har vært på markedet siden 2011. Den benytter mekanisk radrensing mellom radene, og termal (flamme) behandling av ugrasplantene i radene (alternativt mekanisk både i og mellom rader). Det amerikanske firmaet Vision Robotics kom på markedet i 2012 med en salattynner basert på bruk av herbicid (nedsprøyting av overflødige salatplanter). Et annet amerikansk firma, Blue River Technologies, tilbyr siden 2013 «LettuceBot2»; en traktormontert løsning som både tynner salat og fjerner ugras ved hjelp av selektiv herbicidsprøyting (Bilde 6).



Bilde 6. LettuceBot2; utstyr for salattynning og ugrassprøyting

4.2.3 Roboter for beskjæring og blomstertynning av frukttrær

I 2013 kom en fransk beskjæringsrobot for vinplanter på markedet (Bilde 7). Roboten er utstyrt med to armer og er drevet av et solcellepanel. Vision Robotics (USA) har utviklet en prototyp med samme formål, som sannsynligvis vil være markedsklar i løpet av 2016. Den er imidlertid vesentlig større enn den franske, og prisen ligger også an til å bli 3-4 ganger så høy. En annen amerikansk prototyp er utviklet ved Purdue University. Den skal kunne beskjære både vinplanter og epletrær, men ut over dette er svært lite informasjon tilgjengelig.



Bilde 7. Wall-Ye 1000; robot for beskjæring av vinplanter

Det tyske forskningsinstituttet ATB har utviklet en traktormontert prototyp for tynning av fruktblomster på epletrær (Bilde 8). Systemet består av kamera og bildebehandling for registrering av antallet/tettheten av fruktblomster, og en roterende børste for mekanisk blomsterfjerning, der hastigheten på børsta justeres ut fra eksisterende og ønsket blomstertetthet. Videre utvikling av systemet pågår i regi av et prosjekt som skal være ferdig i løpet av 2016.



Bilde 8. Darwin; traktormontert system for tetthetsjustert tynning av fruktblomster

4.2.4 Roboter for innhøsting

Den største gruppen av roboter ble funnet for funksjonen innhøsting.

Innenfor veksthusproduksjonene er det utviklet prototyper for høsting av agurk, paprika (Wageningen University, Nederland), og blomster (Leibnitz University, Tyskland). For samtlige ser det ut til å gjenstå en god del utviklingsarbeid. Harvest Automation i USA har vært på markedet siden 2013 med et logistikksystem for behandling av pottes med planter dyrket for utplanting (blomster, bærplanter, tomatplanter, mm.). Systemet er mest interessant for produsenter av plantemateriale.

For plukking av jordbær finnes det i dag tre robotiserte prototyper. Den som har kommet lengst er den spanske Agrobot (Bilde 9). Siste versjon av denne roboten har 60 armer og er basert på at jordbærplantene dyrkes i vannkultur i opphøyde bed. Agrobot er under testing både i Spania og i USA (California), og forventes markedsklar om kort tid. De to andre prototypene, produsert av henholdsvis Robotic Harvesting LLC (USA) og Institute of Agricultural Machinery (Japan) virker langt mindre lovende. I tillegg til disse er én prototyp nå under utvikling i Storbritannia (tidlig utviklingsfase; S. Blackmore, pers. med.).



Bilde 9. Agrobot, høsterobot for jordbær

I Norge har NIBIO m.fl. utviklet en første prototyp for høsting av sukkererter (Bilde 10). For identifisering av sukkerertbelgene benyttes en kombinasjon av refleksjonsanalyse (VIS-NIR) og visjonsbasert robotkontroll. Systemet vil kunne tilpasses andre vekster med lignende plantestruktur, slik som f.eks. bringebær.



Bilde 10. Robot for plukking av sukkererter

Innenfor fruktsektoren er det utviklet to prototyper for robotisert høsting av epler, én i Nederland (Wageningen University) og én i Kina (Jiangsu University) (Bilde 11).



Bilde 11. Roboter for høsting av epler, nederlandsk prototyp til venstre, kinesisk til høyre

Det er svært lite informasjon tilgjengelig om den nederlandske prototypen. Testresultatene for den kinesiske prototypen viser at den lider av et problem som er nokså utbredt blant tidlige versjoner av høsteroboter; nemlig lang plukkesyklus. Gjennomsnittlig plukketid for denne roboten var på 15 sekunder per eple.

En vesentlig raskere variant er bygget av firmaet Energid (USA) for høsting av appelsin og grapefrukt til juiceproduksjon (Bilde 12). Robotarmen på denne doningen er oppgitt å bruke 2-3 sekunder per frukt, men den mobile plattformen er ikke autonom – her trengs en sjåfør. Utstyret forventes å komme på markedet i 2016.



Bilde 12. Sitrusfrukthøster for juiceproduksjon

Den mest imponerende roboten for fruktplukking er imidlertid konstruert ved Massey University (New Zealand) (Bilde 13). Roboten er i stand til å plukke en kiwifrukt per sekund ved hjelp av fire armer. Den opererer helt autonomt, og håndterer i tillegg til selve plukkingen tømning av fulle kasser, henting av tomkasser og beskyttelse av den plukkede frukten ved nedbør. Roboten ble imidlertid testet i felt allerede i 2009, og det er uklart hvorfor den enda ikke er kommersielt tilgjengelig.



Bilde 13. IntelliPick; robot for plukking av kiwifrukt

For frilandsproduksjoner er det per i dag bare informasjon tilgjengelig for to prototyper. I Tyskland har Grimme GmbH i samarbeid med flere aktører utviklet en demonstrasjonsmodell for robotisert innhøsting av sukkerbeter (Bilde 14). Modellen ble presentert i 2014, men Grimme & co. regner med å bruke 5-10 år med videre utvikling før produktet er ferdig utviklet og markedsklart.



Bilde 14. Maxtron 620; robot for høsting av sukkerbeter

Det nederlandske firmaet Agritronics har sammen med Wageningen University laget en prototyp for robotisert høsting av brokkoli (Bilde 15). Selve høsteoperasjonen skjer autonomt, men innretningen er avhengig av en person som kjører (ingen ren robot). Systemet er designet slik at kun brokkoli som er over en viss pre-definert størrelse høstes, mens resten får vokse videre til neste høsterunde. Prototypen ble utviklet som en del av et prosjekt i 2013, men det kan virke som om arbeidet ble lagt på is etter prosjektslutt.



Bilde 15. Innretning for robotisert plukking av brokkoli

Interessen for å robotisere høsting av brokkoli ser imidlertid ut til å ta seg opp igjen. Lincoln University i Storbritannia har nylig fått et meget stort prosjekt fra Agri-Tech catalyst for å utvikle et hel-robotisert høstesystem for brokkoli (Eagle, J. 2015).

4.2.5 Roboter som dekker flere bruksområder

Den polske roboten Agribot (Wroclaw University of Technology og University of Life Sciences) er beltegående og utstyrt med trepunktsoppheng og kraftuttak både foran og bak (Bilde 16). Denne prototypen kan dermed gjøre to operasjoner på en gang, og det er utviklet utstyr for blant annet gjødsling, sprøyting, jordprøvetaking og gressklipping. Plan for kommersialisering og salgspris er ikke oppgitt.



Bilde 16. Agribot; universal robot

Canadiske Grizzly (Clearpath Robotics) er i utgangspunktet designet for draoperasjoner, men kan utstyres etter behov (Bilde 17). Roboten har blitt solgt til flere universitetsmiljøer til forskningsformål, og er i ferd med å gjøres fritt tilgjengelig.



Bilde 17. Grizzly; universal robot her trekkende på ei såmaskin

Amazone og Bosch (Tyskland) har sammen bygd en lettvekts-robot, BoniRob, også designet for å dekke flere bruksområder (Bilde 18). Systemet har en modular design, som innebærer at ulike moduler monteres direkte på roboten. Det er utviklet moduler for gjødsling, sprøyting og fenotyping. Per i dag eksisterer det to slike prototyper, og det skal foreløpig ikke foreligge noen plan om kommersialisering.



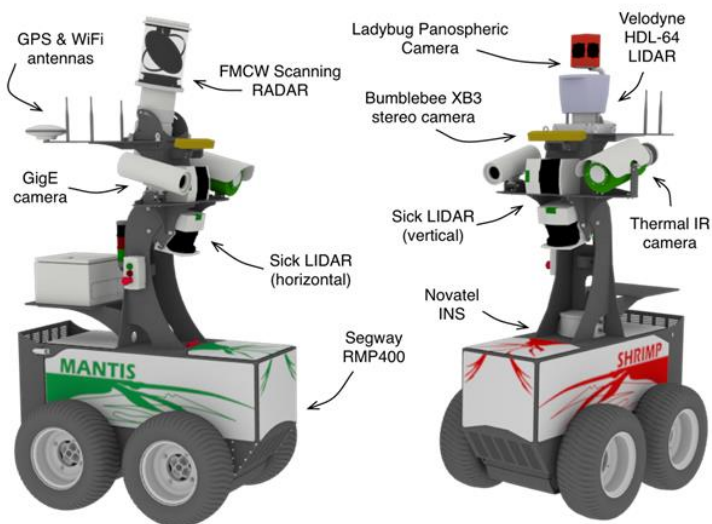
Bilde 18. BoniRob; modulbasert robot

Rowbot er en annen lettvekts-robot (Rowbot, USA). Roboten er spesielt designet for å kjøre mellom radene i mais, og kan brukes til delgjødsling og til å så en fangvekst mellom radene (Bilde 19). Systemet er under testing (2013-2015) og det arbeides med å få det kommersialisert.



Bilde 19. Rowbot; robot for gjødsling og såing i mais

Til slutt i denne gruppa kommer roboter designet spesielt for innhenting av data. Her finnes det en rekke varianter, og bare et utvalg er omfattet i denne utredningen: Husky (Clearpath Robotics, Canada), Ladybird, Mantis og Shrimp (University of Sydney og Australian Center for Field Robotics) (de to sistnevnte vist på Bilde 20).



Bilde 20. Mantis og Shrimp; roboter designet for innhenting av data

4.2.6 Andre roboter og automatiserte løsninger

I denne gruppa er alle øvrige roboter og automatiserte systemer samlet. Disse omfatter automatiske styresystemer (for eksempel systemet fra ASI; Autonomous Solutions, Bilde 21), robot for høyproduksjon, fenotyping, jordprøvetaking og for skremming av gås(!).



Bilde 21. ASI skid steer; løsning for autonom styring eller fjernkontroll av traktor

4.3 Teknologiske løsninger med potensial for tilpasning/videreutvikling til norske forhold

De fleste teknologiske nyvinningene presentert i kap. 4.2 (og Appendix) vil kunne egne seg for tilpasning/videreutvikling til norske forhold, med unntak av de som er spesielt designet for vekster som ikke dyrkes her til lands. I det følgende presenteres de som vurderes å ha størst potensial i prioritert rekkefølge, basert på kriteriene beskrevet i kap. 3.3.

4.3.1 Robot for plantebehandling i radkulturer

Roboten for mikrodråpesprøyting av ugras i radkulturer (Bilde 4), som utvikles av Adigo AS i samarbeid med NIBIO og NLR, testes allerede ut i Norge. Roboten er helt i front av utviklingen internasjonalt, og har en nøyaktighet som er vesentlig bedre enn noen av konkurrentene har per i dag. Videre ligger det en klar plan for å få den markedsklar, noe som virker realistisk også finansielt sett. En videreutvikling av denne roboten, der flere arbeidsoperasjoner (f.eks. behovstilpasset gjødsling og plantevern) integreres på samme robotplattform, ser ut til å være interessant for produsentene. Systemet vil kunne tilpasses flere kulturer som har en betydelig produksjon i dag (f.eks. kål, kålrot, gulrot og løk).

4.3.2 Utstyr for behovstilpasset tynning av fruktblomster

Den tyskproduserte (ATB) prototypen Darwin for behovstilpasset tynning av fruktblomster på epletrær (Bilde 8) anslås å ha et stort potensial også for norske forhold. Darwin er fortsatt under utvikling. Det er allerede gjennomført tester i Norge med tilsvarende utstyr men uten behovstilpassing, noe som tilsier at prinsippet med roterende børster burde fungere bra. Tynning av fruktblomster skjer i dag i stor grad manuelt, og en automatisering er følgelig av interesse for produsentene.

4.3.3 Høsterobot for bringebær

Konseptet utviklet av NIBIO m.fl. for høsting av sukkererter (Bilde 10) vil kunne endres og utvikles i retning av en robot for høsting av bringebær (til konsum) i stedet. Som jordbær, høstes bringebær 100% manuelt i dag, men for bringebær finnes det ingen eksisterende prototyper eller kjente planer for utvikling av automatiserte plukkeløsninger. Å utvikle en høsterobot for bringebær vil imidlertid være tids- og ressurskrevende, selv med utgangspunkt i sukkerert-konseptet, men vil kunne dekke et behov blant produsentene.

4.3.4 Høsterobot for jordbær

Høsteroboten for jordbær, Agrobot (Bilde 9), er riktignok basert på dyrking i vannkultur, men burde like fullt være interessant å få testet for norske produsenter. All innhøsting av norske jordbær skjer manuelt i dag. Prisen på siste versjon av roboten, som antydes å havne på ca. \$250 000, er imidlertid svært høy.

4.3.5 Høsterobot for brokkoli

Prototypen for høsting av brokkoli (Bilde 15) utviklet av nederlandske Agritronics m.fl., har et opplagt potensial for tilpasning til norske forhold. Brokkolihøsting i Norge skjer overveidende

manuelt. Det er imidlertid usikkert hvor tilgjengelig denne prototypen er etter at utviklingsprosjektet ble avsluttet i 2013. På litt lengre sikt vil det nystartede prosjektet ved Lincoln University (se kap. 4.2.4) kunne bidra med en alternativ løsning av interesse for norske brokkoliprodusenter.

LITTERATURREFERANSER

- Anonym 2013. Grønn vekst – Hva vil forbrukeren ha? Vekstmuligheter i Norsk grøntsektor. (http://www.regjeringen.no/upload/LMD/Vedlegg/Brosjyrer_veiledere_rapporter/130311_Rapport_Groenn_vekst.pdf).
- Eagle, J. 2015. University of Lincoln to develop robotic harvesting machine for broccoli. Newsletter Food production daily, 17.06.2015 (<http://www.foodproductiondaily.com/Processing/University-of-Lincoln-creates-robotic-harvesting-for-broccoli>)
- Eutis, S. 2014. WinterGreen Research press release: Agricultural Robots, 28.01.2014. (<http://www.wintergreenresearch.com/reports/Agricultural%20Robots%202014%20%20press%20release.pdf>).
- Kapach, K. Barnea, E., Mairon, E., Edan, Y. & Ben-Shahar, O. 2012. Computer vision for fruit harvesting robots – state of the art and challenges ahead. International Journal of Computational Vision and Robotics 3:4-34.
- Philstrøm, O. 2012. Roboter melker over 50.000 norske kyr. Stavanger Aftenblad nettversjon. (<http://www.aftenbladet.no/dalane/Roboter-melker-overA50000-norske-kyr-3066658.html#.U1582U2KDIU>).
- Skarstein, H.-K. 2012. Vekstmuligheter i grøntsektoren. SLF-rapport 16/2012, 51 s.

APPENDIX: LISTE OVER ALLE TEKNOLOGISKE LØSNINGER VURDERT

A1: Roboter for planting og poding

General	
<i>Company / Institution</i>	ISO Group, a Flier Systems company, Gameren, The Netherlands
<i>Website</i>	www.isogroepmachinebouw.nl
<i>Product</i>	RoBoPlant flower planting robot and fully and semi-autonomous grafting robots
Robot	
<i>Name</i>	RoBoPlant
<i>Area of use</i>	All over the EU
<i>Function</i>	Semi and full automatic machinery for greenhouse or protected horticulture. Flower planting robotic system takes flats of peat seedlings, separates them and plants them in chosen patterns
<i>Testing</i>	Continual testing and development
<i>Availability</i>	Began selling products in 2002
<i>Price</i>	NA

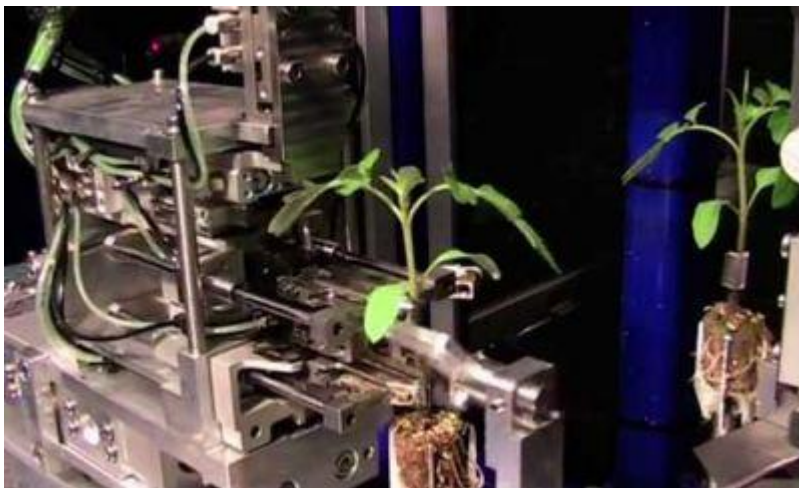


ISO Group's flower planting robot RoBoPlant

General	
<i>Company / Institution</i>	Helper Robotech CO.
<i>Website</i>	http://helpersys.co.kr/home/
<i>Product</i>	Helper Robotech fruit and vegetable grafting robot
Robot	
<i>Name</i>	GR-600CS
<i>Area of use</i>	Korea, Japan and China
<i>Function</i>	Grafting is most common in European and Asian countries as well as in greenhouses worldwide where crop rotation is no longer an option and available land is under intense use. Robotic grafting is relatively new although mechanically-assisted grafting has been going on for a long time. The GR-600CS consists of a supply part, supplying the rootstock and the scion, a cutting part to cut off the cotyledon and to cut off the stem of the rootstock and the scion, a matching part to match correctly the rootstock and the scion, and a clipping part to fix the rootstock and scion with a plastic clip
<i>Testing</i>	NA
<i>Availability</i>	Available now
<i>Price</i>	NA



General	
<i>Company / Institution</i>	Conic Systems, Barcelona, Spain
<i>Website</i>	http://www.conic-system.com/
<i>Product</i>	EMP-300 Grafting Robot
Robot	
<i>Name</i>	EMP-300
<i>Area of use</i>	Global
<i>Function</i>	<p>The grafting robot EMP-300 allows to graft vegetables with flexible tweezers that hold the graft. The mechanical and the adjustments are very simple, it's designed to allow a comfortable and effective work.</p> <p>The cut unit can work changing the cut angle configuration between (20°-30°-40°). With simple adjustments the machine can graft different plants and balled sizes.</p>
<i>Testing</i>	NA
<i>Availability</i>	Available now
<i>Price</i>	NA



Conic Systems EMP-300 Grafting Robot

A2: Roboter for ugrasfjerner og tynning

General	
<i>Company / Institution</i>	Naio Technologies, Toulouse, France
<i>Website</i>	http://naio-technologies.com/
<i>Product</i>	Naio Technologies Oz field robot
Robot	
<i>Name</i>	Oz robot
<i>Area of use</i>	Mostly in France
<i>Function</i>	The Oz robot serves as an autonomous electric tractor which can be used for weeding and as a transport from harvesters to accumulation points. Oz operates as a self-powered robotic implement rather than a towed implement
<i>Testing</i>	Testing next generation of Oz robot (with improved navigation capabilities) in real field conditions in France
<i>Availability</i>	Began selling in 2013
<i>Price</i>	Initially robots are being rented to help customers get familiarized with the product line and to help optimize the utilization. Units are renting/leasing for \$315 to \$475 per month depending on configuration



Oz, the electric hoeing robot

General	
<i>Company / Institution</i>	Adigo AS
<i>Website</i>	www.adigo.no
<i>Product</i>	Weeding robot
Robot	
<i>Name</i>	No name yet
<i>Area of use</i>	Weeding in row crops
<i>Function</i>	Selective spraying of herbicides based on machine vision
<i>Testing</i>	Prototype testing 2015 and 2016, pilot testing early 2017
<i>Availability</i>	Not yet
<i>Price</i>	NA



Robot for weeding in row crops

General	
<i>Company / Institution</i>	Aarhus University, Danish Technological Institute, Vitus Bering, DK
<i>Website</i>	www.hortibot.com
<i>Product</i>	Plant nursing / weeding robot
Robot	
<i>Name</i>	Hortibot
<i>Area of use</i>	Denmark
<i>Function</i>	The Hortibot is the Spider grass cutter combined with a tool carrier for high-tech plant nursing for e.g. organic grown vegetables. High-tech tools for weeding are tools like laser, micro spraying and mechanical devices.
<i>Testing</i>	Prototype
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA



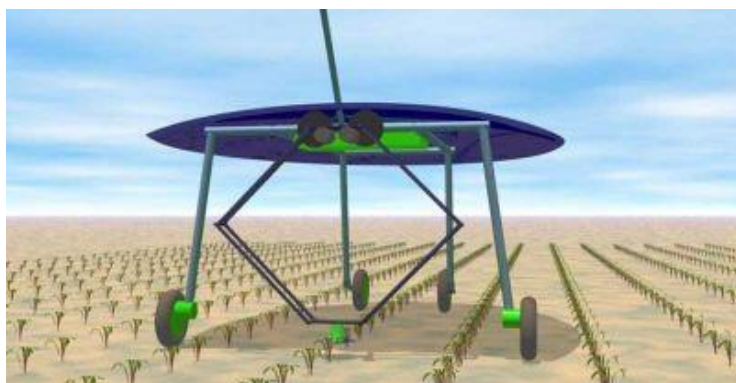
Hortibot equipped with a harrow and a spraying implement

General	
<i>Company / Institution</i>	University of Southern Denmark, Kongskilde Industries A/S, Kompleks Innovation
<i>Website</i>	http://www.kongskilde.com/in/en/News/Year%202013/09-09-2013%20-%20New%20automated%20agricultural%20platform%20-%20Kongskilde%20Vibro%20Crop%20Robotti
<i>Product</i>	Weeding robot
Robot	
<i>Name</i>	Vibro Crop Robotti
<i>Area of use</i>	Denmark
<i>Function</i>	The weeding robot is equipped with control, tractive force and tools for weed control in a single vehicle.
<i>Testing</i>	Prototype
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA



Vibro Crop Robotti, equipped with hoeing implement

General	
<i>Company / Institution</i>	ecoRobotix, Essert-Pittet, Switzerland
<i>Website</i>	http://www.ecorobotix.com/
<i>Product</i>	Lightweight autonomous robots initially for weeding
Robot	
<i>Name</i>	
<i>Area of use</i>	Field testing in Switzerland; next year in Germany
<i>Function</i>	A robotic platform for weeding of spaced-row cultures, which includes advanced weed recognition algorithms, fast robotic arms, advanced sensor technology, high energy efficiency, and wireless communications
<i>Testing</i>	Currently with sugarbeet but plan to extend to colza, sunflower, corn and soya
<i>Availability</i>	First machines available for sale by end of 2015
<i>Price</i>	About 15,000 EUR (\$18,750) per robot



ecoRobotix concept field robot



ecoRobotix prototype in field

General	
<i>Company / Institution</i>	Foothill Packing
<i>Website</i>	http://www.foothillpacking.com/
<i>Product</i>	Thinning Rover
Robot	
<i>Name</i>	Splat 1.0 Thinning Rover
<i>Area of use</i>	NA
<i>Function</i>	Vision camera system identifies plants within designated space and size. Then, unwanted plants are thinned and nutrients, insecticides and fungicides are applied on-the-fly.
<i>Testing</i>	NA
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA

Innovative Technology for Your Use
Relieve Pressure on Your Limited Labor Supply

SPLAT 1.0 THINNING ROVER

- Thin unwanted plants WHILE accurately applying nutrients, insecticide, fungicide... in one application
- Vision technology precisely identifies plants within designated space & size
- Currently in use on leafy greens, bok choy, napa, and broccoli
- Does not disturb seed beds, for healthier plants and better mechanical harvesting
- Splat 1.0 equipment effectively covers 2-3 miles in an hour
- Available in wheel or track model

Available for your use NOW!

FOOTHILL PACKING

For more information:
foothillpacking - (831) 594 6087
E-mail: bob@foothillpacking.com

Foothill Packing thinner brochure

General	
<i>Company / Institution</i>	F Poulsen Engineering ApS, Hvalso, Denmark
<i>Website</i>	http://www.visionweeding.com
<i>Product</i>	ROBOVATOR thermal and/or hydraulic weeder
Robot	
<i>Name</i>	Robovator
<i>Area of use</i>	30 machines already at work in UK, the EU and Canada.
<i>Function</i>	Camera based weeding and thinning of lettuce, cabbage, fennel and onions
<i>Testing</i>	In California (preceding expansion into North America)
<i>Availability</i>	Started selling in 2011 after 8 years of development
<i>Price</i>	The 5-row version sells in Europe for 80.000€ (\$100,000)



5-row Poulsen weeder in lettuce

General	
<i>Company / Institution</i>	Vision Robotics, San Diego, CA
<i>Website</i>	http://www.visionrobotics.com/
<i>Product</i>	Lettuce Thinner
Robot	
<i>Name</i>	Lettuce Thinner
<i>Area of use</i>	California
<i>Function</i>	The lettuce thinner uses cameras to identify each lettuce seedling and sprays the unwanted plants to kill them. The thinner can use a variety of chemicals to kill the lettuce including fertilizer.
<i>Testing</i>	NA
<i>Availability</i>	Since 10/2012
<i>Price</i>	Lettuce thinner starts at \$140,000 and upwards depending on configuration



Vision Robotics 6-Line Lettuce Thinner

General	
<i>Company / Institution</i>	Blue River Technologies, Sunnyvale, CA
<i>Website</i>	http://www.bluerivert.com/
<i>Product</i>	LettuceBot2 (2nd generation) lettuce thinner
Robot	
<i>Name</i>	LettuceBot2
<i>Area of use</i>	CA and AZ lettuce fields (covers 80% of US lettuce production)
<i>Function</i>	Thinning and weed spraying of iceberg, romaine and leaf lettuce by visually characterizing each plant, calculating which to “keep” to optimize yield, and to decide and act precisely to eliminate the unwanted plants in real time.
<i>Testing</i>	Recently completed field testing 3rd generation machine; selective weeding used to improve germination
<i>Availability</i>	Began operating as a per-acre service in 2013
<i>Price</i>	Price per acre depends on the lettuce planting configuration but equates to a slight premium over manual labor costs



Blue River Technology 3-row LettuceBot2

A3: Roboter for beskjæring og blomstertynning av frukttrær

General	
<i>Company / Institution</i>	Wall-Ye, Macon, France
<i>Website</i>	http://wall-ye.com/
<i>Product</i>	Pruning robots, mover robots, guard robots
Robot	
<i>Name</i>	Wall-Ye 1000, MYCE multifunctional robot
<i>Area of use</i>	French grape vineyards pruning and mowing
<i>Function</i>	Wall-Ye 1000 is designed for autonomous pruning in a vineyard, whereas the multifunctional robot can be used for mowing, hoeing under the row, cleaning trunks and to apply targeted treatments. It has an adjustable width from 60 cm to 2.5 meters, a height of 80 cm to 1.40 meters, 3-5 solar panels that guarantee 100% autonomy, 4 directional wheels, all controlled by 6 cameras and a computer (brain), and can carry up to 100 kg.
<i>Testing</i>	Wall-Ye 1000 completed in 2013, Multifunctional robot ongoing tests
<i>Availability</i>	For sale and as a service
<i>Price</i>	\$30,000 per robot



Wall-Ye 1000 pruning robot in a vineyard.



Multifunctional robot

General	
<i>Company / Institution</i>	Vision Robotics, San Diego, CA
<i>Website</i>	http://www.visionrobotics.com/
<i>Product</i>	Grape Vineyard Pruner
Robot	
<i>Name</i>	NA
<i>Area of use</i>	California
<i>Function</i>	A robotic prune for grape vines that will prune in the style of good hand pruning.
<i>Testing</i>	Testing and development for grapevine pruner could be completed in less than 18 months depending on funding
<i>Availability</i>	Early 2016
<i>Price</i>	Pruner will likely sell for \$140,000

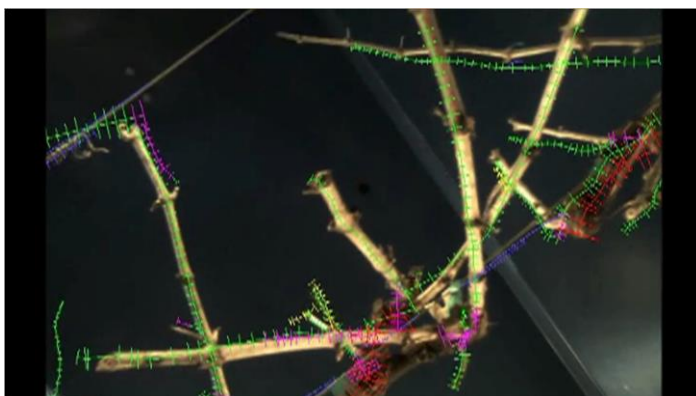


Vision Robotics grapevine pruner

General	
<i>Company / Institution</i>	Purdue University, West Lafayette, IN, USA
<i>Website</i>	https://ag.purdue.edu/hla/hirstlab/Pages/home.aspx
<i>Product</i>	Pruning automation project
Robot	
<i>Name</i>	NA
<i>Area of use</i>	Apple and grapevine orchards, IN, USA
<i>Function</i>	Use of 3D imagery for automated pruning. Laser sensing is used to model the tree canopy.
<i>Testing</i>	NA
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA



Automated pruning demonstration



Tree canopy detection

General	
<i>Company / Institution</i>	ATB Potsdam
<i>Website</i>	http://www.atb-potsdam.de/en/research-programs/project.html?xq=355
<i>Product</i>	Mechanical blossom thinner
Robot	
<i>Name</i>	DARWIN '2.0'
<i>Area of use</i>	Worldwide
<i>Function</i>	Combination of a mechanical blossom thinner (DARWIN) with an optical camera system for modelling of the tree shapes (3D) and for counting the number of blossoms.
<i>Testing</i>	Initial test on research facilities in Germany
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA



DARWIN blossom thinner equipped with a camera system and in action in an apple orchard.

General	
<i>Company / Institution</i>	Vision Robotics, San Diego, CA
<i>Website</i>	http://www.visionrobotics.com/
<i>Product</i>	Crop Load Estimation
Robot	
<i>Name</i>	
<i>Area of use</i>	California
<i>Function</i>	Vision systems are first used to scan and identify apples within an orchard. Cameras placed at the end of long scanning booms use arrays of stereoscopic cameras to create a virtual 3D image of the entire apple tree. The positions and sizes of the apples are stored. This information can then be used for accurate crop load estimates or to facilitate efficient and economical crop load estimates.
<i>Testing</i>	NA
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA



Vision Robotics crop load estimation

A4: Roboter for innhøsting

General	
<i>Company / Institution</i>	Agrobot, Huelva, Spain
<i>Website</i>	http://www.agrobot.com/
<i>Product</i>	Agrobot SW6010 and AGSHydro, a bed-on hydroponic growing system customized for strawberry growing and harvesting
Robot	
<i>Name</i>	<i>Agrobot SW6010</i>
<i>Area of use</i>	Strawberry harvesting in Oxnard, CA
<i>Function</i>	Ripe berry picking from raised hydroponic growing beds
<i>Testing</i>	Will start final testing strawberry harvesting in January; have done seasonal testing for a few years
<i>Availability</i>	Mid-2015
<i>Price</i>	\$250,000 for a harvester with 60 robotic picking arms (an earlier version with 14 arms costs approx. \$100,000). Says one large berry farmer: “The Agrobot works on several investment paths. One where we harvest cheaper than we do today and another where we harvest fruit that there are not sufficient people for. In the latter case the Agrobot pays off instantly because without the ability to harvest we do not have a business (this is becoming more common).”



Agrobot harvester



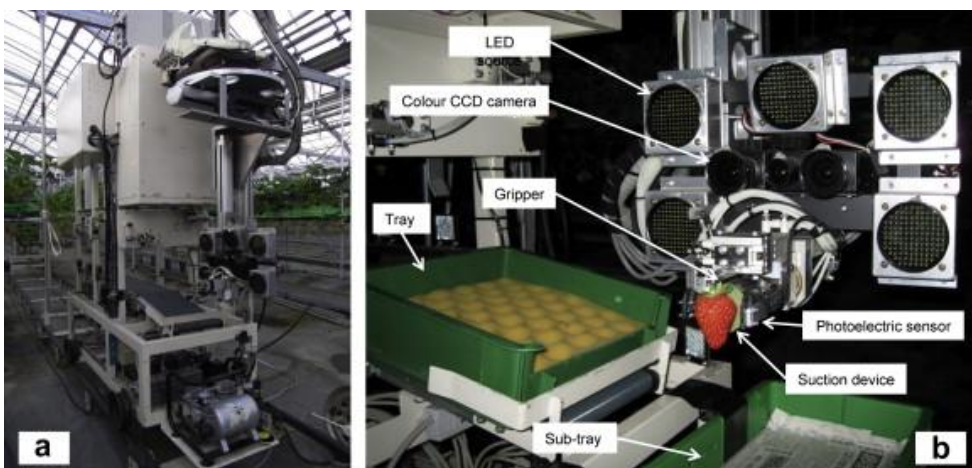
Agrobot hydroponic growing system

General	
<i>Company / Institution</i>	Robotic Harvesting LLC, Simi Valley, CA
<i>Website</i>	http://www.roboticharvesting.com
<i>Product</i>	Strawberry harvester, data collector and mobile platform
Robot	
<i>Name</i>	
<i>Area of use</i>	California
<i>Function</i>	Autonomous mobile device which takes stereovision photos to locate any fruit or vegetable in 3D space and then uses a robot arm to pick and place on a conveyor selected berries
<i>Testing</i>	Prototype, ongoing in California
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	A "couple hundred thousand" US-dollars



Robotic Harvesting Strawberry Harvester

General	
<i>Company / Institution</i>	Institute of Agricultural Machinery, Saitama, Japan Ehime Research Institute of Agriculture, Forestry and Fisheries, Matsuyama, Japan
<i>Website</i>	http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2009.09.011
<i>Product</i>	Strawberry-harvesting robot
Robot	
<i>Name</i>	NA
<i>Area of use</i>	Research
<i>Function</i>	A strawberry-harvesting robot, consisting of a cylindrical manipulator, end-effector, machine vision unit, storage unit and travelling unit, for application to an elevated substrate culture.
<i>Testing</i>	In functional tests, the machine vision assessments of fruit maturity agreed with human assessments for the Amaotome and Beni-hoppe cultivars, but the performance for Amaotome was significantly better. Moreover, the machine vision unit correctly detected a peduncle of the target fruit at a rate of 60%. In harvesting tests conducted throughout the harvest season on target fruits with a maturity of 80% or more, the successful harvesting rate of the system was 41.3% when fruits were picked using a suction device before cutting the peduncle, while the rate was 34.9% when fruits were picked without suction. There were no significant differences between the two picking methods in terms of unsuccessful picking rates. The execution time for the successful harvest of a single fruit, including the time taken to transfer the harvested fruit to a tray, was 11.5 s.
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA



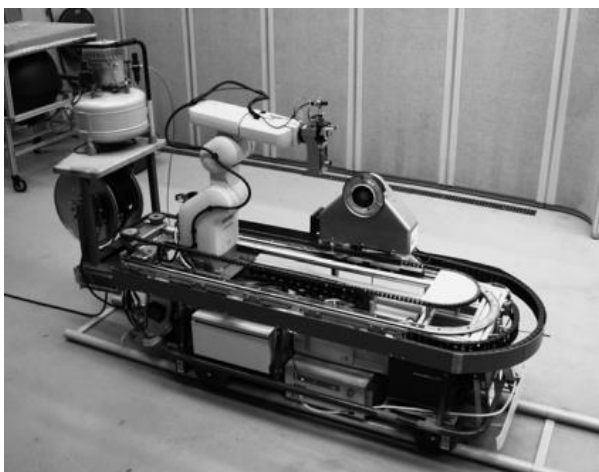
The strawberry-harvesting robot. General view (a); detailed view of the main components (b)

General	
<i>Company / Institution</i>	NIBIO - Norwegian Institute of Bioeconomy Research, Carlos III University of Madrid, Spain
<i>Website</i>	http://www.bioforsk.no/ikbViewer/page/forside/nyhet?p_document_id=112176
<i>Product</i>	Sugar snap pea harvesting robot
Robot	
<i>Name</i>	NA
<i>Area of use</i>	Research
<i>Function</i>	A concept for autonomous identification and tracking of sugar snap pea pods, as a first step towards developing a robot for semi-automated harvesting. The function is based on a combination of visible (VIS) - near infrared (NIR) reflection measurements and image analysis, along with visual servoing.
<i>Testing</i>	A proof-of-concept harvesting platform, comprising a robotic arm with hand-mounted sensors mounted on a mobile unit, was tested on potted plants of the sugar snap pea variety <i>Cascadia</i> , under plastic greenhouse conditions. The results showed that the pods exhibited a distinct light reflectance signature from the surrounding leaves and stems, and this difference, combined with elementary segmentation and shape modelling methods, provided promising discrimination of the sugar snap pea pods from the background. The proof-of-concept harvesting platform was tested on 22 untouched scenarios with varying pod sizes and movement distances. The robot arm had a success rate of 54% (within the pre-defined time limit of 15 s) for visual servoing to a pre-grasp pose around targeted pods.
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA



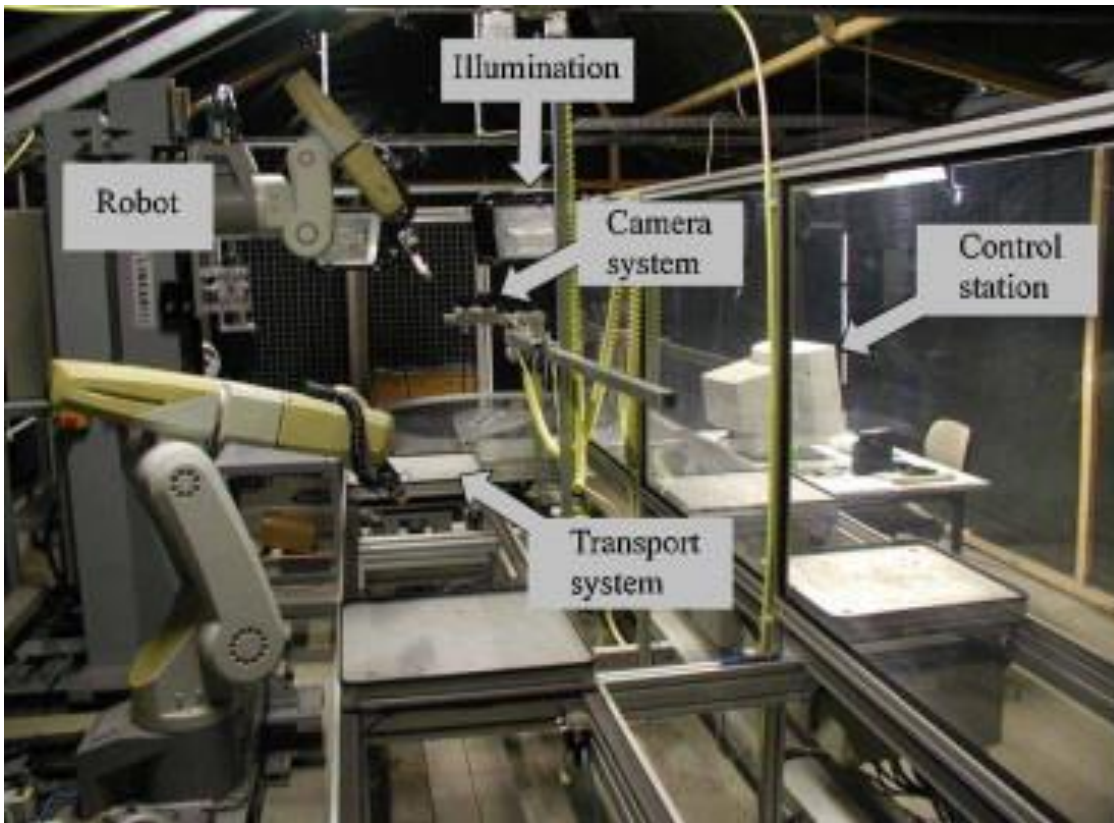
Robot for harvesting sugar snap peas

General	
<i>Company / Institution</i>	Institute of Agricultural and Environmental Engineering, Wageningen, NL
<i>Website</i>	http://dx.doi.org/10.1023/A:1020568125418
<i>Product</i>	Autonomous robot for harvesting cucumbers in greenhouses
Robot	
<i>Name</i>	CUPID
<i>Area of use</i>	Research
<i>Function</i>	The robot consists of an autonomous vehicle, the manipulator, the end-effector, the two computer vision systems for detection and 3D imaging of the fruit and the environment and, finally, a control scheme that generates collision-free motions for the manipulator during harvesting. The manipulator has seven degrees-of-freedom (DOF). This is sufficient for the harvesting task. The end-effector is designed such that it handles the soft fruit without loss of quality. The thermal cutting device included in the end-effector prevents the spreading of viruses through the greenhouse. The computer vision system is able to detect more than 95% of the cucumbers in a greenhouse. Using geometric models the ripeness of the cucumbers is determined. A motion planner based on the A*-search algorithm assures collision-free eye-hand co-ordination.
<i>Testing</i>	In autumn 2001 system integration took place and the harvesting robot was tested in a greenhouse. With a success rate of 80%, field tests confirmed the ability of the robot to pick cucumbers without human interference. On average the robot needed 45 s to pick one cucumber.
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA



A functional model of the harvesting robot.

General	
<i>Company / Institution</i>	Leibnitz Universität Hannover, Hannover, Germany
<i>Website</i>	http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2008.12.006
<i>Product</i>	Robotic Gerbera <i>Jamesonii</i> harvester
Robot	
<i>Name</i>	NA
<i>Area of use</i>	Research
<i>Function</i>	The plant was positioned on a rotatable working desk and images of eight different positions were shot. The developed image processing algorithm segmented the potential pedicel regions in the images, removed noise, differentiated overlapping pedicels by using different algorithms and combined the remaining regions to pedicel objects. From the data of both images and eight plant positions three-dimensional models of the pedicels were created by triangulation. The remaining parts of the plants were modeled in a simple fashion. The evaluated 3D model is used to calculate spatial coordinates for the applied robot control. For harvesting the pedicels, an industrial robot with six axes (plus an additional linear axis) was used. A pneumatic harvest grabber was developed, which harvested the pedicels by cutting them off. In order to guarantee the collision free path of the robot, a path planning module was integrated, which includes the three-dimensional model of the plant and the test facility.
<i>Testing</i>	With the applied techniques it was possible to correctly detect all pedicels on about 72% of the images. Regarding the whole image series of the respective plant, all pedicels could be detected in at least one photographing position in 97% of all cases. In the harvest experiments 80% of all pedicels could be harvested. The harvest rates decreased with increasing numbers of pedicels on a plant. Therefore, 98% of the pedicels could be harvested of plants with one or two pedicels, but only 51% were harvested of plants with five or more pedicels. In horticultural practice, an identification system for evaluating the stage of maturity should be included. An implementation for harvesting pedicels of different species with similar basic characteristics is imaginable.
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA

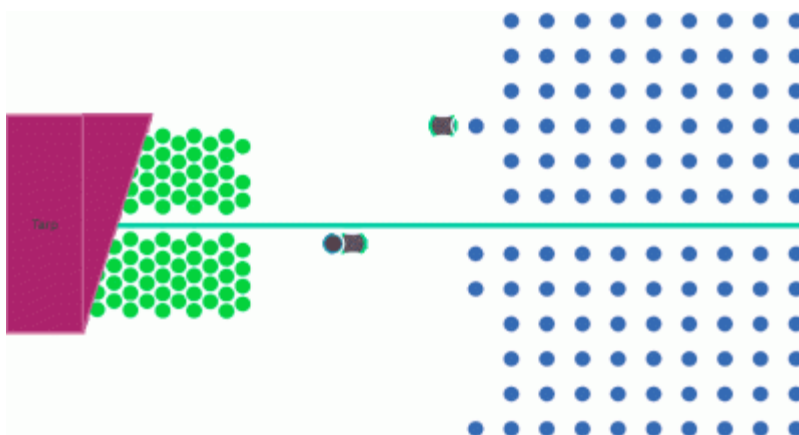


Test station with robot, camera system, illumination, transport system and control station

General	
<i>Company / Institution</i>	Harvest Automation, North Billerica, MA
<i>Website</i>	http://www.harvestai.com/products
<i>Product</i>	HV-100 mobile robot
Robot	
<i>Name</i>	HV-100
<i>Area of use</i>	Nurseries (ornamental, berries, tomatoes, etc.)
<i>Function</i>	Material handling, movement of containers, spacing.
<i>Testing</i>	HV-100 testing completed
<i>Availability</i>	Been selling since 2013
<i>Price</i>	\$130,000 for a team of four robots to purchase. Harvest Automation also rents teams of four for \$30K/3 months. The rental scheme has worked really well. All who have rented then subsequently purchased.



Harvest Automation HV-100 Mobile Robot



Harvest Automation potted plant movement schema

General	
<i>Company / Institution</i>	Wageningen UR (University and Research center), Wageningen, The Netherlands and Agritronics, Sint Annaparochie, The Netherlands
<i>Website</i>	http://www.wageningenur.nl/en/Expertise-Services/Research-Institutes/Wageningen-UR-Greenhouse-Horticulture/Research-themes/Advanced-Cultivation-and-Production-Systems/Subthemes/Computer-vision-and-robotics.htm http://www.agritronics.nl/
<i>Product</i>	Research to supply intelligent systems for high value crops to commercial research partners/vendors
Robot	
<i>Name</i>	NA
<i>Area of use</i>	Sweet peppers in The Netherlands, apples and grapes in Belgium, canopy spraying in Slovenia and spot spraying in Italy
<i>Function</i>	Harvesting and spraying (spot and canopy)
<i>Testing</i>	Yes, for sweet pepper, in July in a commercial greenhouse; for apples and grapes tests are now completed. For spraying, field tests have been completed. A new harvester, visual quality inspection and vision system for broccoli, is being developed with start-up Agritronics, Sint Annaparochie, The Netherlands.
<i>Availability</i>	“This will take several years”
<i>Price</i>	NA



Wageningen UR harvesting robot systems

General	
<i>Company / Institution</i>	Jiangsu University, Zhenjiang, PR China
<i>Website</i>	http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2011.07.005
<i>Product</i>	Apple harvesting robot
Robot	
<i>Name</i>	Apple harvesting robot
<i>Area of use</i>	Research
<i>Function</i>	A robotic device consisting of a manipulator, end-effector and image-based vision servo control system was developed for harvesting apple. The manipulator with 5 DOF PRRRP structure was geometrically optimised to provide quasi-linear behaviour and to simplify the control strategy. The spoon-shaped end-effector with the pneumatic actuated gripper was designed to satisfy the requirements for harvesting apple. The harvesting robot autonomously performed its harvesting task using a vision-based module. By using a support vector machine with radial basis function, the fruit recognition algorithm was developed to detect and locate the apple in the trees automatically. The control system, including industrial computer and AC servo driver, conducted the manipulator and the end-effector as it approached and picked the apples.
<i>Testing</i>	The effectiveness of the prototype robot device was confirmed by laboratory tests and field experiments in an open field. The success rate of apple harvesting was 77%, and the average harvesting time was approximately 15 s per apple.
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA



Apple recognition results in orchard



Harvesting experiments in an orchard

General	
<i>Company / Institution</i>	Energid, Cambridge, MA
<i>Website</i>	http://www.energid.com/experience/citrus-harvesting/
<i>Product</i>	Citrus harvester for juice production
Robot	
<i>Name</i>	NA
<i>Area of use</i>	Florida citrus orchards; oranges (early and late season) and grapefruit
<i>Function</i>	Energid technologies is developing a robotic citrus harvesting system that uses multiple low-cost picking mechanisms organized into a grid. The gridded picking mechanisms are simple, with two degrees of freedom each for aiming and one degree of freedom in extension. The extending parts of the picking mechanisms have no actuators and no sensors, making them robust, easy to manufacture, and easy to replace. Organizing the picking mechanisms into a grid allows the cameras used to locate fruit for picking to be organized into an integrated grid rigidly attached to the supporting structure.
<i>Testing</i>	Tested in a Florida orange grove using a portable generator and air compressor. For field testing, the picking system was mounted on a four-axis hydraulic arm mounted on a diesel truck. Picking speed was 2-3 seconds per orange, picking rate was approximately 50%, and picking thoroughness was approximately 80%
<i>Availability</i>	Expect to have initial product in late 2016
<i>Price</i>	System to cost \$300,000-\$400,000



Energid towed multi-arm citrus harvester

General	
<i>Company / Institution</i>	Massey University, Palmerston North, New Zealand
<i>Website</i>	http://dx.doi.org/10.1109/ICARA.2000.4804023
<i>Product</i>	Autonomous kiwifruit picker
Robot	
<i>Name</i>	IntelliPik
<i>Area of use</i>	Research
<i>Function</i>	The design concept and development status of an autonomous kiwifruit-picking robot is presented. The robot has an intelligent vision system that ensures that only 'good' fruit is picked. The robot receives instruction by radio link and operates autonomously as it navigates through the orchard, picking fruit, unloading full bins of fruit, fetching empty bins and protecting the picked fruit from rain. The robot has four picking arms, each of which will pick one fruit per second. To extend the useful annual work period of the robot, it is envisaged that it will also be used to pollinate kiwifruit flowers.
<i>Testing</i>	Field tests since 2009
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA



IntelliPik in a kiwi orchard

General	
<i>Company / Institution</i>	Grimme GmbH & Co. KG, University of Applied Sciences Osnabrueck, DFKI German Research Center for Artificial Intelligence GmbH, Germany
<i>Website</i>	http://www.smartbot.eu/en/agrobot/the-sugar-beet-harvesting-robot/
<i>Product</i>	Sugar beet harvesting robot
Robot	
<i>Name</i>	Maxtron 620
<i>Area of use</i>	Germany
<i>Function</i>	An autonomous, intelligent harvesting system that is capable of not only grubbing-up cost-effectively but also improving the quality of the sugar beet. The self-propelled sugar beet harvesting robot has control software which tells the robot what route to take. That information will be used during the next outing in order to ensure that the soil is not driven over a second time. In addition, sensors 'look' at the quantity of soil on the beets and the extent of damage.
<i>Testing</i>	By the end of 2014, a demonstration model of the self-propelled harvesting robot will be available for use in the field.
<i>Availability</i>	"Grimme expects series production to take another five to ten years."
<i>Price</i>	



Maxtron 620 harvesting a field of sugar beets.

General	
<i>Company / Institution</i>	Agritronics, Sint Annaparochie, The Netherlands
<i>Website</i>	http://www.agritronics.nl/
<i>Product</i>	Agritronics focuses among other things on electronics and control systems of sorting, processing and packaging lines. A new harvester, visual quality inspection and vision system for broccoli is developed together with the Wageningen UR
Robot	
<i>Name</i>	NA
<i>Area of use</i>	Broccoli harvesting
<i>Function</i>	A robotic broccoli harvester which includes an intelligent computer vision system. It registers and selects only the broccoli of a pre-determined exact size and leaves the remainder until another optimal harvesting moment is reached
<i>Testing</i>	Prototype
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA



Prototype at work.

A5: Roboter som dekker flere bruksområder

General	
<i>Company / Institution</i>	Agrirobo, Wroclaw University of Technology and the University of Life Sciences in Wroclaw, PL
<i>Website</i>	http://www.agrirobo.eu/about.html
<i>Product</i>	Autonomous, caterpillar tracked vehicle designed to work in orchards, vineyards and farms
Robot	
<i>Name</i>	AGRIBOT
<i>Area of use</i>	NA
<i>Function</i>	<p>AGRIBOT is an autonomous, caterpillar tracked vehicle designed to work in orchards, vineyards and farms. It is equipped with set of sensors to detect obstacles and a precise location using GPS signal with sub-inch tracking accuracy. The vehicle will move between the rows of orchards or vineyards, where width is standardized. Thanks to use of doubled PTO and three-point suspension system, machine is able to perform two operations at one pass, eg spraying and mowing.</p> <p>Additional optional accessories that can be mounted on a robot:</p> <ul style="list-style-type: none"> - the intelligent sprayer, - precision fertilizer spreader, - a system for continuous testing soil richness, - mowers and pruners automatic - gas blower system used to protect flowers against a spring frost.
<i>Testing</i>	Prototype
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA

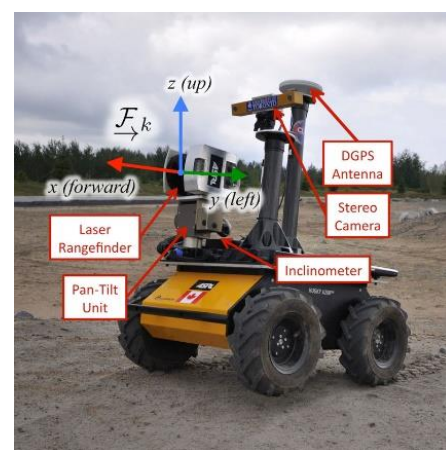


Agribot prototype.

General	
Company / Institution	Clearpath Robotics, Kitchener, ON, Canada
Website	http://www.clearpathrobotics.com/grizzly/
Product	Grizzly RUV (cab-less robotic utility vehicle) and Husky UGV
Robot	
Name	Grizzly and Husky
Area of use	Sold to university research facilities for ag applications development
Function	Harvesting, mowing, hauling, research
Testing	Testing asparagus farming with added laser scanner to identify appropriate stalks and a cutter inserted into the soil to cut the stalk below ground; hauling manure from chicken farms while cleaning out barns; detecting where cows urinate and then treating the area so grass can continue to grow; mowing in between orchard rows and hauling (hay/straw wagons back to barn and return so that the farmer doesn't have to stop baling; hauling chemical refills to sprayer locations; hauling manure spreader)
Availability	Early 2015 – at present only selling to academia and research organizations
Price	\$12,000 to \$100,000 depending on configuration



Clearpath Grizzly RUV pulling implement



Clearpath Husky UGV

General	
<i>Company / Institution</i>	Amazone-Werke GmbH, Hasbergen, Germany
<i>Website</i>	http://info.amazone.de/DisplayInfo.aspx?id=14033
<i>Product</i>	BoniRob field robot
Robot	
<i>Name</i>	BoniRob
<i>Area of use</i>	Work on corn and wheat experimental plots in Germany
<i>Function</i>	Autonomous omnidirectional field robots working in "flocks" for multiple purposes (phenotyping, spraying, fertilizing, ...)
<i>Testing</i>	Multiple-purpose lightweight robot for weeding, applying fertilizer, inspection being developed with Robert Bosch GmbH
<i>Availability</i>	Only two built; no plans announced for commercialization at this time
<i>Price</i>	NA



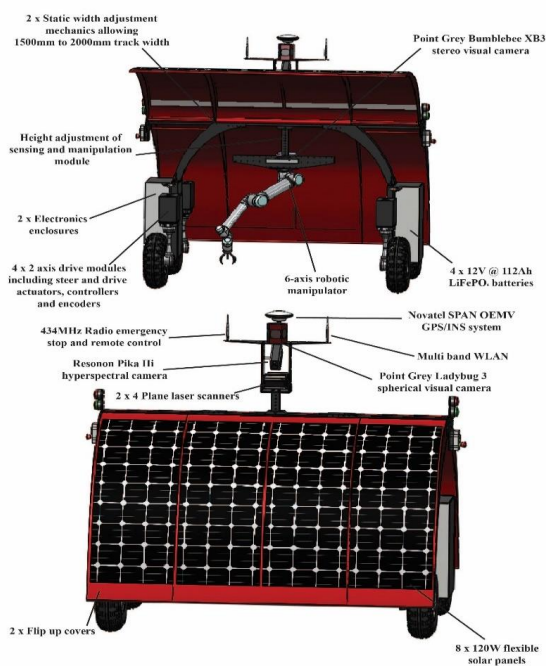
Amazone-Bosch BoniRob lightweight field robot

General	
<i>Company / Institution</i>	Rowbot, Minneapolis, MN
<i>Website</i>	http://rowbot.com
<i>Product</i>	Rowbot is a self-driving, multi-use platform that travels between rows of corn, ex: applying nitrogen fertilizer in sync with corn needs. It can also collect sensor data to inform both current and future work. GPS and several sensors keep the robot from trampling the crop
Robot	
<i>Name</i>	Rowbot
<i>Area of use</i>	US Corn Belt
<i>Function</i>	Rowbot travels between corn rows - often under the leaf canopy - to apply nitrogen fertilizer and also to seed cover crops
<i>Testing</i>	Working in conjunction with Carnegie Robotics on development of the Rowbot.
<i>Availability</i>	Began test marketing in 2014 for in-season nitrogen and cover crop seeding services; plan to widen scope of services in 2015
<i>Price</i>	NA for the cost of the service



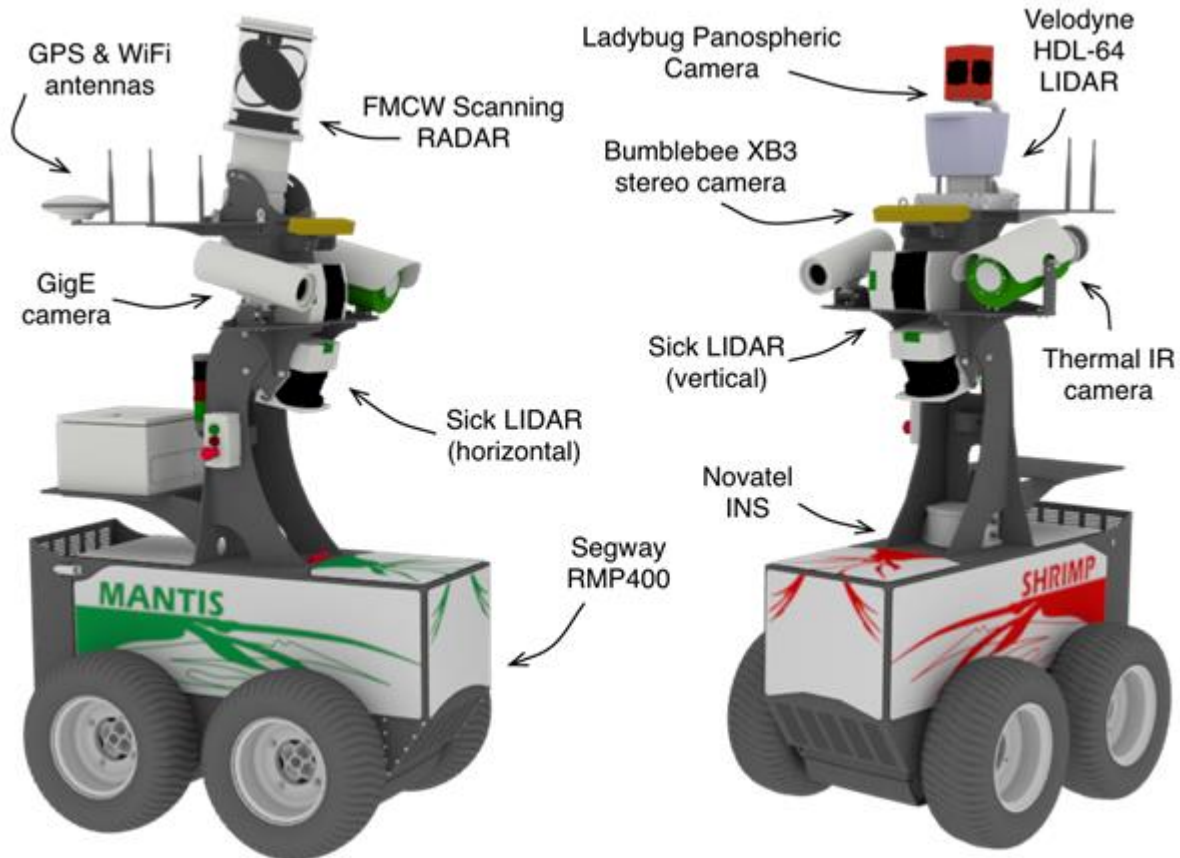
Rowbot in cornfield. Rowbots work in teams to apply nitrogen fertilizer in sync with precision needs

General	
Company / Institution	University of Sydney, Australian Center for Field Robotics
Website	http://confluence.acfr.usyd.edu.au/display/AGPub/Our+robots
Product	Ladybird
Robot	
Name	Ladybird
Area of use	New South Wales, AUS
Function	The Ladybird robot is a lightweight omni-directional electric vehicle, inspired by the Coccinellidae (Ladybird). It is equipped with sensing, manipulation, communication and supporting hardware and software. The ground robot is purpose-designed for the vegetable industry, to help farmers collect intelligence on nutritional information, autonomous farm surveillance, mapping, classification and detection of pests, and autonomous weeding and harvesting. The project is in collaboration with Horticulture Australia and AusVeg.
Testing	The system has been commissioned during its first field trial at a commercial vegetable farm near Cowra, New South Wales.
Availability	NA
Price	NA



The Ladybird technical sketch and in field trial

General	
Company / Institution	University of Sydney, Australian Center for Field Robotics
Website	http://confluence.acfr.usyd.edu.au/display/AGPub/Our+robots
Product	General purpose perception research ground vehicles.
Robot	
Name	Mantis and Shrimp
Area of use	New South Wales, AUS
Function	Flexible platforms that allow rapid deployment in new environments to work out what lower cost sub-set of sensing and equipment can be used to build an industry / application specific prototype. In addition to the sensors seen below, they can be equipped with a soil conductivity sensor (dragged behind Shrimp), a natural gamma radiation sensor (also to measure soil properties) and a hyperspectral imaging sensor.
Testing	Testing conducted in various research projects
Availability	NA
Price	NA



Mantis and Shrimp general purpose perception research ground vehicles.

General	
<i>Company / Institution</i>	Robotics and Control Group, Norwegian University of Life Sciences, NMBU, Norway
<i>Website</i>	https://www.nmbu.no/en/about-nmbu/faculties/miljotek/departments/imt/research/groups/roboticsandcontrol
<i>Product</i>	Multiple-purpose lightweight agricultural robot
Robot	
<i>Name</i>	Thorvald
<i>Area of use</i>	Work on farmland. Currently, tools are tested for performing seeding, non-chemical weeding and monitoring.
<i>Function</i>	Thorvald is a first prototype of a low-cost and light-weight agricultural robot. It is battery driven and has four electric motors and four-wheel steering. The frame is flexible, so that all four wheels are in contact with the ground on not levelled surfaces. The robot can operate up to 10 hours without charging or changing its batteries.
<i>Testing</i>	NA
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA



Thorvald, multiple-purpose lightweight agricultural robot



Virtual concept of weeding

A6: Andre roboter og automatiserte løsninger

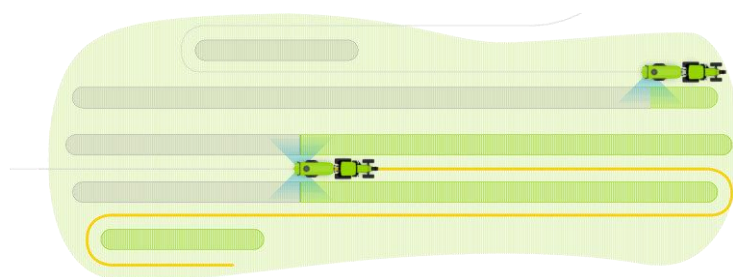
General	
<i>Company / Institution</i>	Autonomous Solutions (ASI), Petersboro, UT
<i>Website</i>	http://www.asirobots.com/farming/
<i>Product</i>	Forge Robotic Platform, a kit for enabling a skid steer to operate autonomously or remotely controlled
Robot	
<i>Name</i>	ASI skid steer
<i>Area of use</i>	Field, orchards and vineyards
<i>Function</i>	Each unmanned farm vehicle is equipped with a series of hardware and software components that permit a user to toggle between manual and robotic control. The components work with the existing by-wire, mechanical, or hydraulic control system and link vehicles to a central command station, allowing a single operator to simultaneously manage multiple vehicles throughout a farm operation.
<i>Testing</i>	Running field trials in CA and TX
<i>Availability</i>	Mid-2015
<i>Price</i>	\$75,000 - \$150,000/unit (includes complete skid steer device and driving kit) depending on skid steer configuration



ASI Universal Vehicle Automation Kit



ASI skid steer with cab in vineyard



Two or more farming vehicles can coordinate on an area coverage task in a single field or can be operated simultaneously in completely separate fields.

General	
<i>Company / Institution</i>	AGCO Fendt, Deluth, GA
<i>Website</i>	http://www.agcocorp.com/GuideConnect.aspx
<i>Product</i>	GuideConnect, SectionControl and VarioGuide
Robot	
<i>Name</i>	GuideConnect, SectionControl and VarioGuide
<i>Area of use</i>	Global
<i>Function</i>	<i>SectionControl</i> integrates various data and enables fully automatic section control via GNSS for ISOBUS-capable sprayers, spreaders and seeders; the <i>VarioGuide</i> night and day auto steering system; and the new <i>GuideConnect</i> in which two tractors act as a unit where one vehicle is unmanned
<i>Testing</i>	GuideConnect is still under development with no known date or area for availability; the following vehicle doesn't have its own obstacle detection which may be why they haven't yet released the product
<i>Availability</i>	All but GuideConnect are available now in the EU and US
<i>Price</i>	NA for all 3 systems



AGCO Fendt GuideConnect - driverless 2nd system



General	
<i>Company / Institution</i>	Kinze Manufacturing, Williamsburg, Iowa and Jaybridge Robotics, Cambridge, MA
<i>Website</i>	http://www.kinze.com/ http://www.jaybridge.com/
<i>Product</i>	Autonomous vehicle system for row crop harvesting
Robot	
<i>Name</i>	
<i>Area of use</i>	Iowa and Illinois corn and soybeans
<i>Function</i>	Autonomously garner row crop grains from combine machines and bring it out of the field to the transport area
<i>Testing</i>	Testing autonomous harvesting system with farmers since 2012; in 2013 three farmers in Iowa and Illinois leased systems without Kinze overseeing operation allowing the farmers to use the technology independently. The Kinze system marries off-the-shelf components, including GPS, radar, laser sensors and video cameras, with custom software that allows the system to react to field obstructions. It was developed in partnership with Jaybridge Robotics.
<i>Availability</i>	Kinze is not currently selling the harvesting system but is working towards full commercialization soon
<i>Price</i>	The price has not yet been set for the system which includes the autonomous driving kit for the tractor and grain cart plus the navigation, path planning, harvester communication and control software systems



Kinze autonomous tractor and grain cart

General	
<i>Company / Institution</i>	Autonomous Tractor, Fargo, ND
<i>Website</i>	http://www.autonomoustractor.com/
<i>Product</i>	Modular cab-less robotic tractor implement platform
Robot	
<i>Name</i>	The Spirit
<i>Area of use</i>	Hay producers in the US
<i>Function</i>	The Spirit is a fully electric autonomous hay mower. Hay fields are mowed between 3 and 7 times a year, and the Spirit provides numerous opportunities to improve hay productivity. Today's operations require 3 passes to mow, dry and bale. The Spirit can complete the operation in one pass, which significantly improves the nutritional value of the crop. It can add modular engine power as needed by the type and size of implement. Will expand to other crops and other non-ag industries after mower begins shipping
<i>Testing</i>	Continuously field testing
<i>Availability</i>	Expect to come to market and begin shipping pre-orders in 2016
<i>Price</i>	Price expected to be 1/2 of similarly-powered tractors and implements



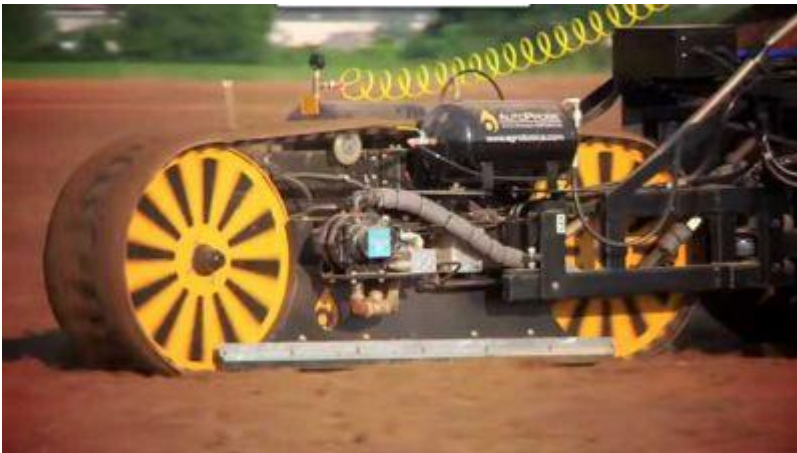
Autonomous Implement – The Spirit - prototype

General	
<i>Company / Institution</i>	Blue River Technologies, Sunnyvale, CA
<i>Website</i>	http://www.bluerivert.com/#current-solutions
<i>Product</i>	High-throughput, field-based phenotyping
Robot	
<i>Name</i>	Phenotyping Platform
<i>Area of use</i>	NA
<i>Function</i>	<p>Blue River is developing an image capture and data processing platform for crop breeders, with a focus on field corn. Our platform will:</p> <ul style="list-style-type: none"> • CHARACTERIZE EVERY PLOT by counting plants and plant spacing, building canopy height distributions, and measuring key physiological parameters • GENERATE TABULAR DATA and statistics for each plot • BUILD PLOT IMAGE LIBRARY that contains all images and plot reconstructions from every plot <p>With such a platform, breeders can evaluate stand quality, capture a suite of measurements with high throughput that are normally measured by high schoolers (if at all), and develop extremely high-resolution growth models. All of this can be done with little or no bias and at a precision that will allow the breeder to evaluate differences between entries that are currently impossible to resolve.</p>
<i>Testing</i>	NA
<i>Availability</i>	The phenotyping solution is ready to deploy on a range of vehicles for the 2015 growing season
<i>Price</i>	NA



Blue River Technologies Phenotyping Platform prototype.

General	
<i>Company / Institution</i>	Agrobotics, Little Rock, AR
<i>Website</i>	http://www.agrobotics.com/
<i>Product</i>	AutoProbe soil sampling system
Robot	
<i>Name</i>	AutoProbe
<i>Area of use</i>	Midwest US farm belt
<i>Function</i>	AutoProbe is a towed device which directs the driving of the towed vehicle to enable consistent, uniform and accurately distanced soil samples. The device is capable of pulling over 2,500 cores per hour
<i>Testing</i>	Tested on over 600,000 acres across 18 states (mainly the Mississippi Delta in the Midwest US)
<i>Availability</i>	Available now as both a service and a sale; live demos at various US ag shows
<i>Price</i>	NA



Agrobotics AutoProbe

General	
<i>Company / Institution</i>	Tyker Technology BV, Axum Engineering, NL
<i>Website</i>	http://www.smartbot.eu/en/agrobot/goose-buster/
<i>Product</i>	A robot to chase away geese
Robot	
<i>Name</i>	Goose Buster
<i>Area of use</i>	The Netherlands
<i>Function</i>	The Goose Buster chases away geese by moving a wire that is strung across a plot of land between a post on the plot of land and the winding unit on the robot. The robot follows the contours of the plot and keeps the wire continuously under tension. This solution for chasing away geese in a sustainable manner has also been produced based on knowledge provided by behavioral biologist Diederik van Liere.
<i>Testing</i>	First practical tests in the end of 2014
<i>Availability</i>	NA
<i>Price</i>	NA



Goose Buster



Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.

