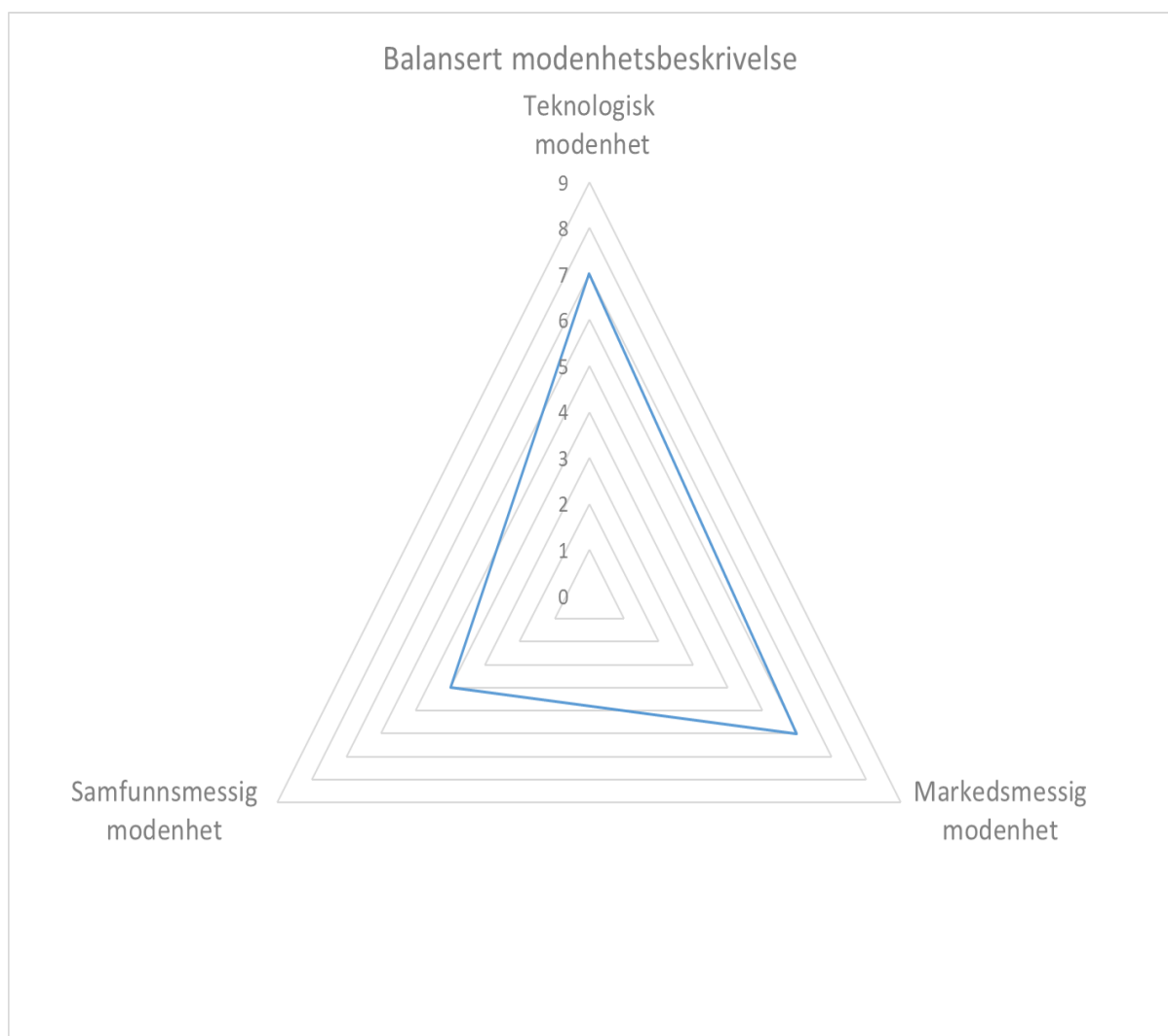


Smart teknologi i landbruket – kartlegging og modenhetsvurdering

Jostein Vik, Anders Melås, Renate Marie Butli Hårstad, Egil Petter Stræte, Odd Roger Langørger

Ruralis – Institutt for rural og regionalforskning



Notat nr. 1/20, ISSN 1503-2027

Sammendrag

Klimaendringer, befolkningsvekst og behovet for økt matproduksjon skaper utfordringer for landbruket. En del av løsningen for landbruket er å forbedre praksis ved hjelp av miljøvennlig innovasjon. Teknologiutviklingen i landbruket skjer fort og har økende oppmerksomhet på presisjonsdyrking, digitalisering og automatisering for et mer bærekraftig landbruk. Det er et behov for å forstå hvordan utviklingen skjer, hvor langt vi er kommet, og hvordan vi skal møte teknologiutviklingen og legge til rette for den. Dette notatet beskriver innovasjonsprosesser og begreper knyttet til modenhetsmåling. Det har blitt gjennomført en kartlegging av 36 ulike teknologier og forskningsprogram rettet mot et bærekraftig norsk landbruk. Vi har utviklet et verktøy for å vurdere ny teknologi innenfor aspektene teknologisk, markedsmessig og samfunnsmessig modenhet. Gjennomgangen av teknologiene og litteratur på modenhetsvurdering av ny teknologi har resultert i modenhetstabeller og tilhørende spørsmålsbatteri som beskriver ni trinn med økende grad av modenhet.

Forord

Dette notatet er del av forskningsprosjektet *SmaT – Smart teknologi for et bærekraftig landbruk*. I samarbeid med Felleskjøpet Agri, Norsk Landbrukssamvirke, Mære landbruksskole, NTNU – Institutt for tverrfaglige kulturstudier og Landbruk21Trøndelag har Ruralis – Institutt for rural- og regionalforskning ambisjon om å bidra til å utvikle, tilpasse og implementere ny bærekraftig teknologi i norsk landbruk. Arbeidspakke 1, 2 og 3 har som mål å gjennomføre en kartlegging og lage en oversikt over landbruksteknologien. I arbeidspakke 4 skal dette integreres og vi skal og utvikle et verktøy for å kunne evaluere teknologienes modenhet. I dette notatet beskriver vi et slikt verktøy. Notatet er en underveis-publikasjon. Vi vil derfor gjerne ha kommentarer og innspill til det videre arbeidet.

Vi som er forfattere har bidratt i ulike faser og deler av dette arbeidet. Vik har hatt hovedansvar for notatet og deltatt i alle deler av arbeidet. Melås har deltatt i utforming og skriving av modenhetsverktøyene og teknologioversikten, samt sammenstilt hele notatet. Hårstad har laget oversikten over forskningsprosjekter. Stræte har skrevet om innovasjon, deltatt i diskusjoner i hele fasen og kommentert utkast. Langørgen har bidratt i arbeidet med å lage teknologioversikt. Vi vil takke de som har bidratt i samtaler og møter med informasjon og kommentarer, og særlig våre partnere i prosjektet SmaT: NTNU – Tverrfaglige kulturstudier, Mære landbruksskole, Felleskjøpet Agri og Norsk landbrukssamvirke.

3. januar 2020

Forfatterne

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	1
Forord.....	2
Figurliste.....	4
Tabelliste.....	4
1 Introduksjon	5
1.1 Bakgrunn og formål.....	5
1.2 Innretning og avgrensinger	6
1.3 Videre oppbygging	6
2 Innovasjon er en prosess	7
2.1 Teknologi og innovasjon	7
2.2 Innovasjonsprogrammet Landbruk21 Trøndelag (L21T)	8
2.3 Levende laboratorium som metode	9
2.4 Framdrift i innovasjonsprosessen	11
3 Teknologi og modenhet	12
3.1 Technology readiness level (TRL) – Teknologisk modenhetsnivå	12
3.2 Market readiness level (MRL) – Markedsmessig modenhet	15
3.3 Societal readiness level (SRL) - Samfunnsmessig modenhet	18
3.4 En balansert modenhetsbeskrivelse	22
3.5 Muligheter og begrensninger	23
4 Forskningsprosjekter.....	25
4.1 Forskningsprosjekter: Planteproduksjon, grønnsaker og frukt	25
4.2 Forskningsprosjekter: Fornybar energi	28
4.3 Forskningsprosjekter: Digitalisering/digitale hjelpemidler	28
4.4 Internasjonale forskningsprosjekter	28
4.5 Oppsummering av prosjektkartlegging.....	31
5 En oversikt over nye teknologier i landbruket.....	32
5.1 Introduksjon	32
5.2 Robotteknologier	32
5.3 Droneteknologier	42
5.4 Sensorteknologi	46
5.5 Teknologi innen husdyrhold.....	50
5.6 Annen teknologi	54
5.7 Nye produkter og teknologi – noen betraktninger	57
6 Avslutning	58

Kilder	59
--------------	----

Figurliste

Figur 1: Arbeidsmetodikk i L21T, innovasjonstrakt.....	9
Figur 2: Stegene i Levende laboratorium	10
Figur 3: Balansert modenhetsbeskrivelse modell 1	23
Figur 4: Balansert modenhetsbeskrivelse modell 2	23
Figur 5: Asterix	34
Figur 6: Tertill	36
Figur 7: Autoagri.....	38
Figur 8: Thorvald	39
Figur 9: GriffAviation	44
Figur 10: Dimensions Agri Technologies	47
Figur 11: N-sensor	48
Figur 12: 7sense	49
Figur 13: NoFence	52
Figur 14: FindMy	52
Figur 15: Telespor	53
Figur 16: Orkel Dens-X Compactor.....	54
Figur 17: Soil Steam.....	55

Tabelliste

Tabell 1: Teknologisk modenhetsskala (TRL)	13
Tabell 2: Spørsmålsbatteri teknologisk modenhet (TRL)	15
Tabell 3: Markedsmessig modenhetsskala (MRL).....	17
Tabell 4: Spørsmålsbatteri markedsmessig modenhet (MRL)	18
Tabell 5: Samfunnsmessig modenhetsskala (SRL)	20
Tabell 6: Spørsmålsbatteri samfunnsmessig modenhet (SRL)	21

1 Introduksjon

1.1 Bakgrunn og formål

Verden står overfor fundamentale utfordringer knyttet til befolkningsvekst, matproduksjon og klimaendringer. Dette vil kreve betydelige endringer i måten landbruk drives på. Landbruket må tilpasses et endra klima samtidig som det skal kunne produsere mer mat for en økende befolkning, med mindre klimautslipp. Innovasjon og ny teknologi vil være avgjørende for å håndtere utfordringene landbruket står overfor. Mål om økt bærekraftig produksjon av mat fordrer i en norsk sammenheng ny teknologi tilpasset både små og store bruk.

Teknologi har alltid vært en helt sentral del av utviklingen av landbruket og påvirker bøndernes velferd, økonomi og arbeidshverdag, så vel som struktur, politikk og handel. Ved at det erstatter arbeidstimer med kapitalinvesteringer, øker produktiviteten og legger føringer for drift, organisering av gårdsbruk og lokalsamfunn. På den måten kan ny teknologi ha stor betydning for hvordan morgendagens landbruk ser ut. Eksempelene på at teknologi har formet landbruket er mange. Plogen, traktoren, kunstgjødsel, rundballepressa og melkeroboten har alle på hvert sitt vis endret landbruket – noen mer fundamentalt enn andre. Det er mye som tyder på at landbruket nå er inne i en periode med store teknologiske endringer. Generisk teknologi som informasjons- og sensorteknologi finner stadig nye anvendelsesområder, knyttet til begrep som bærekraftig intensivering, automasjon og presisjonsdyrking.

Teknologiutvikling er imidlertid ingen enkel lineær prosess. Markedsforhold, sosio-økonomiske faktorer og etablerte praksiser påvirker også om, og hvordan, nye teknologier innpasses i landbruket. Dette er noe av bakteppet for prosjektet «Smart teknologi for bærekraftig landbruk» (SmaT). Ambisjonen for SmaT-prosjektet er å bidra til å utvikle, tilpasse og implementere ny bærekraftig teknologi i norsk landbruk. Eksempler på slike teknologier kan være robot-, sensor-, og droneteknologi, digitalisering og elektrifisering, etc. Vår tilnærming til dette befinner seg i møte mellom teknologi, marked og samfunn, og kunnskap om hvordan bonden, som den sentrale aktøren i landbruket, best kan dra fordel av nye teknologiske utviklinger.

En av oppgavene i prosjektet er å kartlegge pågående teknologiutviklingsprosjekter og en del av de nye teknologiene som er på fremmarsj i landbruket. Vi har videre utviklet et helhetlig vurderingsverktøy for å evaluere teknologisk-, markedsmessig-, og samfunnsmessig modenhet, og bruker dette for å beskrive teknologiene i kartleggingen.

1.2 Innretning og avgrensinger

Arbeidspakke 1 i SmaT har som mål å fremskaffe to oversikter:

1. En oversikt over pågående FoU-prosjekter på tema som roboter og droner i landbruket, digitalisering, elektrifisering, presisjonsjordbruk mv. Vi vektlegger her norske og europeiske prosjekter.
2. En oversikt over nye teknologier i landbruket.

Vi bygger disse oversiktene på noen valg og avgrensinger. Mest sentralt er følgende:

- i. Vi fokuserer på teknologier som har relevans for norsk landbruk. Det vil si at teknologier som er tilpasset svært storskala produksjon vil falle utenfor. Det samme vil teknologier tilpassa produksjoner det er lite eller ingenting av i Norge – som for eksempel vin, ris eller maisproduksjon.
- ii. Vi fokuserer på utendørsteknologi. Dermed vil eksempelvis innendørsmekanisering og melkingsteknologier ikke være en del av vår gjennomgang.
- iii. Vi fokuserer på teknologier som potensielt kan bidra til klimasmart jordbruk.
- iv. Vi fokuserer på nye teknologier. Med det mener vi teknologier som ennå ikke er blitt vanlige i norsk landbruk.
- v. Vi fokuserer på teknologier som helt eller delvis er integrert med en identifiserbar produksjon eller agronomisk funksjon. Det vil si at rene digitale løsninger som planleggingsverktøy o.l. faller utenfor vår gjennomgang. Det samme vil en del generiske teknologier eller algoritmer gjøre. Vi har heller ikke inkludert teknologiske nyvinninger innenfor prosessindustrien.
- vi. Teknologiene skal ha et fysisk eller materielt element. Det vil si at algoritmer eller digitale hjelpemidler alene ikke er en del av vår gjennomgang. Når tradisjonelle arbeidsoppgaver gjøres bedre eller mer presist ved hjelp av algoritmer, sensorer osv. inkluderer vi teknologien.

Disse avgrensningene er ikke enkle å opprettholde. Det vil finnes grensetilfeller og det vil være teknologier i grenslandet mellom de kategoriseringene vi gjør. De oversiktene vi presenterer i dette notatet er tenkt som hjelpemidler for prosjektet og som «work in progress». Våre avgrensninger er heller ikke lagd fordi vi mener at de teknologiene som faller utenfor er mindre viktige enn de andre.

1.3 Videre oppbygging

Dette notatet er bygd opp slik at vi først, i kapittel 2, drøfter innovasjonsprosesser generelt og beskriver noen eksempler på innovasjonsprogram og mulige metodikker for å strukturere innovasjonsprosesser. Deretter presenteres det analytiske verktøyet vi i SmaT vil benytte for å beskrive og analysere nye teknologier i kapittel 3. Vi beskriver først bakgrunnen for teknologisk modenhet, før vi beskriver modenhetsskalaen og vurderingsverktøyet vi har utviklet. Videre beskriver vi kort hvilke markedsmessige vurderinger som ligger til grunn for modenhetsskalaen og vurderingsverktøyet for ny teknologi og markedsmodenhet. Deretter legger vi fram bakgrunnen for modenhetsskalaen og vurderingsverktøyet som kan brukes i en samfunnsmessig vurdering av ny teknologi. Disse seksjonene flettes sammen i en samlet drøfting av det helhetlige vurderingsverktøyet bruksmåte, muligheter og begrensninger. Deretter vil vi i kapittel 4 og 5 gå gjennom en rekke forsknings- og utviklingsprosjekter og en rekke nye teknologier som er – eller er i ferd med å bli – tilgjengelige i landbruket. Her vil verktøyet tas i bruk for å vise hvordan det kan benyttes.

2 Innovasjon er en prosess

2.1 Teknologi og innovasjon

Teknologi har alltid vært en del av utviklingen av jordbruket, fra de første håndredskapene for tusener av år tilbake til dagens avanserte roboter og digitale analyse- og styringssystemer.

Med teknologi menes både de fysiske hjelpemidlene som anvendes for å utføre en aktivitet, selve aktiviteten og den kunnskapen og kompetansen som skal til for å bruke tingene eller på annen måte er knyttet til dem (Bijker, Hughes et al. 1989). Landbruksteknologi omfatter maskiner, bygninger, kjemikalier, handelsgjødsel, avl, medisin, dyrkingsteknikker, arbeidsmetoder osv. De materielle hjelpemidlene og kompetansen henger sammen og kan utgjøre teknologiske system eller regimer. Innenfor jordbruket kan slike system knyttes til produksjoner som henger sammen i verdikjeder, som for eksempel svinerøttproduksjon, eller i systemer som henger sammen ut fra andre kriterier, som i økologisk produksjon. I denne studien og rapporten avgrenser vi teknologi til utendørsbasert teknologi for jordbruket. Vi vier de materielle sidene ved teknologien mer oppmerksomhet enn de kompetansemessige i denne sammenhengen. Det betyr ikke at vi mener kompetanse er mindre viktig. Det er bare et valg gjort ut fra behov for avgrensning.

Innovasjon handler om å skape noe nytt. En bred definisjon av innovasjon, inspirert av Joseph Schumpeter, omfatter utvikling av nye produkter, nye produksjonsprosesser, bruk av nye råvarer eller halvfabrikata, ny industriell organisering og introduksjon i et nytt marked (Schumpeter 1934); (Stræte 2006). Ny teknologi kan komme inn på alle disse feltene av innovasjon. Det nye må også realiseres, det vil si implementeres i det virkelige liv. Innovasjon er mer enn en oppfinnelse. Det er dermed en rekke aktiviteter som inngår i innovasjon, slik som alle vitenskapelige, teknologiske, organisatoriske, finansielle og kommersielle steg i retning av å implementere innovasjoner.

I noen sammenhenger kan man være opptatt av nyhetsgraden i innovasjon. Dette er også beslektet med begrepene radikal eller inkrementell innovasjon. En radikal innovasjon kan for eksempel være et nytt og komplett produksjonssystem, mens en inkrementell innovasjon er stegvis hvor bare ett eller noen få elementer er nye (Lundvall 2002). Melkeroboten er en radikal innovasjon i norsk melkeproduksjon, mens de stadige forbedringene av roboten er inkrementelle innovasjoner. Over tid vil inkrementelle innovasjoner gjøre at melkeroboten av 2019 framstår som annerledes enn utgaven fra 2000, selv om prinsippene er de samme. I praksis framstår de fleste innovasjoner som forbedringer av eksisterende produkter eller prosesser.

Uavhengig av hvilken teknologi som er aktuell og om den er radikalt nyskapende eller en mer avgrensa endring, er det for mange aktører behov for å vurdere hvor teknologien befinner seg en utviklingsfase. Hvor godt utviklet er teknologien? Hvor klart er markedet? Vil samfunnet ellers ønske teknologien velkommen?

Et slikt behov for å vurdere teknologien gjelder selvsagt de som eier teknologien eller er pådriver i utviklingen, men det gjelder også, eller særlig, alle andre som kommer i berøring med den på vegen i innovasjonsprosessen. Det kan være en lang rekke aktører som er involvert: Rådgivere, leverandører av ulike deler og innsatsvarer, forsknings- og utviklingsmiljøer, offentlige myndigheter, finansiører og investorer, forhandlere, distributører, media med flere.

Disse aktørene kommer i ulike faser i kontakt med for eksempel en ny teknologi. Utviklingsprosessene kan være svært ulike, men det er gjerne to hovedretninger i hvordan innovasjonsprosesser blir framstilt, lineær og interaktiv (Cooke and Morgan 1998). Den lineære forstås i kortform som at først utvikles vitenskapelig kunnskap som grunnlag for produktutvikling og videre industrialisering og lansering i et marked. Selv om denne lineære forståelsen synes å være forkastet i den vitenskapelige verden, er den likevel aktiv i mange kretser og i flere sammenhenger. En lineær betraktningssmåte er ikke tilstrekkelig til å forstå hva som skjer i praksis. I forskningen blir innovasjon i dag mer forstått som

en interaktiv prosess, hvor man har strukturer med aktører som har relasjoner hvor de stadig er i kontakt med hverandre og det er i stor grad samarbeid om innovasjon både internt i organisasjoner og mellom organisasjoner. Nyere innovasjonsteori har perspektiver som kan knyttes til interaktiv innovasjon, og ofte blir praksis mer vektlagt enn i lineær tenking.

Uansett hvilken som er mest relevant, er det behov for å gjøre vurderinger av innovasjonen, eller teknologien, for å komme videre i prosessen. Med prosess kan vi forstå et dynamisk syn på hvordan samhandling foregår i utvikling av teknologi, praksiser, marked og institusjoner i et innovasjonssystem. Her legges der mer vekt på drivkrefter, initiativ, samarbeid, praksis og endring (Klerkx, van Mierlo et al. 2012). Klerkx, van Mierlo et al. (2012) viser til Hekkert, Suurs et al. (2007) som har identifisert sju sentrale funksjoner for et fungerende teknologibasert innovasjonssystem: 1) entreprenøraktiviteter, 2) kunnskapsutvikling, 3) kunnskapsdiffusjon i nettverk, 4) veiledning i søkeprosesser, 5) markedsdannelse, 6) ressursmobilisering og 7) skaping av legitimitet/evne til å overvinne motstand mot endring.

Disse funksjonene kan hver for seg virke inn på hvordan prosessen går og hvilke resultater man kan oppnå. Vi vil bruke et par eksempler for å vise hvordan slike innovasjonsprosesser kan struktureres.

2.2 Innovasjonsprogrammet Landbruk21 Trøndelag (L21T)¹

L21T var et kunnskapsbasert innovasjonsprogram med utgangspunkt i det trønderske landbruket og hadde som mål om å bidra til et mer bærekraftig landbruk - miljømessig, sosialt og økonomisk. Etter flere år med forarbeider ble ideen om og behovet for etablering av et innovasjonsprogram iverksatt i 2016. Programmet skulle bidra til nyskaping og innovasjon i landbruket og tilhørende verdikjeder. Dette krevde involvering av relevante landbruksaktører, FoU- og kunnskapsmiljø og offentlig sektor. Det ble utpekt fem satsingsområder i utviklingsarbeidet for L21T: Økt verdiskaping, økt produksjon, industriell biomasseforedling, landbrukshelse og klima.

Styringsgruppen i L21T besto av representanter fra Norsk Landbrukssamvirke, Sintef, Fylkesmannen og Fylkeskommunen i Trøndelag, Bondelagene i Trøndelag og Ruralis. For å styrke tverrsektorielt samarbeid i L21T ble Arena Skog/Skognæringa i Trøndelag invitert inn som medlem i styringsgruppa fra januar 2017. L21T var organisatorisk lagt til Ruralis. Programmet ble avviklet i 2019.

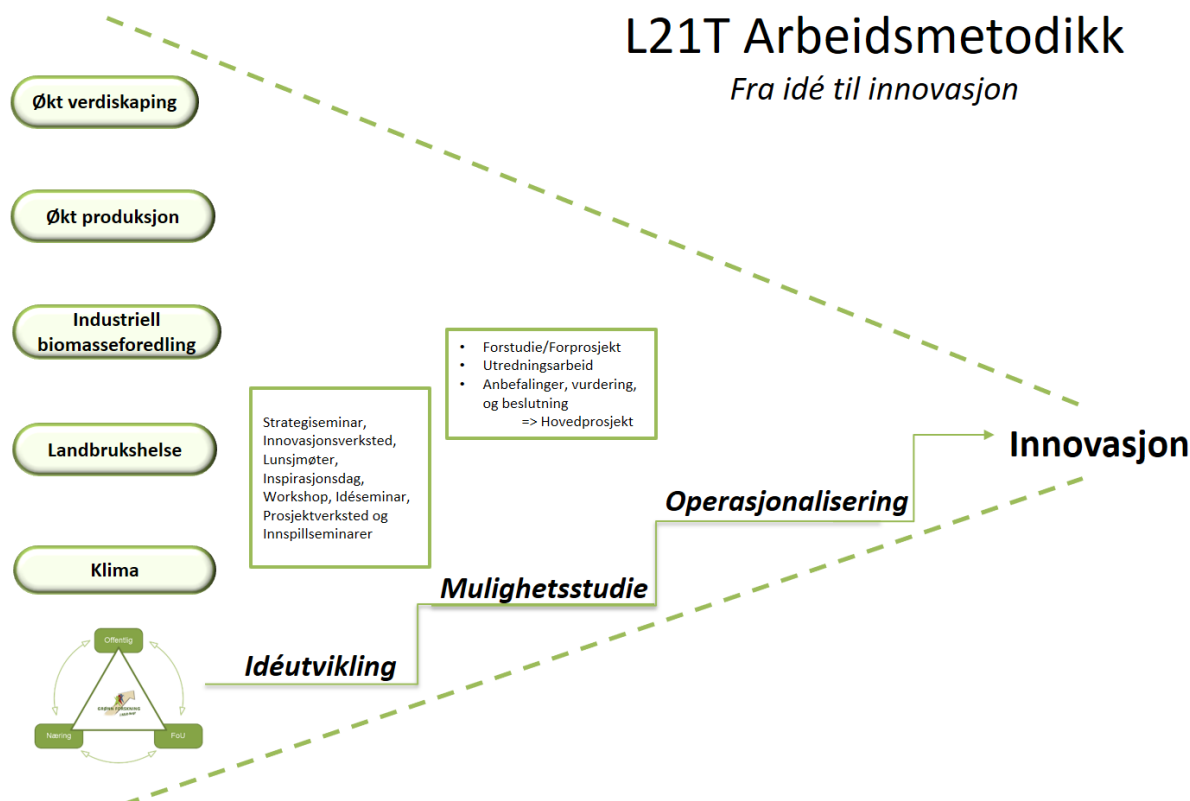
Strategien ved oppstart var å komme opp med flere gode og brede samarbeidsinitiativer som kunne bli til levedyktige utviklingsprosjekter. Samhandlingsarenaene organisert i regi av L21T ble med tiden mer og mer anerkjent som viktige diskusjons- og nettverksarenaer blant landbruksaktører (Luces 2019). Selve programmet var en nyskaping og arbeidet ble formet underveis.

Tanken var at programmet skulle bidra til å få til flere og bedre innovasjoner gjennom å legge til rette for og strukturere innovasjonsprosessene - den stegvise veien fra idé til prosjekt. L21T illustrerte dette selv ved bruk av en modell av innovasjonstrakt (Luces 2019), se figur 1.

L21T fasiliterte i idéutviklingsfasen ved å skape samhandlingsarenaer (lunsjmøter, inspirasjonsmøter, idéseminarer o.l.). Denne aktiviteten i starten på trakta var for å øke tilfanget av ideer og skape nye ideer. L21T samlet relevante aktører på tvers av verdikjedene, og med representanter fra ulike fagmiljøer. Ideene og problemstillinger kom i stor grad fra deltakerne, «de som har skoene på». L21T la til rette for at ideene ble tatt tak i og fulgt opp, for eksempel bearbeidet videre gjennom andre type arenaer, som bl.a. strategiseminarer og innovasjonsverksted (Luces 2019). Dersom en idé fikk en bra oppslutning ble det vurdert å igangsette et forprosjekt/mulighetsstudie. Neste steg ville da være å

¹ Framstillingen i delkapittelet om L21T er basert på et arbeidsnotat fra prosjektlederen i perioden 2016-2019 Luces, M. (2019). Beskrivelse av arbeidsmetodikken rundt innovasjonsprosesser, basert på erfaringer fra innovasjonsprogrammet Landbruk21Trøndelag (L21T) (2016-2018). Upublisert arbeidsnotat, AP5, SmAT. Trondheim, Prosjekt SmAT, Ruralis/L21T: 18.

etablere et hovedprosjekt for operasjonalisering av ideen, med forankring og eierskap hos næringsaktøren som skulle drive prosjektet videre. Forankring og eierskapet av prosjektene i næringa er sentralt for at disse satsingene kan bli levedyktige prosjekter. Ideer som ikke fikk godt nok eierskap hos aktuelle aktører, var ikke levedyktige. Det vil si trakta smalnet inn.



Figur 1: Arbeidsmetodikk i L21T, innovasjonstrakt (fra Lucas, 2019).

Rollen til L21T var å være mellomromsaktør, sammen med prosjektet Grønn forskning². Grønn Forskning Midt-Norge ble etablert i 2008, og er bredt forankret i det midt-norske jordbruket som involverer fylkene Møre og Romsdal og Trøndelag. Målet er å gi bønder i regionen mulighet til å løfte opp relevante problemstillinger som trenger forskning (<https://www.matriketmidt.no/prosjekter/groenn-forskning/>).

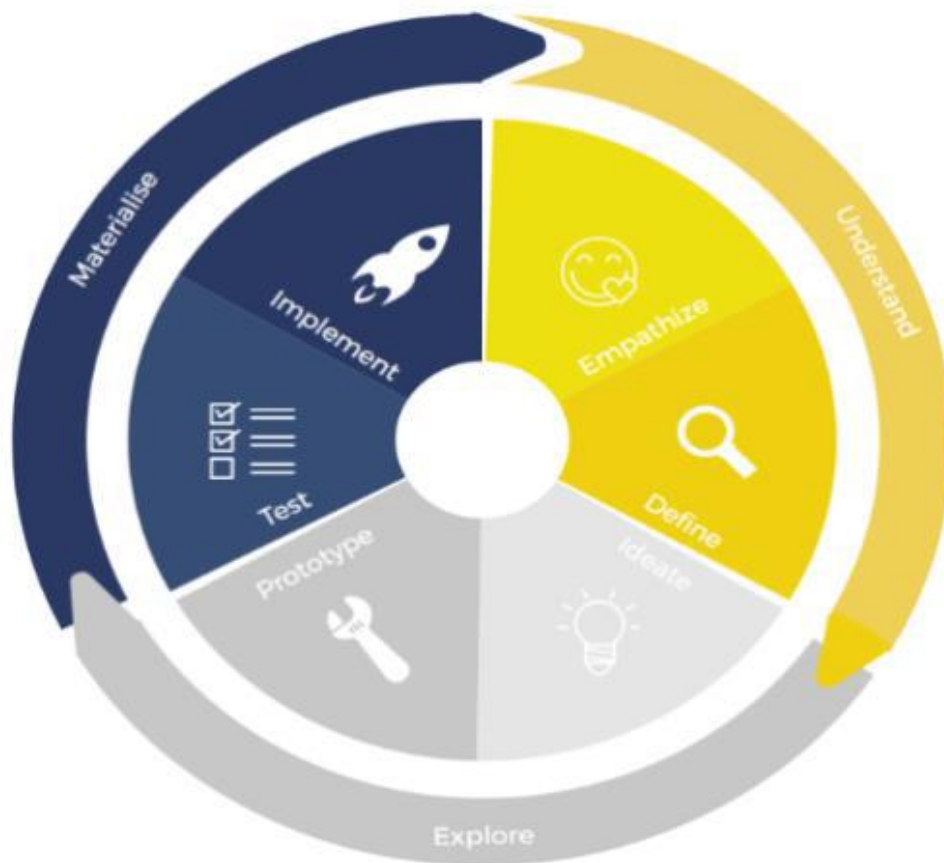
Å være mellomromsaktør kan forstås som å legge til rette for at ideer blir vurdert og eventuelt tatt videre inn i trakta av ideeiere og potensielle ideeiere. Mellomromsaktøren legger til rette, fasiliteter, støtter opp om, forankrer, formidler mellom, megler o.l. Mellomromsaktøren realiserer ikke en innovasjon, men forsøker så langt det er mulig å skaffe noen som tar eierskap, hvis dette ikke eksisterer fra starten av. Uten eierskap faller ideen ut av trakta.

2.3 Levende laboratorium som metode

Et annet eksempel på metodikk for å strukturere innovasjonsprosesser er Levende laboratorium (Living Labs). Metoden går i korthet ut på at ulike grupper av interessenter til et saksfelt, slik som bedrifter, myndigheter, nøkkelpersoner og andre enkeltpersoner går sammen for å utvikle noe nytt,

² Grønn Forskning prosjekt eies av Midt Norsk Landbruksråd (tidligere samarbeidsråd), hvor Trøndelag og Møre og Romsdal er representert. Prosjektlederen i GF inngikk i sekretariatet i L21T det meste av perioden hvor L21T var operativ. Grønn forskning er fortsatt aktivt.

enten det er produkter, tjenester, markeder eller ny teknologi i virkeligheten. Metoden kan også brukes for å løse et problem, noe gjerne innovasjoner søker å løse. Arbeidsmåten kan varieres og tilpasses, men inspirert av *design tenking* kan hovedelementene i prosessen først være å forstå, deretter utforske, for til slutt å materialisere en løsning. Dette kan klassifiseres i seks steg (AgriLink 2017), slik som vist i figur 2.



Figur 2: Stegene i Levende laboratorium

Figur 2 er hentet fra Design Thinking Process, tilpasset av Hanne Leirs, basert på (Bootcamp Bootleg D.School 2010, AgriLink 2017).

Hovedgangen i prosessen er illustrert i figur 2. Første steg (*empathize*) handler om å oppnå en tydelig forståelse av et problem eller ei utfordring gjennom å observere, engasjere og involvere seg med folk for å forstå deres erfaringer og motivasjoner. Det andre steget handler om å definere (*define*), det vil si å analysere observasjonene og definere problemet på en håndterbar måte. Det tredje steget handler om å generere ideer (*ideate*). Det fjerde steget består i å utvikle en prototype, som er en testmodell (av for eksempel et produkt eller en tjeneste) med tanke på å prøve ut løsninger som kan løse det definerte problemet, eller å utnytte den muligheten man ser for seg. Det femte steget består i å teste ut og tilpasse prototyper, mens det sjette steget omfatter implementering i full skala.

Et slikt stegvis idealopplegg kan framstå som lineært, men i virkeligheten beveger man seg fram og tilbake mellom fasene med stadige redefineringer og tilpasninger. Metoden bygger også på et samspill og samarbeid mellom ulike typer aktører.

2.4 Framdrift i innovasjonsprosessen

Det er mange forhold som påvirker en innovasjonsprosess. Noen av dem kan man forsøke å kontrollere, men det ligger i sakens natur at det å være nyskapende eller innovativ – å gjøre noe nytt – ikke kan automatiseres eller rutiniseres fullt ut. Man kan derimot legge til rette for å få til bedre innovasjonsprosesser. Dette kan man gjøre ved for eksempel å styrke funksjonene som Hekkert, Suurs et al. (2007) nevner, se foran. Det betyr å stimulere, motivere, ordne organisasjonen og systemet slik at unødig motstand eller terskler blir fjernet.

En av de virkemidlene man kan anvende i innovasjonsprosessen er å ta i bruk verktøy. I denne studien om teknologiers modenhet, er ambisjonen å utvikle et verktøy som kan være en støtte i innovasjonsprosessen. Et slikt verktøy som kan si noe om en teknologis modenhet i teknologisk, markedsmessig og samfunnsmessig forstand vil hjelpe deltakerne i prosessen. I eksemplet med L21T vil et slikt verktøy kunne hjelpe til med å vurdere hvilke stadier ideer og teknologier er kommet til, å sortere ideer gjennom innovasjonstrakta og å vurdere hvordan de kan bringes videre opp innovasjonstrappa.

Et slikt verktøy kan selvsagt ikke anvendes alene. Det krever både en bevissthet om hva verktøyet kan brukes til, hvilken tenkemåte som ligger til grunn, hvilke slutninger man kan trekke og hvordan verktøyet implementeres i den aktuelle organisasjonen og i den daglige praksisen.

3 Teknologi og modenhet

Hvordan teknologi utvikles; finner veien inn i markedet; blir elementer i hverdagen; og til slutt transformerer sosiale strukturer er åpenbart komplekse prosesser. Det er nødvendig med analytiske verktøy for å kunne studere dette systematisk. Modenhet beskriver hvor klar en teknologi er for å ta steget fra verkstedet og ut til markedet og samfunnet. Dersom en teknologi vurderes som moden er den i prinsippet klar for å kunne tas i bruk. En teknologi som vurderes som umoden kan mangle den teknologiske funksjonaliteten som er nødvendig for å kunne brukes i landbruket. Det kan også være at teknologien av ulike grunner mangler en god forretningsmodell og derfor ikke er klar for å kommersialiseres, eller at markedsaktørene eller samfunnet for øvrig ikke er klar for en slik type teknologi. Utvikling av modenhet trenger ikke forstås som noe som foregår langs en kronologisk tidslinje, men heller som komponenter eller faktorer ved en teknologi som øker sannsynligheten for at teknologien finner veien til markedet og samfunnet (Dent & Pettit, 2011). Dette kommer vi tilbake til.

I SmaT har vi valgt å benytte tre ulike begrep knyttet til beskrivelsen av teknologi og modenhet. For det første, «Technology Readiness Level» (TRL), som er et begrep og en skala for å beskrive teknologisk modenhet. For det andre benytter vi begrepet «Market Readiness Level» (MRL) som er et tilsvarende begrep som sier noe om et produkts markedsmessige modenhet, og for det tredje «Societal Readiness Level» (SRL) som er et begrep som fanger opp hvor moden en teknologi er for samfunnsmessig implementering. Disse tre begrepene befinner seg selv på ulikt modenhetsnivå. TRL ble utviklet av NASA på 1970-tallet og er i dag i bruk av mange som vurderer ny teknologi. MRL er et nyere begrep og har et mindre entydig innhold, mens SRL er et begrep som i liten grad er operasjonalisert så langt. Nedenfor gir vi en kort gjennomgang av de tre begrepene, og beskriver vurderingene som er tatt for å utarbeide både de ulike skalaene og spørsmålsbatteriene knyttet til skalaene.

3.1 Technology readiness level (TRL) – Teknologisk modenhetsnivå

Begrepet TRL ble opprinnelig utviklet av NASA på 1970-tallet, og er senere videreutviklet til en 9-punkts skala som beskriver en teknologi sin modenhet (Mankins, 2009). NASAs definisjon av skalaen fra 1989 er slik (Sadin, Povinelli & Rosen, 1989):

- Level 1 – Basic principles observed and reported
- Level 2 – Potential application validated
- Level 3 – Proof-of-Concept demonstrated
- Level 4 – Component and/or breadboard laboratory validated
- Level 5 – Component and/or breadboard validated in simulated or real-space environment
- Level 6 – System adequacy validated in simulated environment
- Level 7 – System adequacy validated in space

Siden 1980-tallet har ideen om en generell skala for å vurdere TRL fått bred aksept. TRL-begrepet har blitt et sentralt konsept innenfor forskning og teknologiutvikling og brukes i dag over hele verden (Mankins, 2009).

I EUs forsknings- og innovasjonspolitik er en moderert variant av begrepet tatt i bruk, og i 2014 ble en operasjonalisering av en TRL 9-punktsskala inkludert i Horizon2020-rammeverket. Et annet eksempel på en modifisering av skalaen er EU-prosjektet CloudWatch2 (CloudwatchHub, u.d.-b). Bruken av begrepet er imidlertid ikke uproblematisk. Høder (2017) har studert bruken av TRL i EUs innovasjonspolitik, og argumenterer for at begrepet i langt større grad må tilpasses og justeres etter sammenhengen når det skal anvendes utenfor sitt opprinnelige bruksområde. Flere operasjonaliseringer til ulike typer teknologiutvikling er da også utviklet.

European Association of Research and Technology Organisations (EARTO) drøfter bruken av TRL-skalaen som et verktøy for vurdering av finansiell støtte og evaluering av ny teknologi i europeisk

sammenheng. Der beskriver de mulige tilpasninger til nivåinndelingen (EARTO, 2014). EARTO mener at bruken av TRL-skalaen har vært for fokusert på produktutvikling, og at utvikling av produksjonsteknologi, kommersialisering og organisasjonsendringer har kommet i bakteppe. I tillegg mener de at bruken av TRL-skalaen ikke har vært i stand til å evaluere et helhetlig system av teknologien. Fokuset med bruken av TRL-skalaen har vært mest på individuell teknologi, og ikke på produktet som skal ut på markedet. De høyere modenhetsnivåene handler om å være i stand til å kombinere og integrere ulike teknologiske komponenter til et fungerende produkt. Samtidig påpekes det at produktutvikling ikke er en lineær prosess (idé -> prototype -> demonstrasjon og validering -> produksjon), men at det ved økende teknologisk modenhet vil kunne komme uforutsette behov for videre forskning (ibid.). På bakgrunn av dette har EARTO utarbeidet en TRL-skala som bygger på Horizon2020 sin versjon der de forsøker å integrere markedsdimensjonen i TRL-skalaen. De har lagt vekt på at skalaens tilnærming skal ha fokus på integrasjon (kombinasjon av ulike teknologier, markedsmuligheter og organisatoriske elementer). Derfor har de også innlemmet fabrikkeringsevne (manufacturability). På denne måten forsøker de å beskrive det helhetlige systemets modenhetsnivå, heller enn enkeltkomponenters modenhetsnivå.

Vi er enige i at det er behov for vurderinger av modenhet i forhold til markedet, men velger å tilnærme oss dette ved å utvikle en egen skala for markedsmodenhet og så integrere skalaene i etterkant. Dette kommer vi tilbake til.

Det amerikanske forsvarsdepartementet (DoD) (2011) har også utviklet en standard for vurdering av ny teknologi. De beskriver detaljert den teknologiske modenheten hvert enkelt nivå i skalaen innebærer. For å gjøre det til et anvendbart verktøy har de også beskrevet eksempler på hva de ulike nivåene krever av dokumentasjon for å plasseres der de hører hjemme.

Nedenfor er skalaen vi har brukt for å vurdere det teknologiske modenhetsnivået til ny teknologi i landbruket. Denne henter inspirasjon fra de ovennevnte eksemplene: EARTO (2014), Horizon2020 (European Commission, 2017) Cloudwatch (u.d.-b) og US Department of Defense (2011).

Tabell 1: Teknologisk modenhetsskala (TRL)

Steg	TRL	Beskrivelse	Kommentar
Oppfinnelse/ Undersøkelser	TRL 1	Spesifikk teknologisk idé formulert og grunnleggende prinsipper observert	Grunnleggende prinsipper funnet gjennom forskning blir oppdaget å ha potensialet til utvikling av ny teknologi innenfor landbruket. Eks: Skrivebordsstudier som identifiserer teknologiske prinsipper og mulig potensial.
	TRL 2	Teknologi-ideen beskrevet	Den potensielle bruken av teknologien blir beskrevet. Vurderinger av gjennomførbarheten til prosjektet eller teknologien blir gjort. Praktisk anvendelse vurderes, men antakelser om praktisk anvendelse trenger ikke være støttet av tester eller demonstrasjon. Eks: Analytiske studier.
Konsept validering	TRL 3	Eksperimentelt bevis på konsept / Første vurdering av muligheten for konseptet og teknologiene	Det blir gjort mer systematiske og praktiske vurderinger av den teknologiske gjennomførbarheten av teknologien. Identifisering av de ulike komponentene. Hvilke teknologiske løsninger finnes allerede? Hvilke mangler? Hvilke begrensninger har teknologien?

	TRL 4	Elementær teknologi testet og validert i lab eller simulerte omgivelser	Dette kan innebære eksperimenter eller simuleringer i lab-miljø. Individuelle komponenter av teknologien testes og forskes på. Eks: Utviklet komponenter som ennå ikke er integrert i et helhetlig system eller nødvendigvis er representative for sluttproduktet.
Integrering	TRL 5	Integrert teknologi testet og validert i et laboratorium	Elementære teknologiske komponenter integreres med realistiske støtteelementer for testing av tidlig prototype i kontrollert lab-miljø. Evaluering av systemets funksjonalitet. Dette er en enkel teknologisk versjon, typisk «breadboard system» prototyper. ³ Eks. Integrasjon av «ad hoc» maskinvare i lab-miljø.
Demonstrasjon av prototype og pilotproduksjon	TRL 6	Teknologi demonstrert i relevant miljø / Forproduksjon av produktet, inkludert testing i et brukermiljø	En videreutviklet, representativ prototype sammenlignet med TRL 5 av systemet testes i relevant miljø. Et stort steg i en teknologisk demonstrerte modenhet. Har på dette steget gått forbi «breadboard prototype». Produksjonsmuligheter testes i lab-miljø.
	TRL 7	Systemprototypedemonstrasjon i et naturlig miljø / småskala pilotproduksjon demonstrert	Prototypen er, eller nærmer seg operativ. Demonstrasjon av at systemet virker i sin helhet i naturlig miljø, sammen med eventuell annen teknologi (montert på traktor/drone/redskap. Kommunikasjon med andre teknologier). Produksjon av produktet er på pilot-nivå.
Produksjon og produkt optimaliseres gjennom trinnvise endringer	TRL 8	System fullført og kvalifisert / Produkt ferdig testet, validert og kvalifisert, og funksjonaliteten optimaliseres	Teknologien fungerer under de forhold som det forventes at den vil arbeide i. Dette steget er som regel det siste i systemutviklingen. Teknologien gjennomgår utviklingsmessige tester og evalueringer av design av systemet for at det skal fungere best mulig i det miljøet det skal arbeide i. Evalueringer av om produktet vil oppnå operasjonelle krav (brukergrensesnitt, risiko o.l.). Full produksjonsapparat er etablert.
	TRL 9	Faktisk system bevist funksjonelt i driftsmiljø	Faktisk bruk av teknologien i sin endelige form. Systemet fungerer som det skal. Forbedringer til produkt og produksjonsapparat gjøres ved behov.

Denne skalaen har blitt brukt som utgangspunkt for vårt verktøy for klassifisering av teknologisk modenhet for landbruksteknologi. Dette er presentert nedenfor. Det er et spørsmålsbatteri bestående av 9 spørsmål, der hvert spørsmål korresponderer med et nivå på skalaen ovenfor. Verktøyet skal

³ «Breadboard» er en konstruksjon som brukes for å lage enkle elektroniske prototyper for å teste og eksperimentere med ulike kretser (Wiring, u.d.).

brukes på den måten at man starter fra toppen og jobber seg nedover med å besvare spørsmål. Spørsmål 1 samsvarer med TRL 9. Dersom spørsmål 1 besvares med «Ja» vil det si at teknologien befinner seg på TRL 9, altså teknologisk sett, veldig modent. Dersom man svarer nei, går man videre til neste spørsmål. Der spørsmålet innebærer at teknologien eller produktet er testet og validert, vil dette innebære at testen har gitt gode resultater som indikerer at det fungerer på det nivået det var forventet å fungere på, gitt modenhetsnivå.

Tabell 2: Spørsmålsbatteri teknologisk modenhet (TRL)

Spm.	Plasseringsspørsmål	Veiledning	TRL
1	Er teknologien er ferdig utviklet og klar til bruk?	Hvis ja: ➡	9
		Hvis nei, gå videre ↓	
2	Er teknologien testet og validert i bred skala?	Hvis ja: ➡	8
		Hvis nei, gå videre ↓	
3	Er teknologien testet og validert i driftsmiljø (felt/reell situasjon)?	Hvis ja: ➡	7
		Hvis nei, gå videre ↓	
4	Er prototype er testet og validert i relevant miljø?	Hvis ja: ➡	6
		Hvis nei, gå videre ↓	
5	Er de sentrale komponentene testet sammen og validert i lab eller simulerte omgivelser?	Hvis ja: ➡	5
		Hvis nei, gå videre ↓	
6	Er de sentrale komponentene testet og validert hver for seg?	Hvis ja: ➡	4
		Hvis nei, gå videre ↓	
7	Er et konsept tydelig demonstrert/ beskrevet?	Hvis ja: ➡	3
		Hvis nei, gå videre ↓	
8	Er ideen eksplisitt beskrevet?	Hvis ja: ➡	2
		Hvis nei, gå videre ↓	
9	Er en spesifikk teknologisk ide formulert?	Hvis ja: ➡	1

Dersom spørsmål 9 besvares nei, er teknologien ikke definert slik at det er relevant å vurdere den i et slikt modenhetsverktøy. Den må først formuleres.

3.2 Market readiness level (MRL) – Markedsmessig modenhet

Det holder ikke at produktene teknologisk sett er klare for markedet, markedet må i tillegg være klar for produktene. Teknologisk modenhet er ikke den eneste evalueringen nødvendig for å anslå et produkts modenhet. "Market Readiness Level" (MRL) er et konsept relatert til TRL som adresserer dette. Der TRL-skalaen fokuserer på hvor langt det teknologiske utviklingsarbeidet har kommet, fokuserer MRL-skalaen på hvor langt arbeidet når det gjelder marked har kommet. Begge skalaene er eksplisitte på at det ikke er en passiv status man beskriver, men en kombinasjon av en status og et

utviklingsarbeid. Dette kan man observere fra utsiden, men en aktør som jobber med ny teknologi tar også selv en rolle i prosessen. I en TRL-vurdering er de mest modne teknologiene i prinsippet klar for markedet, eller markedsvurderinger er ikke relevante. Dette kan være situasjonen når man har et monopol eller når teknologien utvikles for en enkelt aktør. I andre sammenhenger er et sentralt spørsmål hvorvidt markedet er klar for teknologiene. Dette er helt klart relevant å spørre om når det gjelder ny landbruksteknologi.

Definisjoner og operasjonaliseringer av markedsmodenhet er langt mindre allment akseptert og sementert enn TRL-konseptet. Markedsmessige modenhetsvurderinger har gjort seg mer og mer gjeldende, noe som bl.a. har kommet til uttrykk ved at Horizon2020 har skjerpet fokuset på markedsaspektet ved produktutvikling (CloudwatchHub, u.d.-a).

Konsepter som «innovation readiness level», «demand readiness level» (Dent & Pettit, 2011) mv., er brukt for å nærme seg en innfallsvinkel hvor teknologiens modenhet kobles med markedssituasjonen på det aktuelle feltet. Også på dette har EU-prosjektet Cloudwatch2 kommet opp med en operasjonalisering som bringer oss nærmere en konseptualisering som kan benyttes på landbruksteknologier (CloudwatchHub, u.d.-b). De har operasjonalisert MRL i 10 nivåer – på samme måte som deres definisjon av TRL.

Det fins en myriade av tilnærminger til markedsaspektet ved innovasjon. Dette prosjektet vil ikke gå detaljert inn i litteraturen som beskriver markedssegmentet og innovasjon. Hasenauer, Gschöpf og Weber (2017) hevder at MRL kan oppsummeres med fire spørsmål: i) I hvilken grad er konkurranseprodukter tilgjengelige? ii) Hva er etterspørselen etter produktet? iii) Er kunden klar til å bruke og adoptere produktet? iiiii) Er produktet klart for utbredt bruk? Kobos, Malczynski, Walker, Borns og Klise (2018) trekker også fram at verdien av produktet avhenger av om det tilbyr noe nytt, noe bedre eller noe billigere enn andre produkter. Vurdering av markedsadgang, finansiell kapital, produksjonsmuligheter og brukernes gevinst i form av høyere avkastning relativ til ressursbruken er nødvendig for en god forståelse av produktets potensial. Produktets vei inn i markedet vil også avhenge av om det defineres som substitusjon eller mainstreaming av eksisterende teknologi. Substitusjon er at ny teknologi erstatter allerede eksisterende teknologi. Mainstreaming beskriver heller en gradvis forbedring av eksisterende kompatibel teknologi (Sørensen, 2015). Dette finner man for eksempel i Farm Hack-miljøet (Farm Hack, u.d.). Dette er relatert til begrepene radikal og inkrementell innovasjon beskrevet i kapittel 2.1.

For å kunne si noe om MRL er det nødvendig å kunne si noe om konkurransesituasjonen. Porter (1998) hevder at det er fem krefter som betegner konkurransesituasjonen i et marked. Det er: i) trusselen fra substituerende produkter og tjenester, ii) Kundenes forhandlingsmakt, iii) Leverandørenes forhandlingsmakt, iv) Trusselen fra nye deltakere, og v) rivalisering blant nåværende konkurrenter. Disse kreftene sier noe om hvor attraktiv og lønnsom bransjen er. Bedriftenes viktigste strategiske jobb er å finne sin plass i markedet hvor de best kan forsvare seg mot disse kreftene.

Det kan være snakk om relativt store investeringer for å ta i bruk ny teknologi på gårdsbruket. Investeringene må gi en gevinst i form av færre arbeidstimer, høyere produktivitet, en friere arbeidshverdag og/eller lignende. Eksempelvis gir melkeroboten friere arbeidshverdag og høyere produktivitet (Hårstad, 2019). Markedspotensialet ulike teknologier har for å bli et vanlig innslag i landbruket avhenger av disse og mange andre faktorer.

Dette notatet og verktøyet som presenteres er ikke tenkt å skulle erstatte en markedsundersøkelse av noe slag. Nedenfor er MRL-skalaen vi har benyttet i dette prosjektet. Den er forsøkt tilpasset til prosjektets behov. Denne skalaen er inspirert av CloudwatchHub (u.d.-b), Dent og Pettit (2011) og EARTO (2014) sine modeller.

Tabell 3: Markedsmessig modenhetsskala (MRL)

Steg	MRL	Beskrivelse	Kommentar
Ideasjonsfase	MRL 1	Anelse/ magesfølelse	Idè om et markedsmessig behov i landbruket som ikke er fylt eller som kan løses bedre med ny teknologi.
	MRL 2	Formulering	Behovet og løsningen beskrives uten at det gjøres nærmere undersøkelser av markedssituasjonen. Klar tanke om hva systemet skal gjøre for landbruksaktører.
	MRL 3	Konkretisering av markedsbehov og tilbud	Konkretisering av ideen. Undersøkelser om det fins tilbydere av lignende produkt eller produkt som har tilnærmet samme funksjoner. Beskriver behov, en teknologisk løsning og en klar tanke om hvilke forbedringer teknologien kan bidra med til landbruket. Mulige markeder identifiseres.
Pilot-kampanje og forberedelser til kommersialisering	MRL 4	Validering i markedet/ Liten Pilot-kampanje	Tidlig evaluering av kommersiell gjennomførbarhet gjennom tilbakemeldinger fra landbruksaktører. Ledende markeder kontaktes for å bekrefte forståelse av behov.
	MRL 5	Forretningsmodell	Opprettelse av en forretningsmodell. Kartlegging av: kundesegmenter, verdiløfte, kanaler, kunderelasjoner, inntektsstrøm, ressurser, kjerneaktiviteter, partnere og kostnader ⁴
Traction/ Tidlig etablering	MRL 6	Lansering av produktet i mindre omfang	Produktet selges/tilbys i mindre omfang. Små defekter etter lanseringen meldes til utviklerne.
	MRL 7	Bevis på tilfredshet - kunder bekrefter fremgang / forbedring.	Tegn til etterspørsel etter produktet. Bevis på at det er interesse for produktet – at det har trekraft. Kunder melder om forbedringer, små defekter rettes opp, oppdaterte versjoner med nye funksjoner og «bugfixes» kommer.
Skalering/ Markedseksponering	MRL 8	Bevis på skalerbarhet - stabilt salg tillater inntektsforutsigelse	Etterspørsel er stabil/økende. Produktet sprer seg. Stabile salg muliggjør inntekter. Produktet er konkurransedyktig i markedet.
	MRL 9	Bevis på stabilitet	Produktet er stabilt tilgjengelig gjennom en avklart forretningsmodell. Produksjonsfasilitetene takler etterspørselen og produktet ekspanderer til større markeder. Videreutvikling og flere salg gjennom inkrementelle forbedringer av produktet.

Denne tabellen har vært brukt som utgangspunkt når vi har laget vårt spørsmålsbatteri med 9 spørsmål for å kartlegge markedsmessig modenhet i landbruksteknologi. Denne er presentert nedenfor. Det er et spørsmålsbatteri bestående av 9 spørsmål, der hvert spørsmål korresponderer med et nivå på MRL-skalaen ovenfor. Verktøyet skal brukes på den måten at man starter fra toppen og jobber seg nedover med å besvare spørsmål. Spørsmål 1 samsvarer med MRL 9. Dersom spørsmål

⁴ Innovasjon Norge. (2018, 21.11.18). Hvordan lage forretningsmodell. Hentet 15.10 2019 fra <https://www.innovasjon Norge.no/no/verktoy/verktoy-for-oppstart-av-bedrift/hvordan-lage-forretningsmodell/>

1 besvares med «Ja» vil det si at teknologien befinner seg på MRL 9, altså markedsmessig sett, veldig modent. Dersom man svarer nei, går man videre til neste spørsmål.

Tabell 4: Spørsmålsbatteri markedsmessig modenhet (MRL)

Spm.	Plasseringsspørsmål	Veiledning	MRL
1	Er produktet stabilt tilgjengelig i et marked gjennom en avklart forretningsmodell?	Hvis ja: ➡	9
		Hvis nei, gå ↓ videre	
2	Er produktetterspørselen stabil eller økende?	Hvis ja: ➡	8
		Hvis nei, gå ↓ videre	
3	Har det vært etterspørsel etter produktet i markedet?	Hvis ja: ➡	7
		Hvis nei, gå ↓ videre	
4	Har produktet vært lansert/solgt i mindre omfang?	Hvis ja: ➡	6
		Hvis nei, gå ↓ videre	
5	Er en forretningsmodell definert?	Hvis ja: ➡	5
		Hvis nei, gå ↓ videre	
6	Er markedsbehovet og ideen bekreftet/validert av markedsaktører?	Hvis ja: ➡	4
		Hvis nei, gå ↓ videre	
7	Er det konkretisert et markedsbehov og et tilbud?	Hvis ja: ➡	3
		Hvis nei, gå ↓ videre	
8	Er det en formulert en ide om et behov og en teknologisk løsning?	Hvis ja: ➡	2
		Hvis nei, gå ↓ videre	
9	Er det en ide om et markedsmessig behov?	Hvis ja: ➡	1

Hvis svaret på spørsmål 9 er nei, foreligger det neppe noen formulering eller ide knyttet til marked. Derfor er teknologien svært umoden, og det er ikke relevant å anvende verktøyet.

3.3 Societal readiness level (SRL) - Samfunnsmessig modenhet

Modenhetsbeskrivelsene i seg selv ligger på ulike modenhetsnivå, som nevnt tidligere. TRL har etter hvert grepet om seg, og blitt et godt innarbeidet begrep i forskningen, og anvendes i utviklingsarbeid. MRL benyttes også, men er ikke like mye anvendt og beskrevet som TRL. SRL er et begrep som er relativt nytt, og det minst allment brukte begrepet.

Samfunnsmessig modenhet kan tolkes på ulike måter. Innovations Fund DK (2018) har en bred tilnærming til samfunnsmessig modenhet og har laget en 9-punktsskala som beskriver hvilke helt generelle grep hvert nivå kan innebære. ARENA (2014), det australske byrået for fornybar energi, bruker noe de kaller Commercial Readiness Index, der regulatoriske forhold er en av faktorene, i tillegg til flere mer markedsrettede faktorer. Det de omtaler som regulatoriske forhold er inndelt i 6 nivåer

som går fra at reguleringer er ukjente og udefinerte, opp til at reguleringer og tillatelser er dokumentert og godkjent. Kobos et. al. (2018) bruker begrepet «Regulatory Readiness Level» (RRL) for å beskrive hvordan regulatoriske forhold kan begrense eller belønne ny teknologi. Selv teknologisk modne produkter trenger regulatorisk støtte og ikke minst tillatelse for å entre markedet.

Ny teknologi kan åpne opp nye bruksområder, praksiser og uforutsette konsekvenser som regelverket ikke har tatt hensyn til. Eksempelvis kan bedre og bedre teknologiske løsninger innenfor automatisering gjøre oppgaver uten tilsyn like trygt, om ikke tryggere enn med menneskelig styring. Den enorme datainnsamlingen som skjer gjennom økt digitalisering bringer med seg bekymringer om personvern og makten som følger av at store informasjonsmengder samles hos få aktører. Myndighetene forsøker å fornye og tilpasse regelverket til utviklingen som skjer. I enkelte tilfeller kan regulatoriske forhold virke bremsende på innføring av ny teknologi, selv om teknologien kan være bedre enn alternativene på noen parameter. Det er derfor viktig å inkludere en evaluering av samfunnsmessig modenhet når man skal vurdere ny teknologi.

I SRL-skalaen som presenteres nedenfor har vi valgt å legge vekt på tema knyttet til to typer samfunnsmessig vurdering: sosial aksept/kontrovers, og legal status. Sosiale forhold knyttet til bruksorganisering, teknologiens domestisering osv. overlater vi til MRL-skalaen å fange opp. Dette kan selvsagt diskuteres, og det kunne vært et alternativ å lage en egen skala for samfunnsmessig modenhet på mikro/meso-nivå, men det lar vi ligge i denne sammenhengen. Denne SRL-skalaen har vi utviklet selv, dog etter inspirasjon fra de som er nevnt over. Vi har så langt det har latt seg gjøre valgt å følge samme utforming som for TRL og MLR slik at disse tre dimensjonene skal kunne anvendes sammen.

Regulering forstås i skalaene nedenfor som at dersom bruk eller produksjonen faller inn under et regelverk vil det si at det er regulert. Det meste i dagens samfunn vil kunne defineres som regulert i ulik grad. «Ikke-regulert» (se tabell 6) innebærer derfor at teknologien ikke krever en spesiell tillatelse eller noen spesifikke legale vurderinger for å kunne tas i bruk, eller at teknologien oppfyller de generelle kravene som stilles. Ettersom legal status er en institusjonell og formell vurdering av et produkts samfunnsmessige modenhet, anses legale hensyn som lavere på SRL-skalaen (nærmere nivå 1, mindre modent) enn hensyn som går på produktets aksept i samfunnet for øvrig. Vi vurderer det slik at manglende legal aksept er en større barriere for et produkts modenhet enn at produktet mangler sosial aksept av større eller mindre grupper, men vi anerkjenner at begrepene er relatert til hverandre.

Den sosiale aksepten som beskrives i denne skalaen er først og fremst forstått som aksepten blant aktører utenfor markedssegmentet, altså interesseorganisasjoner, meningsbærere, politikere osv. Markedsaktørenes aksept for produktet vil fanges opp av MRL-skalaen, i valideringsfasen og i etterspørsel. Sosial aksept skal fange opp om ny teknologi utfordrer eksisterende normer, verdier og tradisjoner i landbruket. Dette kan være så mangt, og graden av sosial aksept for ny teknologi i landbruket er vanskelig å vurdere og gi en bestemt tallverdi. Plassering i skalaen baserer seg derfor i stor grad på skjønn og forståelse av landbruksfeltets aktører, verdier, praksiser og skillelinjer.

Tabell 5: Samfunnsmessig modenhetsskala (SRL)

Steg	SRL	Beskrivelse	Kommentar
Sosial aksept lav og legale forhold en barriere	SRL 1	Produksjon eller bruk av teknologien er ulovlig og ansett som uakseptabelt.	Bruk og/ eller produksjon av produktet anses som uaktuell. Ekstremtilfeller (Ulike typer genteknologi).
	SRL 2	Produksjon og bruk av teknologien er både sosialt svært omstridt/kontroversiell og krever lovendring.	Bruk og/eller produksjon av produktet mangler både sosial og institusjonell aksept (legal godkjenning).
Legale forhold	SRL 3	Produksjon og bruk av teknologien krever lovendring.	Det trengs juridiske endringer for at teknologien skal kunne tas i bruk. Dette medfører vanligvis en omfattende og lang prosess.
	SRL 4	Produksjon og/eller bruk av teknologien krever positive godkjenninger/ tillatelser.	Sikkerhet knyttet til bruk eller produksjon godkjent av myndighetene. Det er gitt tillatelser til bruk og/eller produksjon. Teknologien har eksempelvis godkjente systemer for ulykkesavergelse, dyrevern og det er gjort vurderinger av risiko. <u>Eks:</u> Droner kan brukes dersom føreren har gjennomgått den opplæringen som bruken krever, og dermed fått tillatelse.
	SRL 5	Produksjon og bruk av teknologien er lov under visse generelle vilkår.	Bruken eller produksjonen av produktet er kun lov dersom det forholder seg til de krav og rammebetingelser som bruken eller produksjonen faller under. Det kreves en form for dokumentasjon av at produktet eller bruken av produktet oppfyller ulike eksisterende krav. <u>Eks:</u> Droner kan brukes dersom de er under oppsikt under hele operasjonen.
Ulik grad av sosial aksept	SRL 6	Produksjon og/eller bruk av teknologi ikke-regulert men sett som uheldig av sentrale aktører. Omstridt i sentrale kretser.	Det er ingen juridiske forhold som begrenser bruk eller produksjon av produktet, men teknologien har strukturelle/etiske/miljømessige konsekvenser som sentrale aktører (eks. dyrevernere/ naturvernere/ miljøorganisasjoner/ arbeiderorganisasjoner/ lokalsamfunn) anser som uønsket/ uheldig.
	SRL 7	Produksjon og/eller bruk av teknologi ikke-regulert, men sett som uheldig av noen få.	Det er ingen juridiske forhold som begrenser bruk eller produksjon av produktet, men enkeltpersoner, mindre grupper, perifere interesseorganisasjoner anser bruk eller produksjon av produktet som uønsket/ uheldig.
	SRL 8	Produksjon og/eller bruk av teknologi ikke-regulert, men sosialt omdiskutert.	Det er ingen juridiske forhold som begrenser bruk eller produksjon av produktet, men en lite betent diskusjon om bruk eller produksjon av produktet foregår i enkelte kretser.
Sosialt akseptert og lovlig	SRL 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.	Det er ingen juridiske forhold som begrenser bruk eller produksjon av produktet, og det er veldig få eller ingen innvendinger om den sosiale legitimiteten til bruk eller produksjon av produktet.

Tabellen ovenfor er utgangspunktet for spørsmålsbatteriet som er presentert nedenfor. Det består av 9 spørsmål, der hvert spørsmål korresponderer med et nivå på SRL-skalaen ovenfor. Verktøyet skal brukes på den måten at man starter fra toppen og jobber seg nedover med å besvare spørsmål.

Spørsmål 1 samsvarer med SRL 9. Dersom spørsmål 1 besvares med «Ja» vil det si at teknologien befinner seg på SRL 9, altså samfunnsmessig sett, veldig moden. Dersom man svarer nei, går man videre til neste spørsmål. Dersom eksempelvis en teknologi trenger en godkjenning eller tillatelse før den kan brukes i landbruket, vil den ikke ha kommet lenger enn til SRL 4. Når de legale forholdene er på plass, og teknologien oppfyller de generelle vilkårene som trengs (SRL 5), er spørsmålet om teknologien er sosialt akseptert i samfunnet (SRL 6-9).

Tabell 6: Spørsmålsbatteri samfunnsmessig modenhet (SRL)

Spm.	Plasseringsspørsmål	Veiledning	SRL
1	Er produksjon og bruk av teknologien sosialt og legalt uproblematisk?	Hvis ja: ➡	9
		Hvis nei, gå videre ↓	
2	Er produksjon og/eller bruk av teknologi ikke-regulert, men sosialt omstridt/kontroversiell?	Hvis ja: ➡	8
		Hvis nei, gå videre ↓	
3	Er produksjon og/eller bruk av teknologi ikke-regulert, men sett som uheldig av noen få?	Hvis ja: ➡	7
		Hvis nei, gå videre ↓	
4	Er produksjon og/eller bruk av teknologi ikke-regulert, men sett som uheldig av sentrale aktører?	Hvis ja: ➡	6
		Hvis nei, gå videre ↓	
5	Oppfyller bruk og/eller produksjon av teknologien generelle vilkår?	Hvis ja: ➡	5*
		Hvis nei, gå videre ↓	
6	Har produksjon og/eller bruk av teknologien fått de nødvendige godkjenninger eller tillatelser?	Hvis ja: ➡	4*
		Hvis nei, gå videre ↓	
7	Krever produksjon og bruk av teknologien lovendring?	Hvis ja: ➡	3*
		Hvis nei, gå videre ↓	
8	Krever produksjon og bruk av teknologien lovendring, samtidig som den er sosialt omstridt/ kontroversiell?	Hvis ja: ➡	2
		Hvis nei, gå videre ↓	
9	Er produksjon og bruk av teknologien ulovlig og sosialt uakseptabel?	Hvis ja: ➡	1

* Hvis det ikke er noen juridiske hindringer som begrenser implementeringen av teknologien, og dette kan betraktes som permanent, er teknologien på minimum SRL 6.

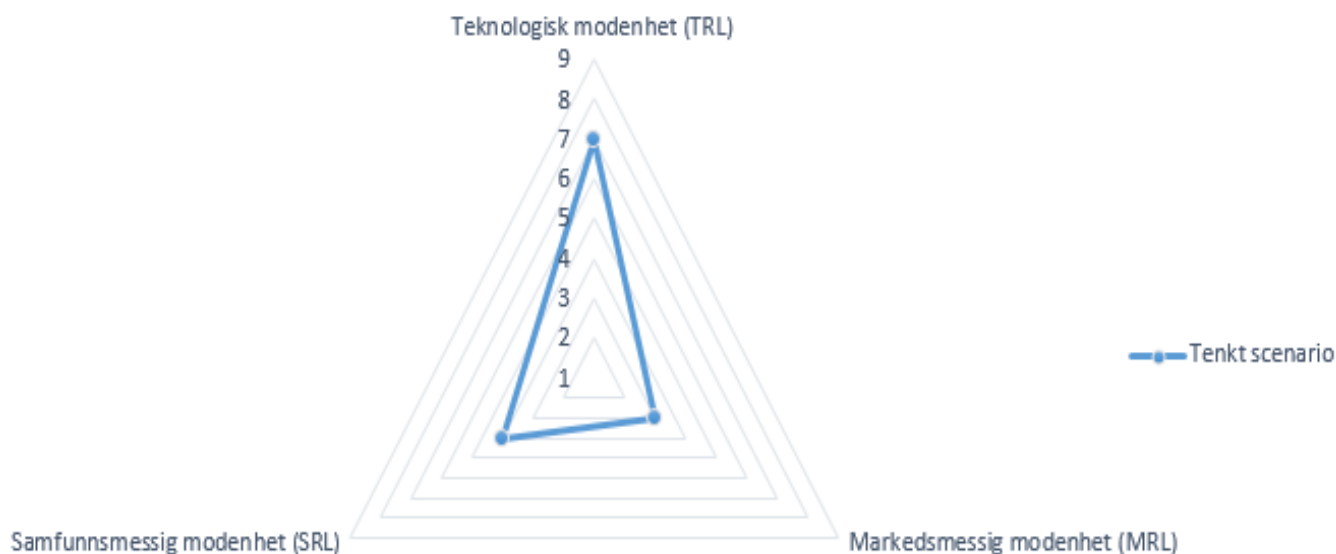
Svaret på spørsmål 9 kan også være nei ut fra at man ikke har noe grunnlag for å kunne svar på teknologiens legale status og hvordan den blir vurdert sosialt i en samfunnsmessig sammenheng. Da er teknologien sosialt umoden og uavklart. Det må mer kunnskap til for at modenhetsgraden kan vurderes.

3.4 En balansert modenhetsbeskrivelse

På grunn av den store variasjonen i rekkefølge og hendelsesforløp for et produkts reise fra idé til marked, anser vi en integrert skala med TRL, MRL og SRL for å være av liten praktisk verdi. Tankegangen rundt TRL-skalaen følger gjerne en lineær tidslinje, med logiske overganger fra idé, til utviklingen av individuelle komponenter, til utvikling av en integrert prototype, til ferdig produkt. Dette trenger ikke alltid være tilfelle, og MRL-, og SRL-skalaen trenger ikke følge den samme lineariteten (Hjorth & Brem, 2016). Av praktiske hensyn har vi derfor benyttet separerte beskrivelser av de ulike modenhetsskalaene TRL, MRL og SRL heller enn å integrere de ulike modenhetsbeskrivelsene samlet til å begynne med. Teknologienes modenhet på de ulike skalaene integreres i etterkant. På den måten forsøker vi å fange opp produktenes helhetlige modenhet slik at måling av hver enkelt dimensjon; teknologi, marked og samfunn, ikke forstyrres og kompliseres av hverandre. Ved å integrere resultatene i etterkant skaper vi likevel en modell som ivaretar det helhetlige blikket. Helhetsvurderingen er helt nødvendig for å kunne avgjøre hvor produktet ligger i modenhetsutviklingen, samt hva det bør fokuseres på for å gjøre produktet «modent».

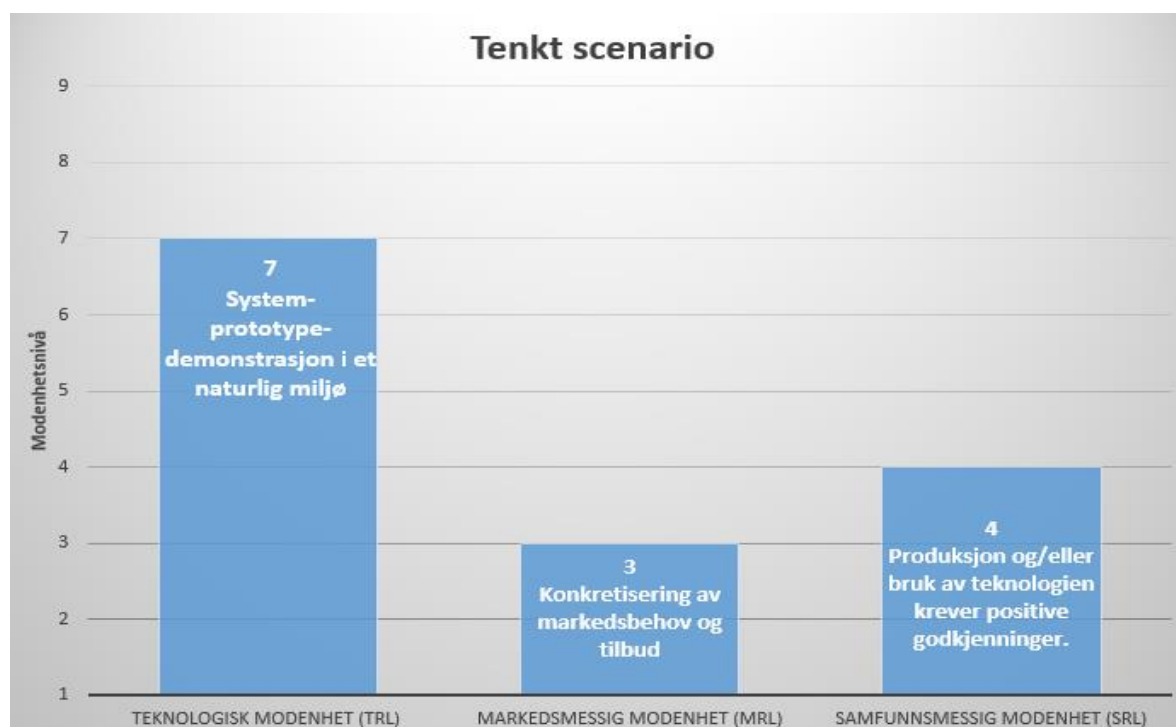
Verktøyet er utarbeidet for at leverandører, utviklere, investorer, bønder og tilbydere av teknologi i landbruket skal kunne gjøre helhetlige vurderinger av ny teknologi i landbruket. En balansert modenhetsbeskrivelse knytter teknologisk, markedsmessig og samfunnsmessig modenhet sammen i en tre-dimensjonal beskrivelse. Dette gir et komplekst bilde av produktets helhetlige modenhet. Hver for seg trenger ikke spørsmålsbatteriene å være basert på for finmaskede beskrivelser. Skalaene kan brukes sammen med spørsmålene for en mer nyansert og detaljert beskrivelse av de ulike modenhetsnivåene.

Et tenkt scenario kan være at et produkt kan være validert i reelle tester i driftsmiljø (TRL 7), men mangler både behovsbekreftelse av markedsaktører og forretningsmodell (MRL 3), og mangler godkjenning fra luftfartstilsynet før det kan brukes (SRL 4). Selv om produktet teknologisk sett fungerer godt i tester vil likevel den helhetlige vurderingen være at produktet er et godt stykke unna kommersielt salg. Det viser også at ved å muligens skifte fokuset delvis bort fra et ensrettet arbeid med den teknologiske gjennomføringen kan man høste gevinster av å se på hva som må til for at produktet skal oppnå godkjenning og klatre et steg opp på markedsmodenhet. Nedenfor er poengsummen til det tenkte scenarioet lagt inn i et visualiseringsverktøy. Jo lengre ut mot ytterkantene trekanten er, jo mer modent er produktet.



Figur 3: Balansert modenhetsbeskrivelse modell 1

Dette kan visualiseres på flere måter.



Figur 4: Balansert modenhetsbeskrivelse modell 2

3.5 Muligheter og begrensninger

Dette verktøyet er først og fremst et avklaringsverktøy. Dette innebærer at det har sine begrensninger. Selv om verktøyet integrerer teknologiske-, samfunnsmessige og markedsmessige hensyn, vil det ikke kunne erstatte eksempelvis markedsundersøkelser, studier av sosiale forhold i forbindelse med nye teknologiske løsninger eller juridiske undersøkelser av ulike felt. Det er først og fremst et kartleggingsverktøy som benyttes i den fasen der for eksempel en leverandør får kjennskap til et produkt og skal avgjøre om dette er noe det bør satses på, og eventuelt hvilke grep som må gjøres for

at produktet skal utnytte sitt potensiale. Med andre ord går ikke verktøyet veldig detaljert inn på hvert enkelt aspekt, men prøver å fange inn helheten. Det vil kunne bidra til å enklere kunne fastslå hvilke utfordringer ulike innovasjoner står ovenfor. Dette kan være eksempelvis problemer med individuelle teknologiske komponenters funksjonalitet, konkurransesituasjonen i markedet, aksept for innovasjonen i samfunnet, eller reguleringer som vanskeliggjør kommersialisering av innovasjonen. En slik kartlegging vil dermed kunne gjøre det enklere å avklare hvilke grep som trengs for at en innovasjon skal komme nærmere kommersialisering. Det gjør det også enklere å kommunisere om teknologiutvikling. Med operasjonaliserte standarder for vurdering av teknologisk, markedsmessig og samfunnsmessig utvikling kan verktøyet gi brukerne felles referansepunkt og på den måten legge til rette for videreutvikling, benchmarking og rådgivning. Med brede definisjoner av modenhetsnivåene for de tre perspektivene kan bl.a. utviklere, leverandører, bønder, investorer ha et felles utgangspunkt og terminologi rundt ny teknologi.

Verktøyet vil ikke være i stand til å analysere utviklernes personlige egenskaper og gjennomføringsevne. Men det vil kunne være behjelpelig for landbruksutstyrleverandører å se forbi gode presentasjoner eller interessante fortellinger om hva produktene skal være i stand til å gjøre og heller komme til bunns i hva som er teknologisk, markedsmessig og samfunnsmessig mulig.

4 Forskningsprosjekter

I prosjektet SmaT har vi gjennomført en kartlegging av pågående teknologiutviklingsprosjekter blant utstyrsprodusenter, i forskningsprosjekter og blant andre innovative miljøer. I dette kapitlet gjøres det rede for teknologiutviklingsprosjekter i ulike forskningsprosjekter. I mange av forskningsprosjektene er det lite konkrete beskrivelser av teknologiutvikling. Mange av prosjektene har ikke hatt som mål å resultere i faktisk teknologi, og noen har ikke kommet langt nok til at det er aktuelt å beskrive. Forskningsprosjektene nedenfor vil derfor ikke plasseres i TRL-, MRL-, og SRL-skalaene. De er beskrevet for å skape en forståelse for hva forskningsfronten på teknologi i landbruket er opptatt av, både i Norge og internasjonalt. Når, og hvis, prosjektene får utviklet en ny teknologi, kan det være relevant med å gjøre bruk av modenhetsverktøyet.

I arbeidet med å lage denne oversikten har vi gått bredt ut for å finne tak i aktuelle prosjekter. For det første har vi sett på hva de mest relevante forskningsmiljøene i Norge driver med. Videre har vi sjekket hva aktører som blant andre Norsk landbrukssamvirke, Future Farming, NIBIO, NMBU, Bedre Gårdsdrift og Landbruksnytt skriver om, samt sett på EUs H2020-prosjekter. Vi har i all hovedsak benyttet oss av prosjekteierens egen omtale av prosjektene og flere av prosjektbeskrivelsene er hentet direkte og sitert fra prosjektenes eller prosjektdeltakernes nettsider.

4.1 Forskningsprosjekter: Planteproduksjon, grønnsaker og frukt

NIBIO – IMPRESS

Økt presisjon og målretting i gjødsling og avlingsfremmende tiltak i grovfôrproduksjonen

(Start: Feb. 2018, Slutt: Jan. 2022)

«Hovedmålet med prosjektet er å heve avling og kvalitet i norsk grovfôrproduksjon gjennom å utvikle og tilpasse presisjonsteknologi, modeller og tiltak for stedsspesifikk bruk av innsatsfaktorer, og for identifikasjon og forbedring av lavtytende områder i enga. Delmål å utvikle prototyper av traktormonterte og luftbårne sensorer som estimerer stående engavling.» (NIBIO, 2018a). Partnere: NIBIO, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Felleskjøpet Agri SA, Norsk Landbruksrådgiving (NLR), Strand Unikorn AS, Yara Norge AS og Yara GmbH & Co. KG (NIBIO, 2018a).

NIBIO - Kostnadseffektiv grovfôrproduksjon

(Start: Feb. 2016, Slutt: Jan. 2020)

«I "Kostnadseffektiv grovfôrproduksjon" har vi laga ein plattform for heilskapelege analysar og avvegingar av ulike norske produksjonslinjer for grovfôr. Denne bygger mykje på den norske analysemodellen «Grovfôrøkonomi», men vi har også hausta inspirasjon frå den irske «Grange Feed Cost Model». Det er gjort programmeringstekniske endringar frå utgangspunktet slik at ein meir dynamisk kan studere korleis det endelege økonomiske resultatet varierer med ulike tiltak og variantar av engfornyingsmetode, frøblanding, gjødsling, hausteintensitet, konserveringsteknikk og type innandørsmekanisering. (...) Vidare ser prosjektet på om ein kan utvikle agronomiske tiltak og teknologi som kan auke avlingane og minke svinnet i grovfôrproduksjonen. I arbeidspakken der ein skal sjå på nye måtar og teknologi for vedlikehaldssåing og fornying av enga, har vi testa alternative teknologiar for fjernmåling som kan brukast til å karakterisere grassvor og plantebestand som skal fornyast.» Næringspartnarane i Kostnadseffektiv grovfôrproduksjon er Addcon Nordic AS, Agromiljø AS, Animalia, Fiskå Mølle, FK Agri, FK Rogaland Agder, Felleskjøpet fôrutvikling, Norske FK, Nortura, Strand Unikorn, TINE Rådgiving og medlem og Yara Norge. Rogaland fylkeskommune finansierer den treårige post doc-stillinga som er lagt til NIBIO Særheim.» (NIBIO, 2017a).

NIBIO - STRESSLESS

(Start: 01.03.2015 – Slutt: 28.02.2019)

«Hovedmålet med dette prosjektet er å utvikle et system for steds-spesifikk gjødsling og soppkontroll i korn. Systemet designes slik at det kan håndtere ulike kombinasjoner av faktorer som stresser kornplantene. Prosjektet representerer andre steg i en tretrinns tilnærming mot et markedsklart produkt. Første steg var et forskningsprosjekt med konseptutvikling på høyt akademisk nivå (MULTISENS, avsluttet i mars 2015). Dette prosjektet (steg to) skal ta forskningen nærmere markedet, ved å utnytte kunnskapsplattformen som ble bygget i MULTISENS i kombinasjon med de beste og mest relevante av dagens sensorer. Tredje steg vil bli å fullføre arbeidet gjennom å utvikle en prototype av et sensorsystem, i tett samarbeid med en industripartner» (NIBIO, 2017c).

NIBIO – Remote sensing

Fjernmåling for økt presisjon i engdyrking

(Start: 01.04.2015 – Slutt: 31.03.2018)

«Hovedmålet med dette prosjektet er å forbedre grovfôrdyrkinga, både på gårdsnivå og regionalt, gjennom estimering av avling og fôr kvalitet ved hjelp av fjernanalyse. Dette inkluderer utvikling av metoder som bruker VIS-NIR reflektansmålinger fra håndholdte sensorer og fra sensorer montert på UAV for effektiv estimering av overjordisk biomasse og fôr kvalitet i typiske norske enger.

Vårt bidrag inn i dette prosjektet omhandler først og fremst estimering av avlinger og kvalitet like før høsting ved hjelp av radiometriske målinger fra punktspektrometer og hyperspektrale kamera. Arbeidet omfatter bl.a. å identifisere den spektrale signaturen for de mest typiske gras- og kløverartene som brukes i norsk grovfôrdyrking separat og samlet slik de forekommer i vanlige engblandinger. Basert på slike målinger gjennomført på tre steder; på Østlandet, i Trøndelag og i Nord-Norge, har vi utviklet multivariate prediksjonsmodeller for avlings- og kvalitetsprognoser i eng.» (NIBIO, u.d.).

Sintef – Capture +

Biokull som bærekraftig klimatiltak for nullutslippsamfunnet

«Det tverrfaglige prosjektet CAPTURE+ vil bidra til radikalt å forbedre pyrolyseprosessen som brukes for å fremstille biokull gjennom bruk av bioteknologi og nanoteknologi. Stor vekt legges på å integrere økonomiske, sosiale og politiske faktorer i teknologiutviklingen for å sikre akseptens og effektiv innføring av biokull i skogbruk og jordbruk.» (SINTEF, u.d.-a).

Standard Bio AS er et norsk initiativ som driver med produksjon av biokull (Endresen, 2016).

NMBU - GrassRobotics

A novel adaptation strategy for forage production under wet growing conditions - robotization and high quality forages

Prosjektet GrassRobotics skal utvikle bærekraftig fôrproduksjon ved å utvikle nye frøblandinger og benytte en lett robot som er beskrevet mer utdypende i 5.2.2. Forskningsmiljø ved NMBU står bak det tekniske og er i stor grad knyttet til landbruksroboten Thorvald. NIBIO skal vurdere planteutvikling, avlingsnivå og kvalitet under et mer intensivt høsteregime, samt effekten av lettere utstyr på jordpakking, jordstruktur og ulike jordparameter. Partnere: NIBIO, Norsk landbruksrådgivning Agder, Saga Robotics, Fylkesmannen i Vestland, HMR Voss, Orkel, University of Lincoln, Felleskjøpet Agri, TINE (NMBU, u.d.).

Thorvald er med i en rekke prosjekter:

- **Agriculture 4.0: Intelligente og selvgående roboter for kostnadseffektiv frukt- og grønnsakproduksjon**
«Prosjektet Agriculture 4.0 (...) jobber med å kommersialisere Thorvald og sette roboten i masseproduksjon. Et vellykket prosjekt vil føre til at Saga Robotics, et selskap opprettet for å kommersialisere teknologiplattformen Thorvald er bygget på, vil være en av de aller første tilbyderne av landbruksroboter i verden. Prosjektet har fått 7,4 mill. i finansiering fra Forskningsrådets FORNY-program for perioden 2017-2018» (NMBU, 2017c).
- **Sprøytemiddelfri behandling av sopp- og middangrep**
«Prosjektet «Effekt av UVB brukt mot soppsjukdommer på biologisk bekjempelse av skadedyr i veksthus og plasttunneler» har fått 4,5 millioner for Forskningsrådets Bionær-satsning for perioden 2016 – 2019. Prosjektleder er Guren Gartneri AS i Rygge. Her tester man ut metoder hvor landbruksroboten Thorvald behandler planter med svært lav intensitet av UV-B i få minutter om natta mot mjøldogg og gråskimmel, uten å skade plantene» (NMBU, 2017c).
- **Senter for presisjonslandbruk**
«Akershus fylkeskommune ga i 2016 støtte til et forprosjekt for etablering av et senter for presisjonslandbruk på Campus Ås. Prosjektet ble startet i 2015 og vurderer hvordan man best kan knytte forskningsmiljøer, næringen, interesseorganisasjoner, studenter og investorer sammen for å bygge opp et miljø innen landbruksrobotikk og presisjonslandbruk i Norge. Prosjektet er i utredningsfasen og vurderer hvordan et slikt samarbeid best organiseres, for eksempel gjennom et senter, en klynge, eller en generell møteplass. Næringen presser på for å få opp aktiviteten på området, og målet er å være et internasjonalt ledende kompetansemiljø innen avansert landbruksteknikk, robotisering og presisjonslandbruk» (NMBU, 2017c).
- **Virtual Phenomics: Reliable and efficient high-throughput phenotyping to accelerate genetic gains in Norwegian plant breeding**
“Et fireårig prosjekt finansiert av Forskningsmidler for jordbruk og matindustri med oppstart i mai 2017.» (NMBU, 2017b). NMBU skal ved hjelp av Thorvald og hyperspektrale kamera og bildeanalyser samle inn data og bygge en tredimensjonal modell og en virtuell åker. På denne måten kan forskerne drive feltarbeid på kontoret, ikledd virtual reality-briller (NMBU, 2017a).

NIBIO - PRENIS

Presisjonsjordbruk ut i praksis – forskningsbasert utvikling og kvalitetssikring av klimavennlige tjenester som er lønnsomme for bonden

(Start: Okt. 2019, slutt: Okt. 2024)

Det femårige samarbeidsprosjekt mellom NLR, NIBIO og NBS tar for seg presisjonslandbruk for å bedre effektivitet og driftsøkonomi på gårdsnivå, samt redusere klima- og miljøbelastningene fra jordbruket. Startdato for prosjektet er oktober 2019. Planen er å utvikle og videreutvikle teknologiske løsninger for presisjonslandbruk som gjennom NLR kan settes i bruk på gårdene rundt om i landet. De tjenestene som skal utvikles skal gjøres tilgjengelig for alle norske bønder, og vil i første omgang fokusere på eng og korn. Forskningsprosjektet er finansiert over jordbruksavtalen. Senter for presisjonsjordbruk, som ble etablert i august 2016 og ligger på NIBIO Apelsvoll ved Kapp i Østre Toten, vil ha en sentral rolle i prosjektet (Norsk Landbruksrådgivning, 2019).

Audun Korsæth, avdelingsleder for Landbruksteknologi og systemanalyse i NIBIO, sier at: «NIBIO har jobbet i nesten 20 år med forskning på presisjonsjordbruk. Vi har utviklet mange gode løsninger, men få av disse er tatt i bruk i praksis. I første rekke skyldes dette at de fleste forskningsprosjektene ikke

har hatt rom for det siste steget fra et ferdigtestet konsept til et brukerklart produkt. Dette skal endres nå.» (NIBIO, 2019b).

NIBIO – MAFIGOLD

Husdyrgjødsel og fiskeslam, fra problem til bondens gull (Manure, fish sludge, food wastes, from problem to farmers gold: MAFIGOLD)

«Prosjektet 'Husdyrgjødsel og fiskeslam, fra problem til bondens gull (**Manure, fish sludge, food wastes, from problem to farmers gold: MAFIGOLD**)' har som overordnet mål å utnytte avfallsprodukter fra land- og havbruk for bedre avlinger, samtidig som klimagassutslipp reduseres. På denne måten er prosjektet et eksempel både på god bioøkonomi og sirkulærøkonomi.» Prosjektet vil videreforedle råstoffer til gjødsel og jordblandinger som er tilpasset plantenes ulike næringsbehov. Det skal også beregnes klimaregnskap for produktene (NIBIO, 2019a).

Samarbeidspartnere: Felleskjøpet Rogaland Agder SA, Scanship AS, Jæren Biogass AS, HØST - verdien i avfall AS, IVAR IKS, Fister Smolt AS, Blue Planet AS, Norsk landbruksrådgivning Rogaland og Innlandet, AGRI-E AS, Bondelaget Rogaland, Skretting AS, Tine SA, Fylkesmannen i Rogaland, Helmholtz Zentrum München - German Research Institute and Hasselt University (NIBIO, 2019a).

4.2 Forskningsprosjekter: Fornybar energi

NIBIO – SolarFarm (2018-2022)

«En systemstudie av hvordan solstrøm produsert på gårdsnivå kan drive elektriske og delvis selvstyrte farkoster i et presisjonsjordbruk med reduserte utslipp av klimagasser. (...) Dette prosjektet er et tverrfaglig samarbeid mellom NIBIO og Institutt for energiteknikk (IFE), utenlandske eksperter fra Normandie Université du Havre (Frankrike) og Universität Stuttgart (Tyskland), og en interessegruppe (Adigo AS, Eidsiva Marked AS, Hexagon Composites ASA, Mat fra Toten SA, Norges Bondelag, Norsk Landbruksrådgivning, Norsk Landbrukssamvirke and Yara Norge AS)» (NIBIO, 2018b).

«Fra sol til bord», NIBIO Apelsvoll, var forprosjekt for SolarFarm (NIBIO, 2018d).

4.3 Forskningsprosjekter: Digitalisering/digitale hjelpemidler

Future Farm - Tine SA, Felleskjøpet Agri, inFuture, Yara Norge, Eurofins

Tine SA er prosjekteier i «Future farm: Morgondagens digitale l ysninger for bonden». Prosjektet utvikler løsninger for   forbedre produktiviteten i landbruket ved hjelp av sensorer og datadrevet innsikt langs hele verdikjeden. Forskningsrådet bevilget 11 millioner kroner i støtte til prosjektet som har som mål   bygge kompetanse og utvikle digitale tjenester i melken ringen. De driver bl.a. med benchmarking på dyrking av grovfôr, ballkontroll for oversikt over forbruk, markeds plass for rundballer som er et konsept for   skape en felles sannhet av kvaliteten på rundballer, prediksjonsverkt y for   finne et optimalt h stetidspunkt osv. (Forskningsrådet, u.d.).

4.4 Internasjonale forskningsprosjekter

For   finne aktuelle internasjonale forskningsprosjekter støttet av EU-systemet har vi søkt på CORDIS (European Commission), etter følgende: ('agriculture' AND 'technology' AND 'biotechnology' OR 'sensor' OR 'drone' OR 'robot') AND sicCode/code='AGR' AND contentType='project'.

Nedenfor beskrives kort de prosjektene vi fant. I hovedsak har vi benyttet prosjektpresentasjoner fra prosjektene selv. Noen av disse er ikke oversatt.

AFarCloud

H2020 (SINTEF med som partner).

(Start: Sept. 2018, Slutt: Aug. 2021)

“The main goal of the AFarCloud project is to develop and demonstrate how new robotics technologies and mechatronic systems integrated in smart CPS are able to cooperate in real-world farm scenarios so as to provide a common framework for the development of related applications, which can lead to more resource-efficient and environment-friendly agricultural production. The AFarCloud project also aims to make farming robots accessible to more users by enabling farming vehicles to work in a cooperative mesh, thus opening up new applications and ensuring re-usability, as heterogeneous standard vehicles can combine their capabilities in order to lift farmer revenue and reduce labour costs.” (IMA, u.d.)

Prosjektet ledes av Universidad Politecnica de Madrid. Sintef og Maritime Robotics AS er med som norske partnere. AFarCloud handler om å få ulike landbruksroboter og droner til å samarbeide. – «Vi overfører metodikk og teknologi fra maritime operasjoner til landbruk. Alle erfaringer fra SWARMS vil bli brukt i det nye prosjektet, noe som øker samfunnsnyten.», sier Gorm Johansen i SINTEF (Teknisk Ukeblad, 2018a).

Internet of Food and Farm 2020

H2020, Wageningen

“The project Internet of Food & Farm 2020 (IoF2020) explores the potential of IoT-technologies (IoT – Internet of Things) for the European food and farming industry. The goal is ambitious: to make precision farming a reality and to take a vital step towards a more sustainable food value chain. With the help of IoT technologies, higher yields and better-quality produce are within reach. Pesticide and fertilizer use will drop and overall efficiency is optimized. IoT technologies also enable better traceability of food, leading to increased food safety. IoF2020 is part of Horizon2020 Industrial Leadership and is supported by the European Commission with a budget of €30 million. The aim of IoF2020 is to build a lasting innovation ecosystem that fosters the uptake of IoT technologies. Therefore, key stakeholders along the food value chain are involved in IoF2020, together with technology service providers, software companies and academic research institutions. Nineteen use-cases organised around five trials (arable, dairy, fruits, meat and vegetables) develop, test and demonstrate IoT technologies in an operational farm environment all over Europe, with the first results expected in the first quarter of 2018.” (Internet of food and & farm 2020, u.d.). Prosjektet er ledet av Wageningen University and Research (WUR). De mer enn 70 andre partnerne kommer fra landbruket og informasjons- og kommunikasjonsteknologi-bransjen. De bruker åpen kilde-teknologi anskaffet gjennom andre initiativer (f.eks. FIWARE) (Internet of food & farm 2020, u.d.).

GREENPATROL

H2020

Greenpatrol er et forskningsprosjekt bestående av 6 ulike aktører. Prosjektet skal resultere i en prototype av en autonom robot som kan arbeide i drivhus. GreenPatrol navigerer ved bruk av GNSS signal fra satellitten GALILEO og ulike sensorer påmontert roboten (Greenpatrol, u.d.).

“GreenPatrol aims at developing an innovative and efficient robotic solution for Integrated Pest Management in crops, which has the ability to navigate inside greenhouses while performing early pest detection and control tasks in an autonomous way. (...) The project includes a validation stage where the prototype will be tested in real environment to reach TRL7. GreenPatrol aims at developing an innovative and efficient robotic solution for Integrated Pest Management in crops in Greenhouse Fields, which has the ability to navigate inside greenhouses while performing pest detection and control tasks in an autonomous way” (European Commission, u.d.).

Fendt Future Farm

Prosjekt Xaver

Prosjekt Xaver er Fendts forskningsprosjekt på roboter i landbruket. Ideen er at mange små selvgående roboter jobber sammen i svermer. Fendt beskriver det slik: «De er mobile. De er cloud-kontrollerte. Og de er mange. De er fremtidens feltroboter fra Fendt. Som et team samarbeider de på en helt autonom og effektiv måte, og med høy presisjon. Den grunnleggende ideen er en forenkling. Hvordan? Færre sensorer, robuste styringsenheter og en klar maskinvarestruktur gjør hver enkelt Xaver-robot ekstremt pålitelig og produktiv. Samtidig kan bruken av et stort antall små, identiske roboter som opererer i en "sverm", muliggjøre jevn fremdrift i jobben, selv ved feil på en enkelt enhet. Den lave vekten gir et høyt nivå av sikkerhet og ubetydelig jordpakking. Og Xaver-roboter er klare til drift hele døgnet. Disse aspektene kombineres for å gjøre feltrobot-systemer til et meget attraktivt alternativ for fremtidens bonde. Dette er vår visjon.» (Fendt, u.d.)

Robotene skal navigere ved hjelp av satellitter og sky-basert programvare med algoritmer som kalkulerer den mest effektive måten robotene sammen kan gjennomføre jordarbeid, såing, gjødsling og høsting. Fendt Xaver er en videreføring av MARS (Mobile Agricultural Robot Swarms)-prosjektet som ble støttet av EU (Fendt, u.d.).

SMART-AKIS

AGRICULTURAL UNIVERSITY OF ATHENS

(avsluttet 2018)

Smart-Akis er ikke et prosjekt som forsker på en bestemt type teknologi, men et nettverk og en plattform for ny teknologi i landbruket. Mer enn 900 konkrete teknologier ligger inn i deres system. De er også gitt en TRL-score. Mye er likevel ikke inkludert her. Av norske teknologier ser det ut til at det eneste som er registrert er «Kverneland and Vicon Spreading Charts App», en app for oppsett av Kvernelands gjødselspredere.

“Response to the global food challenge and the sustainability and competitiveness challenges of the European agricultural sector demands a wider adoption of Smart Farming Technologies (SFT) allowing for a more sustainable, resource efficient and more productive EU agriculture. (...) Smart-AKIS will: create and disseminate an inventory of direct applicable solutions from the large stock of research results and commercial applications of SFT in Europe; foster the collaboration between the farmer community, extension services, research and industry for the promotion of innovation projects and initiatives for the development of SFT solutions taking into consideration end-users’ needs and interests.” (Smart-AKIS, u.d.)

DataBio

Datadriven BioEconomy – Horizon 2020

Målet med Databio er å demonstrere fordelene ved «Big Data» i primærnæringene. De vil utvikle en plattform som kan knytte produsenter og andre i verdikjeden sammen, og på den måten utnytte den enorme informasjonsinnhenting som foregår (DataBio, u.d.). Det har fått støtte gjennom Horizon 2020. Det vil gjennomføres pilotprosjekter i landbruk-, fiskeri- og skogbruksnæringen, der bl.a. SINTEF er ansvarlig for fiskeri (SINTEF, 2017). Big Data-teknologi og bioøkonomi skal knyttes nærmere sammen i håp om nye løsninger, forretningsmuligheter og høyere produktivitet (DataBio, u.d.).

4.5 Oppsummering av prosjektkartlegging

Gjennomgangen av forskningsprosjektene viser at oppmerksomheten er rettet mot presisjonsdyrking, ulike sensorløsninger, robotisering, bruk av «Big Data» og «Internet of Things» (IoT). Slik vi vurderer har mye av forskningen innen presisjonsdyrking kommet langt. Forskningsprosjektene på robotisering som har blitt presentert her er ambisiøse, men har lengre å gå før de er klare. Prosjektene knyttet til Big Data og IoT er interessante, men lenger unna ferdigstilling.

5 En oversikt over nye teknologier i landbruket

5.1 Introduksjon

I dette kapitlet presenteres kartleggingen av ny landbruksteknologi og vurdering av produktenes teknologiske modenhetsnivå («Technology readiness level» (TRL)), markedsmessige modenhetsnivå («Market readiness level» (MRL)) og samfunnsmessige modenhetsnivå («Societal readiness level» (SRL)). Alle teknologiene som presenteres i dette notatet har blitt beskrevet og vurdert basert på det forfatterne har kunnet dokumentere ved gjennomgang av nyhetssaker, utviklernes nettsider, kommunikasjon med utviklerne og rapporter utgitt om teknologiene. Det er med andre ord ikke gjort noen grundige feltundersøkelser av teknologiene som beskrives. Det bes derfor om at det tas forbehold om at det kan forekomme utdatert informasjon eller at beskrivelsen av teknologiene ikke stemmer fullstendig overens med virkeligheten på grunn av mangel på informasjon, nyheter som har blitt oversett o.l. Alle er beskrevet ut fra den status de ble vurdert å ha i tidsrommet august til november 2019. Teknologiutviklingen skjer så fort at beskrivelsene i denne oversikten må betraktes som ferskvarer. Beskrivelsen av teknologien i seg selv er dermed kun et øyeblikksbilde, men gjennomgangen gir likevel et inntrykk av hvordan verktøyet presentert i kapittel 2 kan brukes. På grunn av dette bør ikke de enkelte teknologienes plassering på modenhetsskalaene tillegges for stor vekt. Gjennomgangen har likevel vært svært viktig for å utvikle en forståelse av bl.a. hvordan teknologi utvikles, hvordan utviklere forholder seg til kommersialisering og hvilke sosiale og juridiske forhold som kan begrense implementering av teknologi i landbruket. Samtidig har det skapt et inntrykk av de ulike kategoriernes samlede modenhet. Å fastsette teknologienes modenhet er ingen eksakt vitenskap. Det innebærer et visst skjønn. Derfor vil vår indeksering kunne diskuteres, noe vi ønsker å invitere lesere til. Kommentarer og innvendinger er nyttige for å utvikle verktøyet videre.

For å lage oversikten over ny landbruksteknologi som presenteres nedenfor har vi blant annet sett på hvilke teknologier som trekkes frem av landbruksrelaterte medier og andre aktører som Norsk landbrukssamvirke, NIBIO, NMBU, Bedre Gårdsdrift, Landbruksnytt, Teknisk ukeblad, Future Farming, Traktor, That's Farming, Successful Farming, SMART-Akis og Bondebladet. Vi har gjort rede for en del avgrensinger for hvilke teknologier vi har inkludert i kapittel 1.2. Denne oversikten er på ingen måte utfyllende, men fungerer mer som en kartlegging av et utvalg av det som rører seg innenfor ny teknologi i landbruket. Det innebærer at teknologiene som er beskrevet her ikke anses som viktigere eller mer interessant enn andre, men sammen mener vi det gir et bilde av hva som beveger seg der ute. Kategoriene vi har valgt å benytte i gjennomgangen av teknologikartleggingen er robotteknologi, droneteknologi, sensorteknologi, teknologi innen husdyrhold og annen ny teknologi.

5.2 Robotteknologier

Ny robotteknologi i landbruket er mangefasettert og innebærer flere ulike typer og kategorier. I denne oversikten vil det kun presenteres et utvalg for å gi et bilde av både norsk og internasjonal utvikling innen robotteknologi i landbruket.

Det går et skille mellom roboter siktet inn mot spesifikke arbeidsoppgaver, som eksempelvis Tertill, Agrobot og Farmbot, og landbruksmaskiner eller innovasjoner mer rettet mot å kunne tas i bruk sammen med andre allerede eksisterende landbruksredskaper, som Thorvald, AutoAgri og AgriBot. Oversikten over utvalget av robotteknologi vil derfor deles inn i allsidige landbruksroboter, og landbruksroboter med spesifikke, avgrensede arbeidsoppgaver.

For selvkjørende kjøretøy på vei er det av Society of Automotive Engineers utviklet 6 nivåer for automatisk kjøring som går fra ingen automatisering til full automatisering (Bakken, 2017). I 2017 ble det under gitte rammer lovlig med utprøving av automatisert kjøring på vei i Norge. I denne loven gis det etter søknad midlertidig tillatelse såfremt det er gjort nødvendige tiltak for å hindre at kjøretøyet gjør skade på liv, helse, miljø eller eiendom (Lovdata, 2017). Det juridiske grunnlaget må gjennomarbeides også for automatisert kjøring på åker i landbrukssammenheng. Det er så vidt oss

bekjent gjort lite utredning av hvilke krav som skal gjelde for selvgående kjøretøy utenfor vei, kategorien som de fleste landbruksrobotene vil falle inn under. I og med at landbruksrobotene hovedsakelig trolig ikke vil benyttes på vei, vil regelverket sannsynligvis være mindre strengt, men risikoavergelse er likevel nødvendig dersom området ikke er avstengt. Den sosiale aksepten, både for de som i utgangspunktet er tenkt å ta det i bruk, og samfunnet for øvrig, er også en faktor som vil spille inn i hvordan og i hvor stor grad slik teknologi tas i bruk. Dette er en svært usikker faktor, og den vil også avhenge av kostnader, alternativer og samfunnsutviklingen ellers. I følge en markedsundersøkelse utført av Transparency Market Research i 2017 er det flere elementer som bremser markedspotensialet til landbruksroboter. Høye investeringskostnader før produksjon kan igangsettes og mangel på standardiserte sikkerhetsreguleringer for bruken av produktene er blant disse. De mener at etterspørselen etter landbruksroboter vil øke med 24% frem mot 2024 (Future Farming, 2019b).

5.2.1 Landbruksroboter med spesifikke arbeidsoppgaver

Farmbot

Farmbot er et robotsystem for småskala plantedyrking. Den planter, luker, vanner og fjerner ugress. FarmBot drifter hageflekken/kassen 24 timer i døgnet. Fjernstyres gjennom applikasjon på telefon eller nettbrett. Farmbots software er basert på at det er en åpen kildekode som gjør at kunden selv gjennom anskaffelse av lisens kan endre, kopiere, modifisere og videreselge software (FarmBot, u.d.-b).

Farmbot Genesis (XL)

TRL: 9 (XL: 8)	Farmbot Genesis er ferdig utviklet og bevist funksjonelt i driftsmiljø over tid. Farmbot Genesis XL er ferdig testet, men har ikke blitt brukt i stor skala i kommersiell skala (8).
MRL: 9 (XL: 6-7)	FarmBot har solgt/skipper over 1000 FarmBots til «kunder» i over 65 land i hele verden (FarmBot, u.d.-a). Den mindre utgaven er stabilt tilgjengelig rundt om i verden, kan bestilles gjennom en avklart forretningsmodell. XL-utgaven er det mulig å forhåndsbestille, og forventes å kunne utleveres i november 2019.
SRL: 9	Produksjonen og bruk av teknologien er sosialt og legalt uproblematisk.

Farmbot Express XL

TRL: 8	Teknologien er ferdig utviklet, og har blitt testet og validert i bred skala.
MRL: 6	Sikter nå mot det store markedet med FarmBot Express (XL), som ifølge Farmbot er inne i siste fase med design og testing. Det forventes at Farmbot vil være klart til å sendes ut til kunder (som allerede kan forhåndsbestille) i november 2019 (FarmBot, u.d.-a). Ettersom det er mulig å forhåndsbestille, anses det som at produktet er lansert.
SRL: 9	Produksjonen og bruk av teknologien er sosialt og legalt uproblematisk.

Agrobot

Den spanske Agrobot er en automatisk jordbærplukker med 24-30 uavhengige armer utstyrt med hvert sitt kamera som analyserer hvorvidt bæra er moden nok til å høstes (Frangoul, 2018). Agrobot kan stilles inn på om man vil ta med stilken eller la den være (AgroBot, u.d.).

TRL: 9	Produktet er ferdig utviklet og klart til bruk.
MRL: 7	Agrobot har nå kommet til markedet i California, og høster nå jordbær i stor skala der (Future Farming, 2019a).
SRL: 9	Produksjonen og bruk av teknologien er sosialt og legalt uproblematisk

Asterix

Adigo – et norsk firma – jobber med utvikling av landbruksroboten Asterix som skal presisjonssprøyte ugress (Adigo, u.d.). Ved presisjonssprøyting skal det være mulig å redusere ugressmiddelbruken med opptil 99 % (Norsk Landbrukssamvirke, 2018). «I prosjekt Asterix utvikler Adigo teknologi som gjør det mulig å sprøyte ugressmiddel bare på ugresset – ikke nytteplanten eller bakken. Ved hjelp av maskinsyn og avansert dyseteknologi skytes sprøytemiddel presist direkte på ugressbladene, uten å treffe nytteplanten (Adigo, u.d.). «Utviklingsarbeidet startet i 2009 i et forskningsprosjekt sammen med Jæren Forsøksring, Norsk Landbruksrådgivning (NLR) og NIBIO.» (Tvete, 2017). Prosjektet er støttet gjennom H2020 og har også fått støtte gjennom Innovasjon Norge, Grofondet, og Forskningsrådet (Adigo, u.d.). Adigo vant i 2017 innovasjonsprisen fra Norsk Landbrukssamvirke (NIBIO, 2017d).



Figur 5: Asterix

(Bildet er hentet fra Adigo sine hjemmesider: <https://www.adigo.no/portfolio/asterix/>)

TRL: 7-8	Asterix har flere prototyper som har vært gjennom flere tester i samarbeid med NIBIO og NRL. De har startet prosesser med å få produktet godkjent, og produktet vil bli kommersielt tilgjengelig når disse har blitt behandlet og godkjent (Brevik, 2019, mailutveksling).
MRL: 4	Asterix har vunnet anerkjennelse på flere plattformer. Innovasjonsprisen fra Norsk Landbrukssamvirke er fra en stor aktør med god kjennskap til det norske landbruket, og kan si noe om i hvilken grad denne aktøren anser produktets modenhet både teknologisk og i markedet. Finner veldig lite om hvor langt Adigo har kommet med kommersialiseringen av Asterix, annet enn vage anslag om 2020 osv. Gjennom innovasjonsprisen har markedsbehovet blitt bekreftet av markedsaktører.
SRL: 4	Det er sannsynlig at selvgående kjøretøy av denne størrelsen vil måtte dokumentere at de har nødvendige systemer for å avverge ulykker. Bruk av teknologien vil derfor muligens kreve en positiv godkjenning dersom det skal brukes på et område som ikke er avskjermet. Når Asterix har fått denne godkjenningen vil produksjon og bruk være legalt uproblematisk. Den sosiale aksepten for autonome kjøretøy som Asterix er usikker, men autonome kjøretøy i landbruket har vakt lite negativ oppsikt hittil, så det er grunn til å tro at teknologien er sosialt akseptabel. Likevel kan utstrakt bruk forårsake store endringer i den nåværende jordbrukspraksisen og det kan ha innvirkninger på den sosiale legitimiteten til slike verktøy.

Ecorobotix

Ecorobotix er en robot for presisjonssprøyting av ugress, som gir mindre og mer nøyaktig bruk av sprøytemiddel og dermed mindre avlingstap. Den er utstyrt med et solcellepanel og vil på grunn av sin vekt føre til lite jordpakking (Cleantech Alps, 2017, s. 47). Ecorobotix sier selv at: «The robot works without being controlled by a human operator. It covers the ground just by getting its bearings and positioning itself with the help of its camera, GPS RTK and sensors. Its system of vision enables it to follow crop rows, and to detect the presence and position of weeds in and between the rows. Two robotic arms then apply a microdose of herbicide, systematically targeting the weeds that have been detected.» (EcoRobotix, u.d.)

Målet for videre utvikling er en økologisk versjon som i stedet for å benytte ugressmiddel på plantene vil dra opp uønskede vekster. I tillegg har utviklerne en plan om å samkjøre roboten med lavtflygende droner (Cleantech Alps, 2017).

Ecorobotix er utarbeidet i samarbeid med flere partnere, blant andre: Swiss Climate Foundation, Agroscope, Micro-Beam og Arvalis.

TRL: 6-7	Ecorobotix er under utprøving. Det ble allerede i 2011 utviklet en prototype, og flere har kommet til i årenes løp. De har ingen tidligere brukere av produktet, noe som vil si at det kun testes på egen hånd.
MRL: 4	Ecorobotix sier i mail at det foreløpig ikke er noen tidlige utprøvere, eller brukere av produktet, noe som muligens vil plassere Ecorobotix på nivå 4. Det ble på et tidlig tidspunkt (2011) gjennomført en markedsstudie som bekreftet det kommersielle potensialet som lå i et slikt produkt (Cleantech Alps, 2017). Markedsbehovet er dermed bekreftet.
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

Franklin Robotics – Tertill

Tertill er en solenergi-drevet robot som luker ugress mekanisk. Den kan kommunisere med smarttelefoner og benytter ikke ugressmidler. Den fungerer på litt på samme måte som en robotstøvsuger, eller robotplenklipper (Franklin Robotics, u.d.).

TRL: 9	Produktet er ferdig utviklet og klar til bruk.
MRL: 7	Produktet later til å være stabilt tilgjengelig i USA, og Husqvarna har kjøpt seg opp i Franklin Robotics (Robotnyheter, 2018). Tertill er fortsatt ikke tilgjengelig på Husqvarnas sider. At det spres til nye markeder kan tolkes som et tegn på etterspørsel.
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.



Figur 6: Tertill

(Bildet er hentet fra Tertill sine nettsider: <https://www.tertill.com/>)

Naio Technologies – Dino

Selvgående elektrisk robot designet for presisjonsluking i grønnsaksgårder. Ved hjelp av RTK GPS og kamera manøvrerer den mellom radene og luker ugress med en presisjonsgrad på 2 cm (Naio Technologies, u.d.). Dino veier 800 kg, er 2,5 m lang og 1,3 m bred, og kan arbeide i 3-4 km/t (Future Farming, 2017).

TRL: 9	Dino er ferdig utviklet og klar til bruk.
MRL: 8	Roboten har vært på markedet siden starten av 2017. Produktet ekspanderer nå til nye markeder og er i gang med å innta California (Naio Technologies, 2019). Naio Technologies opplyser på sine nettsider at det opererer over 20 roboter i Europa (6-8). (Naio Technologies, u.d.).
SRL: 9	Det er sannsynlig at selvgående kjøretøy av denne størrelsen vil måtte dokumentere at de har nødvendige systemer for å avverge ulykker. Bruk av teknologien vil derfor muligens kreve en positiv godkjenning dersom det skal brukes på et område som ikke er avskjermet. Når Dino har fått denne godkjenningen vil produksjon og bruk være legalt uproblematisk. Den sosiale aksepten for autonome kjøretøy som Dino er usikker, men autonome kjøretøy i landbruket har vakt lite negativ oppsikt hittil, så det er grunn til å tro at teknologien er sosialt akseptabel. Likevel kan utstrakt bruk forårsake store endringer i den nåværende jordbrukspraksisen og det kan ha innvirkninger på den sosiale legitimiteten til slike verktøy.

EarthSense - TerraSentia

EarthSense har blitt trukket fram av magasinene Succesful Farming og Future Farming som blant start-up-bedriftene man bør følge med i 2019 (Future Farming, 2018b; Successful Farming, 2019). Dette er liten robot på 7-8 kg som passer mellom radene i maisåkre og lignende plantetyper (Future Farming, 2018b). Med flere sensorer måler den bl.a. plantehelse, størrelse, blomstring, biomasse og sykdomsutbrudd. Tanken er at det skal være flere roboter som koordineres og samhandler om å overvåke avlingen. Ved å bruke flere roboter som analyserer plantene nedenfra kan det innhentes informasjon om plantehøyde, bredde og bladplassering. Teknologien kommer til dels som en reaksjon

på at droneteknologien ikke klarer å kartlegge plantenes helse fullstendig, ettersom de bare observerer ovenfra. Når eventuelle sykdommer eller uregelmessigheter kan oppdages fra en drone, kan det allerede være for sent. Motivasjonen bak TerraSentia var et ønske om teknologi som gjorde det mulig å legge om landbruket fra et monokulturelt preg, med en type plante per åker, til polykultur, der planter kan leve i symbioser og dra nytte av hverandre (Jackson, 2019).

TRL: 8	EarthSense sier til FarmWeekNow at de hadde omtrent 20 roboter ute på testing i 2018 (FarmWeekNow, 2018) Grunnleggerne oppgir i mail at roboten testes i bred skala hos såbedrifter, universiteter, forskningsinstitusjoner, og hos bønder. Mesteparten av testingen foregår i USA, men også noe i Brazil og Australia. De håper å ha et ferdig utviklet og tilgjengelig produkt i løpet av 2020 (Jackson, 2019).
MRL: 5	De har en del modeller ute på testing, og driver med finansiering av produktet. De har et mål om å kommersialisere i betydningsfull skala i 2020. De har produsert flere prototyper som testes i relativt stor skala hos ledende markedsaktører i brukermiljøer.
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

5.2.2 Allsidige landbruksroboter

Allsidige landbruksroboter er teknologier som ikke har en spesifikk avgrenset arbeidsoppgave, men som gjerne tar sikte på å ta over for tradisjonelle arbeidsmaskiner (traktoren). Robotene som er beskrevet i 4.2.2 er gjerne compatible med allerede eksisterende landbruksutstyr ved at de er utstyrt med tradisjonelle redskapsløft og kraftuttak. Dette vil, ifølge Hasenauer et al. (2017, s. 44-48), kunne gjøre integrasjonen av teknologien enklere ved at det kan kombineres med andre systemer og integreres i jordbrukspraksisen. Samtidig er det tenkelig at både legalitet, legitimitet og økonomi kan være barrierer for slik teknologi.

AutoAgri

Leksvikbaserte Autoagri utvikler en allsidig landbruksrobot. Blant robotens arbeidsoppgaver skal det være mulig å hente rundballer, sprøyte, spre gjødsel, slå gress og ta jordprøver (Leinan, 2019). Roboten skal ha en standard 3-punkts redskapsløft og kraftuttak, som gjør at brukeren ikke trenger nytt utstyr for å bruke roboten. På grunn av at utstyr kobles til på undersiden av roboten vil vektfordelingen sørge for mindre jordpakking (NN24, 2018). AutoAgri oppgir at marktrykket vil være 20-40 % lavere enn typiske gårdstraktorer (Autoagri, u.d.). De sikter seg inn mot det norske markedet ved å lage en allsidig robot: «kjøretøyet som Autoagri utvikler er en autonom multi-redskapsbærer. Norske gårder er gjerne små og mellomstore. Det er et løft å investere i en robot, derfor vil vi lage en farkost som kan tjene mange formål.» (Industri i Norge, 2018)

TRL: 4	I mail oppgir de at de arbeider med del-prototyping og testing av komponenter. De håper å ha en komplett prototype klar for testing om ca. 1 år. Veien videre vil da være testing og å rigge bedriften for kommersialisering av produksjonen. Dette vil plassere Autoagri på TRL 4, på vei mot nivå 5. I løpet av 2021 har de planer om å ha pilotkunder som tester roboten på gården (Industri i Norge, 2018).
MRL: 4	Uttaler selv at: «markedet er ganske umodent når det gjelder denne type teknologi.» (NN24, 2018). De samarbeider tett med bønder i utviklingen av roboten. Markedsbehovet anses derfor som bekreftet av markedsaktører.
SRL: 4	Det er sannsynlig at selvgående kjøretøy av denne størrelsen vil måtte dokumentere at de har nødvendige systemer for å avverge ulykker. Bruk av teknologien vil derfor muligens kreve en positiv godkjenning dersom det skal brukes på et område som ikke er avskjermet. Når AutoAgri har fått denne godkjenningen vil produksjon og bruk være legalt uproblematisk. Den sosiale aksepten for autonome kjøretøy som AutoAgri er usikker, men autonome kjøretøy i landbruket har vakt lite negativ oppsikt hittil, så det er grunn til å tro at teknologien er sosialt akseptabel. Likevel kan utstrakt bruk forårsake store endringer i den nåværende jordbrukspraksisen og det kan ha innvirkninger på den sosiale legitimiteten til slike verktøy.



Figur 7: Autoagri

(Bildet er hentet fra AutoAgri sine nettsider: <https://autoagri.no/no/forside/>)

Thorvald

Thorvald er som nevnt tilknyttet NMBU-prosjektet GrassRobotics (NMBU, u.d.). Thorvald er en modulbasert robot, som gjør at det ved montering av nye moduler kan tilpasses ulike arbeidsoppgaver. Thorvald er siktet inn mot frukt og bær, både mot sykdomshåndtering og etter hvert også plukking (NMBU, 2017c). Det har i år blitt gjort forsøk med å montere på en slåttebjelke på den selvgående roboten (Jøsang, 2019). Dersom dette viser seg å være vellykket kan det gjøre innhøsting av gress mer fleksibelt. I motsetning til tunge traktorer vil ikke roboten gjøre skade ved våte forhold i åkeren. Det er som en robot rettet mot jordbærproduksjonen utviklingen med Thorvald har kommet lengst (NMBU, 2017c).



Figur 8: Thorvald

(Bildet er hentet fra Saga Robotics sine nettsider: <https://sagarobotics.com/>)

TRL: 7	Med flere tidlige utprøvere av teknologien i naturlige driftsmiljø, for eksempel hos jordbærprodusent Ekeberg Myhre (Norsk Landbruksamvirke, 2019), vil det kunne sies at teknologien er testet og validert i driftsmiljø. Det kan ikke klassifiseres som testet og validert i bred skala, og teknologien later til å ha litt å gå på før man kan si at systemet er fullt utviklet og fungerer under de forhold som det forventes at den vil arbeide i.
MRL: 6	Thorvald skal ifølge kapital.no ut i det kommersielle markedet i 2019. I samarbeid med prosjektbanken Pareto er planen at det skal innbringes mellom 50 til 70 millioner i en emisjon. Sommeren 2019 skal det settes i stand 3 prototyper som skal til England. De samarbeider med Englands største produsent av bær og frukt, og Innovate UK har per 1.mai bidratt med ca 50. mill kr. Per 1. mai 2019 har de produsert 23 roboter. Arbeidsgruppen bak Thorvald har vært bevisste på at Thorvald skulle kommersialiseres og har flere fulltidsansatte som arbeider med det den strategiske delen av prosjekt (Grønningsæter, 2019). Det er gjennom prosjektet «Agriculture 4.0: Intelligente og selvgående roboter for kostnadseffektiv frukt- og grønnsakproduksjon» at produktet skal kommersialiseres og masseproduksjon igangsettes. Dette finansieres gjennom Forskningsrådets FORNY-program (NMBU, 2017c). Produktet har dermed blitt lansert i mindre omfang.
SRL: 4	Det er sannsynlig at selvgående kjøretøy av denne størrelsen vil måtte dokumentere at de har nødvendige systemer for å avverge ulykker. Bruk av teknologien vil derfor muligens kreve en positiv godkjenning dersom det skal brukes på et område som ikke er avskjermet. Når Thorvald har fått denne godkjenningen vil produksjon og bruk være legalt uproblematisk. Den sosiale aksepten for autonome kjøretøy som Thorvald er svært usikker, men autonome kjøretøy i landbruket har vakt lite negativ oppsikt hittil, så det er grunn til å tro at teknologien er sosialt akseptabel. Likevel kan utstrakt bruk forårsake store endringer i den nåværende jordbrukspraksisen og det kan ha innvirkninger på den sosiale legitimiteten til slike verktøy.

Agribot

Agribot er en polsk beltedrevet robot som drifter frukt- og grønnsakshager og plantaser. Den har to hydrauliske hurtigkoblinger, to kraftuttak og to trepunktsfester (cat II), noe som gjør at den kan utføre flere oppgaver på samme tid. Den kan tilkobles utstyr som benyttes på vanlige traktorer. Beltene fordeler vekten for å unngå slitasje, og svinger ved å løfte beltene over bakken for å unngå skader på marka. Den forhåndsprogrammeres til å utføre ulike oppgaver og manøvrerer ved hjelp av GPS, kameraer og sensorer. Agribot er ment å være tidsbesparende, presis og bra både når det gjelder jordpakking og utnyttelse av hele hagen på grunn av sin mobilitet ved sving (AgriBot, u.d.).

Agribot er utviklet i et samarbeid med Wroclaw University of Technology og Wroclaw University of Environmental and Life Sciences (Time for Polska, 2017).

TRL: 6	Det foreligger ikke en ferdig utviklet versjon av Agribot. Agribot oppgir i mail 09.09.19 at de nå er i gang med bygging av en andre prototype, samtidig som de tester alt av nødvendig sensorutstyr og software på den første utgaven. Det har blitt gjort noen feltprøver i nærområdet, men ikke der det semi-autonome systemet har vært under testing. Det har blitt gjort noen forsøk i felt, for å finne ut om sensorene vil gjøre jobben.
MRL: 4-5	Agribot er fortsatt i oppstartsfasen og jakter investorer. Det er formulert et markedsbehov og konseptet og produktet er presentert for et marked i veldig liten skala. Markedsbehovet er bekreftet av markedsaktører.
SRL: 4	Det er sannsynlig at selvgående kjøretøy av denne størrelsen vil måtte dokumentere at de har nødvendige systemer for å avverge ulykker. Bruk av teknologien vil derfor muligens kreve en positiv godkjenning dersom det skal brukes på et område som ikke er avskjermet. Når AgriBot har fått denne godkjenningen vil produksjon og bruk være legalt uproblematisk. Den sosiale aksepten for autonome kjøretøy som AgriBot er svært usikker, men autonome kjøretøy i landbruket har vakt lite negativ oppsikt hittil, så det er grunn til å tro at teknologien er sosialt akseptabel. Likevel kan utstrakt bruk forårsake store endringer i den nåværende jordbrukspraksisen og det kan ha innvirkninger på den sosiale legitimiteten til slike verktøy.

Agrointelli - Robotti

Robotti er en dieseldrevet robottraktor på 1 tonn, med firehjulsdraft, tre-punktsoppheng og kraftuttak. Den selvgående roboten ble først fremvist for offentligheten høsten 2018. Det har vakt stor interesse, også utenfor dens opprinnelsesland Danmark. Mars 2019 var det solgt 6 eksemplarer til ulike steder, da hovedsakelig til forskningsinstitusjoner (Traktor, 2019a). De forsøker også å utvikle en elektrisk versjon av landbruksroboten.

TRL: 7-8	Teknologien testes nå i bred skala for å forsikre seg om at den fungerer optimalt. Den opererer nå på flere gårder i Danmark, der den står for alle arbeidsoppgavene som må til i løpet av en sesong (TV2 Øst, 2019).
MRL: 5-6	Det ble høsten 2018 inngått forhandleravtaler med bl.a. FMR Maskiner i Danmark for det nordiske markedet. Det virker derfor som om forretningsmodellen er definert, og produktet er solgt i mindre omfang til forskningsinstitusjoner og noen bønder (Maskinbladet, 2018).
SRL: 4	Det er sannsynlig at selvgående kjøretøy av denne størrelsen vil måtte dokumentere at de har nødvendige systemer for å avverge ulykker. Bruk av teknologien vil derfor muligens kreve en positiv godkjenning dersom det skal brukes på et område som ikke er avskjermet. Når Robotti har fått denne godkjenningen vil produksjon og bruk være legalt uproblematisk. Den sosiale aksepten for autonome kjøretøy som Robotti er svært usikker, men autonome kjøretøy i landbruket har vakt lite negativ oppsikt hittil, så det er grunn til å tro at teknologien er sosialt akseptabel.

Small Robot Company – Harry

The Small Robot Company har utviklet en minitraktor som skal kunne drive med digital presisjonssåing. Den trenger ikke et pløyd jorde, men stikker såfrø direkte ned i jordlaget fra fjorårets avling. Poenget til utviklerne er at uten jordpaking forårsaket av store, tunge arbeidsmaskiner, vil ikke pløying være nødvendig for åkeren. Harry fungerer i samarbeid med de to andre robotene Tom og Dick, også utviklet av Small Robot Company (Future Farming, 2018d). Tom kartlegger og analyserer plantene og leter etter sykdommer og næringsfattige planter. Dick luker og sprøyter i små doser på de plantene som trenger det (Small Robot Company, u.d).

TRL: 5	En integrert prototype av Harry er utviklet (Small Robot Company, 2018b). De håper å være klar for testing i bred kommersiell skala i 2021 (Small Robot Company, 2018a).
MRL: 5	Teknologien er fortsatt kun på utviklingsstadiet, med kun to av tre roboter på teststadiet. Markedsbehovet for maskiner som sikter seg inn bort fra det tradisjonelle jordbruket med store og tunge arbeidsmaskiner kan antas å være voksende. Det er ikke kommet særlig langt når det er snakk om kommersialisering. De har definert en forretningsmodell som er basert på det de kaller «Farming as a Service (FaaS)» som betyr at bøndene ikke trenger å ta den økonomiske risikoen ved å kjøpe inn tre ulike roboter, men heller ved at de leier inn tjenester fra Small Robot Company (Small Robot Company, u.d.)
SRL: 4-5	Det er sannsynlig at selvgående kjøretøy vil måtte dokumentere at de har nødvendige systemer for å avverge ulykker. Bruk av teknologien vil derfor muligens kreve en positiv godkjenning dersom det skal brukes på et område som ikke er avskjermet. Harry er imidlertid av en annen størrelsesorden enn mange av de andre selvgående robotene ovenfor, noe som gjør det mer trolig at det vil være legalt mindre problematisk. Den sosiale aksepten for autonome kjøretøy som er svært usikker, men autonome kjøretøy i landbruket har vakt lite negativ oppsikt hittil, så det er grunn til å tro at teknologien er sosialt akseptabel.

John Deere – GridCon

John Deere har utviklet en elektrisk drevet traktor. GridCON har ikke førerhus, og er drevet av en 1-kilometer lang kabel med en kapasitet på over 300kW. Gjennom en trommel plassert fremst på traktoren rulles kabelen ut og inn ved hjelp av en robotarm. Den kan drives helt autonomt (That's Farming, 2019).

TRL: 5-6	GridCON er ifølge Farm Weekly kun på prototype-stadiet (Wilson, 2019).
MRL: 4-5	Produktet er presentert for offentligheten. Hvorvidt kabeldrevne traktorer er veien å gå for en elektrifisering av traktorparken gjenstår å se, da det skjer mye innenfor batteriutvikling (Eks: GBatteries, u.d.).
SRL: 4	Det er sannsynlig at selvgående kjøretøy av denne størrelsen vil måtte dokumentere at de har nødvendige systemer for å avverge ulykker. Bruk av teknologien vil derfor muligens kreve en positiv godkjenning dersom det skal brukes på et område som ikke er avskjermet. Når GridCon har fått denne godkjenningen vil produksjon og bruk være legalt uproblematisk. Den sosiale aksepten for autonome kjøretøy som GridCon er svært usikker, men autonome kjøretøy i landbruket har vakt lite negativ oppsikt hittil, så det er grunn til å tro at teknologien er sosialt akseptabel. Likevel kan utstrakt bruk forårsake store endringer i den nåværende jordbrukspraksisen og det kan ha innvirkninger på den sosiale legitimiteten til slike verktøy.

Ztractor – Bearcub 24

Ztractor utvikler en elektrisk og selvkjørende traktor som med 3-punkts-redskapsløft og kraftuttak skal kunne utføre de samme oppgavene som en tradisjonell traktor med 15-34 hK. En prototype skal testes ut hos en norsk jordbærprodusent i Lierdalen i slutten av 2019. Bearcub 24 er utstyrt med belter for å fordele vekten over en større flate og batterier med levetid opptil 12 timer. Bearcub 24 er den minste

av de selvgående traktorene Ztractor utvikler, og også den første i rekken når det gjelder testing og mål om ferdigstilling og kommersialisering (Teknisk ukeblad, 2019).

TRL: 6-7	Prototypen er som nevnt tilgjengelig for testing i løpet av 2019. Den vil, i likhet med Thorvald, bli testet i jordbærbedriften Ekeberg Myhre (Teknisk ukeblad, 2019).
MRL: 4	Bearcub 24 er under testing, eller det vil settes i gang i en testperiode hos tidlige utprøvere i nærmeste fremtid. Det vil si at markedsbehovet bekreftes av markedsaktører.
SRL: 4	Det er sannsynlig at selvgående kjøretøy av denne størrelsen vil måtte dokumentere at de har nødvendige systemer for å avverge ulykker. Bruk av teknologien vil derfor muligens kreve en positiv godkjenning dersom det skal brukes på et område som ikke er avskjermet. Når BearCub har fått denne godkjenningen vil produksjon og bruk være legalt uproblematisk. Den sosiale aksepten for autonome kjøretøy som BearCub er svært usikker, men autonome kjøretøy i landbruket har vakt lite negativ oppsikt hittil, så det er grunn til å tro at teknologien er sosialt akseptabel.

5.3 Droneteknologier

Droneteknologien muliggjør effektiv informasjonsinnhenting av bl.a. avlingsutvikling, volumberegninger, plantetelling, avlingssykdommer i åkeren, og overvåking av dyr på beite. Per nå er droner brukt til denne type overvåking med bruk av kamera eller ulike sensorer mest vanlig. Utviklingen skjer fort og det jobbes med å gjøre oppgavene landbruksdronene kan gjøre mer mangfoldige. Bruk av droner til sprøyting er noe flere utviklere jobber med. Droneteknologien og dens foreløpige bruksområder er kanskje mer tilpasset andre markedsstrategier enn mange av de andre teknologiene som er presentert, spesielt med tanke på norske forhold. Norske gårder er små i internasjonal sammenheng og det kan derfor tenkes at det vil være varierende grad av behov for kartlegging av ulike slag. Kanskje sameie/maskinlag eller kjøp av dronetjenester er mer sannsynlige forretningsmodeller for det norske markedet i første omgang.

Det er ulike nasjonale regler for dronebruk. Det norske reglementet for bruk av drone er blant annet slik at dersom man opererer en drone i kommersiell sammenheng stilles det noen krav til at føreren har den kompetansen som er nødvendig. Det kreves dokumentasjon på at luftfartøylene som brukes er luftdyktige. Alle droner må til enhver tid være godt synlig for den som fører den. Det er ikke tillatt å fly høyere enn 120 meter over bakken, nærmere 150 meter fra folkeansamling på mer enn 100 personer eller nærmere enn 50 meter fra personer, motorkjøretøy eller bygning som ikke er under pilotens kontroll. I tillegg er det egne bestemmelser som gjelder for de ulike størrelsesklassene av droner (Lovdata, 2015).

Bruk av droner i utmarksområder vil potensielt kunne føre til konflikter med tanke på forstyrrelse av vilt, støyforurensning o.l. Både lov om personvern og lov om motorferdsel ved utmark og vassdrag er gjeldende for droner. Sistnevnte vil kunne ha varierende regelverk i ulike kommuner og fylker (Den Norske Droneskole, u.d.). Dette viser at det er en del legale hensyn ved bruk av droner i landbruket. Samfunnets vurderinger av dronebruk i utmark vil også prege hvordan og i hvor stor grad droner blir en del av bønders maskinpark. Utstrakt dronebruk vil kunne komme i konflikt med utmarka som en rekreasjonsarena og personverninteresser knyttet til droner utstyrt med kamera. Det er også lite kunnskap om hvordan både husdyr og ville dyr vil reagere på droner, og om dette vil ha en negativ effekt på dyrevelferden. Droner kan dekke enorme områder, og vil utgjøre et helt nytt element i naturen. Det er derfor ikke utenkelig at det vil kunne oppstå diskusjoner rundt den sosiale legitimiteten til utstrakt dronebruk i landbruket, spesielt i utmark.

Nedenfor følger en kort beskrivelse av noen bedrifter og utviklere innenfor droneteknologifeltet.

AgEagle

AgEagle lager og selger fast-vinge droner for bilde, bildebehandling og analyse. Dette skal kunne oppdage, dokumentere og forbedre bønders praksis. AgEagle tar masse bilder og setter de sammen til detaljerte kart som inneholder informasjon om sykdommer, skadedyrsangrep, værskader eller feil vanning (AgEagle, u.d.-a). AgEagle kjøpte i fjor opp Agribotix, en software-utvikler spesialiserte på landbruksanalyser (Future Farming, 2018a).

TRL: 9	Teknologien er ferdig utviklet og tilgjengelig. Produksjonen er opprettholdt, konkurransedyktig og det har kommet nye, forbedrede modeller.
MRL: 9	Produktet er stabilt tilgjengelig gjennom en avklart forretningsmodell. Den første dronen ble solgt i 2014, og AgEagle har siden utvidet med flere droner (AgEagle, u.d.-c). AgEagle Aerial Systems ble børsnotert i juli 2018 (AgEagle, u.d.-b).
SRL: 5	Bruk av teknologien er lov under visse generelle vilkår regulert av luftfartsmyndighetene. Dersom disse kravene er oppfylt kan teknologien anses å ligge på SRL 5, men det kan som nevnt komme i konflikt med andre interesser som går utover den sosiale aksepten.

Delair-tech

Produserer droner for kartlegging av avlingskvalitet, deteksjon av ugress, presisjonslandbruk i samarbeid med traktor, plantetelling osv. Delair er representert i over 80 land, og har produsert mer enn 300 droner (Delair, u.d.).

Denne teknologien er mulig å bestille fra Delairs nettside.

TRL: 9	De har opprettholdt full produksjon over tid, produktet ekspanderer til nye markeder og det kommer nye forbedrede versjoner av produktet.
MRL: 9	Produktet er stabilt tilgjengelig gjennom en avklart forretningsmodell.
SRL: 5	Bruk av teknologien er lov under visse generelle vilkår regulert av luftfartsmyndighetene. Dersom disse kravene er oppfylt kan teknologien anses å ligge på SRL 5, men det kan som nevnt komme i konflikt med andre interesser som går utover den sosiale aksepten.

GriffAviation

GriffAviation er en norsk droneutvikler som utvikler fartøy som skal kunne brukes til transport av varer opp til 200 kg og sprøyting. De er med i Horizon 2020 gjennom prosjektet Harmony (Griff Aviation, u.d.-a). Griffaviation har gått inn i et utviklingsprosjekt med Drone Future Aviation i Japan, for å utvikle droner til bruk til arbeid med høyspentmaster for Tepco, et japansk energiselskap. Dette prosjektet skal vare fram til september 2019. Dersom dette går veien, kan det ligge an til en større leveranse (Teknisk Ukeblad, 2018b). Griff Aviation opplyser i mail at per nå er GRIFF 135 tilgjengelig. GRIFF 135 er et stykke unna målsetningen på 200 kg løfteevne. Denne har en løftekapasitet på 30-40 kg og en flygetid på 20-30 minutter. De sikter mot å produsere kompakte droner med høy løfteevne, som kan brukes i flere næringer, deriblant landbruk. For denne gjennomgangen er det landbruksdronene som er mest interessant. Dronene er modulbaserte, og kan tilpasses kundenes behov (Griff Aviation, u.d.-b). De opplyser i mail at de har gjennomført tester på en tidlig prototype sprøytedrone, men at dette er satt på vent i et par år. Griffaviation opplyser via mail at de har kommet lengst på løftedronene.



Figur 9: GriffAviation

(Bildet er hentet fra Griff Aviation sine nettsider: <http://griffaviation.com/>)

TRL: 5	Det later til å gjenstå litt arbeid og utvikling for sprøytedronene kommer på markedet. Det er utviklet en tidlig prototype. Sentrale komponenter er testet sammen.
MRL: 4	De ulike produktene de utvikler varierer i utviklingsgrad. Det som er mest interessant for norsk landbruk er sprøytedronene, som nok ligger litt frem i tid, da de har kommet til testing av en tidlig prototype. Derfor er det mulig sprøytedronene befinner seg rundt nivå 3 (Validering). Griff Aviation hevder selv at de nærmest daglig er i kontakt med store internasjonale aktører (Teknisk Ukeblad, 2018b). Markedsbehovet er derfor bekreftet/validert av markedsaktører.
SRL: 5	Bruk av teknologien er lov under visse generelle vilkår regulert av luftfartsmyndighetene. Dronene må eksempelvis ha et luftdyktighetsbevis for å kunne operere i henhold til luftfartsregelverket. Dersom disse kravene er oppfylt kan teknologien anses å ligge på SRL 5. Dronene som Griff Aviation arbeider med å få POA (Production Organisations Approval). Det kan i bruken av disse fartøyene forekomme konfliktområder (Tungt, 2019). Med droneteknologi som en voksende næring er det ikke utenkelig at det vil komme mer reguleringer som følge av at teknologien blir vanligere, og det kan derfor bli nødvendig å justere vurderingen ettersom teknologien og samfunnet utvikler seg. Den sosiale aksepten for dronebruk i landbruket kan bli utfordret av ulike interesser, som beskrevet i innledningen til delkapitlet.

Nileworks

Nileworks sitt multikopter sprøyter ugress. Ved å fly kun 30-50 cm over plantene øker nøyaktigheten, og ved hjelp av optiske sensorer kan den se hvor mye ugressmiddel det er behov for. Nileworks har tenkt å lansere dronen i Japan i løpet av 2019, og deretter i resten av verden (Future Farming, 2018c). De har mottatt mye økonomisk støtte til utvikling av dronen (Future Farming, 2018b).

TRL: 7-8	Det ble ifølge Nileworks nettside gjort 75 demonstrasjonstester av dronen Nile-T19 sommeren 2018. Det har også blitt gjort arbeid med å begynne å selge Nile-T19, som vil være den første masseproduksjonsmodellen (Nileworks, 2019).
MRL: 5-6	Det er vanskelig å si om Nileworks har kommet for salg ennå, men det later til å være like rundt hjørnet. (Nileworks, 2019)
SRL: 5	Bruk av teknologien er regulert av luftfartsmyndighetene. Hvorvidt Nileworks oppfyller kravene som stilles her er uvisst. Dersom disse kravene er oppfylt kan teknologien anses å ligge på SRL 5, men det kan som nevnt komme i konflikt med andre interesser som går utover den sosiale aksepten.

Rantizo

Rantizo utvikler et multikopter som presisjonssprøyter. De driver med elektrostatisk sprøyting, en teknikk der dråpene fester seg til planten, noe som fører til lavere forbruk av ugressmiddel (Future Farming, 2018b). Rantizo fikk i august 2019 godkjenning fra American Federal Aviation Administration (FAA) for å gjennomføre sprøyting med drone på landbruksjord i Iowa. Det er ennå ikke lov i andre stater (Future Farming, 2019c).

TRL: 8	Rantizo oppgir at produktet er ferdig utviklet og tilgjengelig, og at de nå etter godkjenning kan begynne å selge (Future Farming, 2019c).
MRL: 6-7	Teknologien kan anskaffes gjennom to ulike forretningsmodeller. Enten ved kjøp av dronene, eller ved leie av Rantizo for sprøyting. De vil også skaffe avtaler gjennom forhandlere. For øyeblikket brukes Rantizos droner i 5 stater i USA (Krug, 2019). Godkjenningen fra FAA gir Rantizo en stor fordel ovenfor konkurrerende selskaper som utvikler landbruksdroner (Krug, 2019).
SRL: 5	Bruk av teknologien er lov under visse generelle vilkår regulert av luftfartsmyndighetene. Ettersom disse kravene er oppfylt kan teknologien anses å ligge i hvertfall på SRL 5. Den sosiale aksepten for dronebruk i landbruket kan bli utfordret av ulike interesser, som beskrevet i innledningen til delkapitlet.

SenseFly

SenseFly er en fast-vingedrone som kan brukes til kartlegging, monitorering av avlingsutvikling, jordmålinger, plantetelling, måling av plantefertilitet, dokumentering av avlingsskader og til å planlegge og optimalisere høstingstidspunkt. SenseFlys droner er mulig å bestille i store deler av verden (SenseFly, u.d.).

TRL: 9	SenseFly sin teknologi er ferdig utviklet og tilgjengelig. Produksjon har blitt opprettholdt, er konkurransedyktig, og det har kommet nye versjoner med forbedrede eller alternative funksjoner.
MRL: 9	De later til å ha leverandører store deler av verden. Future Farming hevder at SenseFly SA er en av Europas ledende robotleverandører siden 2015 (Future Farming, 2019b).
SRL: 5	Bruk av teknologien er lov under visse generelle vilkår regulert av luftfartsmyndighetene. Dersom disse kravene er oppfylt kan teknologien anses å ligge i hvertfall på SRL 5. Det er ukjent om denne teknologien oppfyller de norske kravene for dronebruk. Den sosiale aksepten for dronebruk i landbruket kan bli utfordret av ulike interesser, som beskrevet i innledningen til delkapitlet.

PrecisionHawk

PrecisionHawk er en av de ledende droneprodusentene for landbruket i USA. De skilte med å kunne utføre plantetelling, avlingsprediksjon, plantehelseindikering, nitrogenmåling, stresssymptomer ved flom osv. PrecisionHawk har både fast-vingedroner og multikopter. De tilbyr ulike sensorer (visuelle, video, termiske, multispektrale, hyperspektrale og LIDAR) (PrecisionHawk, u.d.). PrecisionHawk ble i 2016 den første bedriften i USA til å få fritak fra reglement som forbyr droneoperatører å fly uten å ha

visuelt oppsyn med dronen (Business Insider, 2016). Dette gir selskapet en stor markedsfordel over andre droneleverandører, ettersom PrecisionHawks droner kan dekke et mye større område på kortere tid enn konkurrentene ved at operatøren ikke trenger å ha øye på dronen underveis. PrecisionAnalytics, som er software-plattformen utviklet av PrecisionHawk er kompatibel med droner fra flere bedrifter (DJI, SenseFly, Parrot) (PrecisionHawk, u.d.) I 2018 gikk PrecisionHawk inn i et samarbeid med DJI, en kinesisk droneprodusent (PrecisionHawk, 2018).

TRL: 9	PrecisionHawk har full produksjon, er konkurransedyktig i markedet og har ekspandert til flere markeder. TRL: 9 (Produksjon og produkt fullt operasjonelt).
MRL: 9	Produktet er stabilt tilgjengelig gjennom en avklart forretningsmodell og regnes som en av markedets ledende droneleverandører. MRL: 9.
SRL: 5	Teknologien har fått fritak for reglementet om å ha dronen under visuelt oppsyn, og er derfor sertifisert til å gjennomføre en stor andel oppgaver andre bedrifter i USA ikke er i stand til. I Norge er bruk av teknologien lov under visse generelle vilkår regulert av luftfartsmyndighetene. Dersom disse kravene er oppfylt kan teknologien anses å ligge i hvertfall på SRL 5. Det er ukjent om denne teknologien oppfyller de norske kravene for dronebruk. Den sosiale aksepten for dronebruk i landbruket kan bli utfordret av ulike interesser, som beskrevet i innledningen til delkapitlet.

SAGA – Swarm Robotics for Agricultural Applications

SAGA forsker på bruk av svermer av roboter i presisjonslandbruket. Målet er å koordinere droner i svermer som sammen overvåker og kontrollerer åkeren. (SAGA - Swarm Robotics for Agricultural Applications, u.d.-b). Prosjektet er finansiert gjennom ECHORD++ prosjektet (SAGA - Swarm Robotics for Agricultural Applications, u.d.-a).

TRL: 3-4	Dette er fortsatt kun på laboratoriestadiet. Dronesvermen har blitt testet i et simulert eksperiment for å se om software og hardware holder mål. Dette ble gjort ved å legge opp en grønn matte med rosa golfballer som simulerte ugress plassert rundt omkring. Eksperimentet var vellykket. De har gjort en første evaluering av at konseptet og teknologien er gjennomførbare. Neste steg er å gjennomføre flere, og mer avanserte tester, både inne og ute i mer naturtro miljø (Albani, Manoni, Arik, Nardi & Trianni, 2019).
MRL: 2	Det er formulert et behov for nye løsninger som forenkler og forbedrer presisjonslandbruket, og SAGA er en teknologisk løsning som dekker disse behovene dersom det fungerer som intendert.
SRL: 5	Bruk av teknologien er lov under visse generelle vilkår regulert av luftfartsmyndighetene. Dersom disse kravene er oppfylt kan teknologien anses å ligge i hvert fall på SRL 5. Det er ukjent om denne teknologien oppfyller de norske kravene for dronebruk. Den sosiale aksepten for dronebruk i landbruket kan bli utfordret av ulike interesser, som beskrevet i innledningen til delkapitlet.

5.4 Sensorteknologi

Sensorteknologien har kommet langt i utviklingen og utvides til flere bruksområder. Sensorer kobles til eksisterende landbruksutstyr og integreres i ny teknologi, og har derfor en helt sentral rolle innen automatisering og presisjonslandbruk. Derfor skjer utviklingen svært fort, og markedet for sensorer er preget av mange utviklere og mange tilbydere. Samtidig er det få eller ingen legale eller sosiale hensyn som må tas i forbindelse med bruk av sensorteknologien i seg selv. Sensorteknologi kombinert med andre maskiner, i forbindelse med selvkjørende fartøy vil likevel kreve at sensoren kan oppdage eventuelle risikomomenter og kommuniserer med den øvrige teknologien.

Dimensions Agri Technologies

Den norskproduserte DAT-sensoren for sprøyting av jorder er skapt for å begrense bruken av skadelige sprøytemidler og gjøre sprøytingen mer presis. Sensorsystemet installeres direkte på brukerens sprøyteutstyr. DAT samarbeider med NIBIO og SINTEF. Adigo har også blitt med som partner etter hvert (Dimensions Agri Technologies, u.d.-a).

«The DAT system is mounted on your existing spraying equipment. The system consists of a camera and flash that takes clear photographs up to speeds of 25 km/h. The onboard computer analyzes the photographs in real-time and software calculates whether or not it is beneficial to spray the current field patch. The DAT system can be simply adjusted to spray at different thresholds according to the specific conditions of your individual fields.» (Dimensions Agri Technologies, u.d.-b)



Figur 10: Dimensions Agri Technologies

(Bildet er hentet fra Dimensions Agri Technologies sine nettsider: <https://www.dimensionsagri.no/>)

TRL: 7	DAT sier i mail at de har testet en prototype gjennom flere sesonger, med stadige oppgraderinger. Det har blitt testet av noen få aktører i relevant driftsmiljø.
MRL: 6	De oppgir også på mail 21.08.19 at produktet er solgt til fire brukere så langt, men det vil ikke tilbys flere sensorer for salg før ved årsskiftet. De har også begynt å gjennomføre noen tester i Danmark høsten 2019. Det er solgt i mindre omfang.
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

TopCon CropSpecs

CropSpecs er en sensor som monteres på taket av traktoren. Den måler refleksjonen fra plantene for å analysere klorofyllinnholdet som korrelerer med nitrogenkonsentrasjonen. Dette kan bidra til å redusere gjødselbehovet ved å gjøre det mer presist. CropSpec kan operere i sanntid og regulere mengden gjødsel eller plantevernmiddel mens man kjører rundt på åkeren (TopCon, u.d.).

TRL: 9	Teknologien er ferdig utviklet klar til bruk.
MRL: 9	Produktet er stabilt tilgjengelig gjennom en avklart forretningsmodell. Det er ennå ikke tilgjengelig hos forhandler i Norge, men kan fås i Sverige (Agrotech, u.d.).
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

N-Sensor Yara

N-sensoren monteres på traktortaket for måling av gjødselbehov for tilkobling til gjødselspreder. Sensoren måler nitrogennivået i åkeren ved å måle lyse over et areal på 50m². Ved å analysere klorofyllets grønnfarge og biomassen beregner den og fordeler riktig mengde mineralgjødsel. Alt dette gjøres i sanntid, og tilpasses farten brukeren holder på traktoren (Yara, u.d.).



Figur 11: N-sensor

(Bildet er hentet fra Yara sine nettsider: <https://www.yara.no/gjoedsel/hjelpemidler-og-service/n-sensor/>)

TRL: 9	Teknologien er ferdig utviklet og tilgjengelig. Det har også kommet forbedre versjoner.
MRL: 8	Produktet er stabilt tilgjengelig gjennom en avklart forretningsmodell. YARA Norge og Felleskjøpet underskrev en distribusjonsavtale sommeren 2018 (Felleskjøpet, 2018). Sensoren ekspanderer i flere markeder.
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

Augmenta

Dette er en Isobus-kompatibel takmontert sensor som kontrollerer gjødselsprederen eller sprøyteren ved å tilpasse mengde ut fra åkerens varierende behov. Den oppdager avlingssykdommer og næringsmangler i sanntid (Future Farming, 2018b). Ved at sensoren kan fungere gjennom allerede tilgjengelig og fungerende teknologi (Isobus-systemet) gjør det at produktets integrasjon trolig vil kunne gjennomføres enklere (Hasenauer et al., 2017). Gjennom pilottesting i 2016-17 økte avlingene med 5,4 % ved bruk av Augmenta (Augmenta, 2018).

TRL: 7	Augmenta har utviklet markedsklare produkter og distribuert dette til tidlige utprøvere, med gode resultater. Teknologien er testet og validert i driftsmiljø.
MRL: 4-5	Ved hjelp av finansiell støtte fra Marathon Venture Capital i juli 2018 kunne Augmenta sette i gang pre-produksjon av de først 20 sensorene. De rigger nå organisasjonen for ekspansjon og markedsinngang (Augmenta, 2019) Produktet er ikke tilgjengelig for salg, men det har mottatt støtte gjennom investorer, noe som later til at det er oppfattet et behov for produktet.
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

7Sense products

7Sense har utviklet en trådløs sensor som kan tilkobles hvilket som helst vanningsystem. Sensoren bruker noe som kalles «non-intrusive flow detection» og satellittnavigasjon for å oppdage vanntap. I samarbeid med Telia bruker de NarrowBand IoT, som gir beskjed direkte på mobilen dersom det oppstår noe feil med en av vanningsystemene på en åker (7Sense, u.d).



Figur 12: 7sense

(Bildet er hentet fra 7sense sine nettsider: <https://7sense.no/>)

TRL: 8-9	Produktet er ferdig utviklet og full produksjon er etablert.
MRL: 6-7	7Sense oppgir at produktet er kommersielt tilgjengelig, men ikke nødvendigvis øyeblikkelig leverbart (7Sense, u.d).
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

5.5 Teknologi innen husdyrhold

Til denne kategorien har vi for å avgrense arbeidet kun inkludert teknologier som på en eller annen måte forenkler utendørs husdyrhold, enten i form av overvåking eller virtuelle gjerder. Innenfor denne kategorien fins det flere norske bedrifter som har kommet langt i modenhetsutviklingen. Korte somre og store utmarksområder er blant forholdene som gjør at forenkling av utendørs husdyrhold gjennom digitalisering vil kunne utgjøre en stor forskjell for mange norske husdyrbønder.

Teknologi som brukes på husdyr må kunne garantere for dyrevelferden for at det skal tas i bruk. Dette er regulert gjennom Loven om dyrevelferd som følges opp av Mattilsynet (Lovdata, 2009). God dyrevelferd har også høy sosial legitimitet i samfunnet, og er også støttet opp av egne dyrevernorganisasjoner slik som for eksempel NOAH og Dyrevernalliansen.

NoFence

NoFence er en norsk bedrift fra Møre og Romsdal som har utviklet en teknologi som kombinerer elektriske klaver med en virtuell GPS-basert gjerdeløsning (virtual herding). Bedriften deltar i en rekke forskningsprosjekter og har i samarbeid med forskningsrådet finansiert en «Nærings-PhD» som forsker på veterinærfaglige spørsmål knyttet til teknologien (NMBU, 2017b).

På hjemmesiden beskriver de seg selv slik: «Vi utvikler beiteteknologi som gjør hverdagen bedre for folk og fe, og har bærekraft og dyras velferd i fokus. Vår visjon er vi skal bidra til bedre dyrevelferd, enklere dyrehold, bærekraftig matproduksjon og bedre utnyttelse av arealressurser i hele verden» (NoFence, 2019). Dyret går med en klave med GPS-teknologi drevet av solenergi. Bonden tegner opp et virtuelt gjerde på et digitalt kart i en app. Dersom dyrene beveger seg utenfor den inntegnede grensa vil det først bli gitt en varsellyd i økende styrke, før det blir gitt et strømstøt dersom dyrene ikke snur. På den måten holder dyrene seg innenfor det definerte beitet (NoFence, u.d.).

Den australske bedriften CSIRO er et eksempel på en konkurrent av NoFence (CSIRO, u.d.).

Geit TRL: 9	Produktet er ferdig utviklet, testet og klar for kommersielt bruk. I 2018 måtte Nofence kalle tilbake 2500 klaver ettersom det viste seg å være en feil i antennen. De har etter det gjort de nødvendige forbedringene på produktet og melder selv at produktet nå fungerer som det skal. Nofence har stort fokus på brukerinteraksjon, og gir grundig oppfølging av kunder.
TRL: Storfe (9) Sau (7-8)	Det har blitt gjennomført tester på storfe og sau (Nofence, 2019), med positive tilbakemeldinger spesielt på storfe. Saueklaver er mer problematiske, ettersom ulla isolerer slik at strømsignalene ikke har samme effekt. Det har dermed blitt demonstrert at produktet fungerer i driftsmiljø. Produktet er ferdig utviklet og klart til bruk.
Geit MRL: 8	Det ble åpnet for salg av klaver til geiter i 2018. Med 5000 solgte klaver for geit i 2019, er NoFence snart utsolgt for 2019 per juli (Harnes, 2019). Ettersom de nå melder at de er utsolgt vil det si at produktet ikke er stabilt tilgjengelig, selv om forretningsmodellen er avklart (Bondebladet, 2019). Et stabilt tilgjengelig produkt er nødvendig for at NoFence skal komme opp på det øverste nivået. Det er også et submarked for videresalg av klaver.
Storfe og sau MRL: 6	NoFence oppgir at de håper klaver for storfe og sau vil komme for salg i 2020. Det er stor interesse for produktet og det er mulig å forhåndsbestille. Det er laget en priskalkulator slik at potensielle kunder kan anse kostnadene (Nofence, 2019). Produktet har derfor blitt lansert i markedet.
Geit SRL: 9	Det har blitt reist spørsmål når det gjelder NoFence og dyrevelferd. Ettersom dyrene blir gitt støt når de beveger seg utenfor det definerte området, er det viktig å forsikre seg om at teknologien virker som den skal. Mattilsynet, som har ansvaret for dyrevelferden i Norge, står for reguleringen av produktet. I 2017 fikk Nofence den nødvendige vitenskapelige dokumentasjonen, som var pålagt av Mattilsynet, som sier at dyrene ikke tar skade av strømmen (Norsk Landbrukssamvirke, 2017). Mattilsynet har ingen godkjenningsordning, men bruken reguleres av dyrevelferdsloven (Bondebladet, 2016). Mattilsynet sier at Nofence er lovlig, men presiserer at det forutsetter riktig bruk (Norsk Landbrukssamvirke, 2017). Teknologiens legale status er avklart, selv om historien viser at dette kan endre seg.
Storfe og sau SRL: 8	Dokumentasjonsprosessen som har pågått i mange år, var rettet mot bruk på geit. Bondebladet melder nå at det er dokumentert også for sau og storfe (2019). Teknologien legale status er dermed avklart. Samtidig kom det frem i intervju med NoFence at det er en viss motstand blant hytteeiere i storfe-beiteområder som ikke liker at kyrne går utenfor gjerder.



Figur 13: NoFence

(Bildet er hentet fra NoFence sine nettsider: <https://nofence.no/>)

Findmy

Østerdalsbedriften Findmy produserer en satellittbasert bjelle som varsler dersom dyret på utmarksbeite ikke har rørt seg i løpet av et bestemt tidsrom og område og når dyret beveger seg unormalt mye, som for eksempel ved rovdyrangrep. Ettersom bjellen kommuniserer med en satellitt er det ikke nødvendig med mobildekning (Findmy, u.d.-b).



Figur 14: FindMy

(Bildet er hentet fra FindMy sine nettsider: <https://www.findmy.no/>)

TRL: 9	Findmy hevder det nå er rundt 30000 e-bjeller i aktiv bruk (Findmy, u.d.-a). Det tyder på at produksjon av bjellene er stabilt. De har også forbedret produktet gjennom oppdateringer, som mer robuste bjeller. Produktet er fullt operasjonelt i driftsmiljø.
MRL: 9	Med 30000 solgte bjeller kan man si at produktet er stabilt tilgjengelig i et marked gjennom en avklart forretningsmodell (Findmy, u.d.-a). De mottok i 2018 Gullaket på Agroteknikk. Dette tyder på at det oppfattes at det er et produkt med potensial og bruksverdi. Findmy melder også om fornøyde kunder som forteller om at produktet forbedrer seg.
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

Telespor

Telespor er en bevegelsessensor som dyr i utmark har rundt halsen. Radiobjella er vanntett og utstyrt med GPS-sporing som gir beskjed dersom dyret ikke har beveget seg de siste 3 timene, dersom dyret har forhold seg på samme sted i en lengre periode eller dersom radiobjella ikke har klart å sende sin posisjon de siste 2 rapportene. Radiobjella kommuniserer via mobilnettet, i motsetning til Findmy, som benytter satellitter (Telespor, u.d.).



Figur 15: Telespor

(Bildet er hentet fra Telespor sine nettsider: <https://telespor.no/>)

TRL: 9	Teknologien er ferdig utviklet og klart til bruk.
MRL: 9	Radiobjella kan kjøpes gjennom to leverandører i Norge. Det har vært på markedet i mange år.
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

5.6 Annen teknologi

Innenfor annen ny teknologi er det stort sprik i hva som presenteres. Utvalget har blitt gjort med tanke på kriteriene listet opp i kapittel 1.2.

Orkel Dens-X Compactor

Den Orkdalsbaserte maskinleverandøren har utviklet en rundballepresse som kan presse små partikler. Orkel er med i WRAPID, et samarbeidsprosjekt mellom Orkel, Duun Industrier, NTNU og SINTEF, om å utvikle «markedsdrevet integrert og industriell produkt- og produksjonsutvikling som vil bidra til rask konkurransedyktig vekst i internasjonale markeder.» (SINTEF, u.d.-b).

«Dens-X representerer den nyeste generasjonen av Orkel-kompaktorer, spesielt rettet mot landbruket. Økt kapasitet, høy driftssikkerhet og bedre brukervennlighet har stått sentralt under utvikling av denne maskinen. Orkel Dens-X kan produsere rundball av en rekke ulike materialer, eksempelvis krosset korn, ulike typer fôrmiks/TMR, tørrgjødsel, fôrmais og sagflis.» (Orkel, u.d.)



Figur 16: Orkel Dens-X Compactor

(Bilder er hentet fra Orkel sine nettsider: <https://orkel.no/>)

TRL: 9	Teknologien er ferdig utviklet og tilgjengelig.
MRL: 6-7	Dens-X er en relativt ny maskin på markedet, med et veldig spesifikt bruksområde for kunder med et spesielt behov. Som den første leverandøren på markedet som presser små partikler av ulike slag er de ettertraktet både i landbruket og i industrien, og deres produkt kan gjøre mye for transport av ulike varer.
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

Visionweeding - Robovator

Utstyr for ugrasbekjemping basert på en traktorbasert radrenser. Den kan være mekanisk eller termisk. Styringen er basert på optisk lesing. Lukeverktøyene som koordineres av plantedeteksjonskameraene flyttes ut av raden når de passerer en nytteplante. Dette gir nye muligheter for å effektivisere av økologisk landbruk (Vision Weeding, u.d.).

TRL: 9	Produktet er ferdig utviklet og klar til bruk.
MRL: 8	Produktet har blitt solgt i mindre omfang, men er, ifølge en teknologispesialist på Universitet i California, relativt dyrt (Briefs, 2018). Det ekspanderer til flere markeder, og har vært tilgjengelig i Storbritannia i flere år. Det er nå også i bruk i USA, Tyskland og Nederland.
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

Kverneland Exacta CL GeoSpread

GeoSpread er en Isobus-kompatibel GPS-kontrollert spreader som sikrer unødvendig overlapping og foretar nøyaktig veiing slik at den totale besparelsen kan være opp til 15 %. Ved hjelp av GPS-systemet vil GEOSPREAD minke arbeidsbredden i skarpe vinkler og hjørner, slik at mengden og fordelingen blir så riktig som mulig (Kverneland, u.d.).

TRL: 9	Produktet er ferdig utviklet og klar til bruk.
MRL: 9	Produktet later til å være stabilt tilgjengelig gjennom en avklart forretningsmodell, men det er for tiden utsolgt på nett, og bare tilgjengelig i 1 butikk. Selges gjennom Felleskjøpet.
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

Soil Steam International - Soilprep400

Soil Steam International er en maskin som ved bruk av vanndamp renser jorda for ugress, sopp og rundormer. SoilPrep400 kan dampe jorda ned på 30 cm dybde, og er ifølge gründerne 8-10 ganger høyere hastighet enn store franske konkurrenten Regero. Soil Steam vant i 2018 Norsk Landbrukssamvirkens innovasjonspris. De hadde et mål om å kommersialisere produktet i løpet av 2018 (Gamme, 2018). På egen nettside uttaler de nå at den første kommersielle maskinen vil være klar for markedet i løpet av 2019. Soilsteam er støttet av Grofondet (Soilsteam International, u.d.). Driscoll's, verdens største bærprodusent, ønsker å teste Soilprep i California (Fjeld, 2019).



Figur 17: Soil Steam

(Bildet er hentet fra Soil Steam sine nettsider: <https://soilsteam.com/>)

TRL: 8	De uttaler på egne nettsider at den første maskinen i kommersiell tilstand vil være klar for salg i løpet av 2019. Dersom dette stemmer må de kunne antas å være forbi valideringspunktet. Det antas dermed at produktet har blitt kvalifisert for bruk i forhold det forventes at den vil arbeide i, og at den har blitt testet og validert i bred skala.
MRL: 5-6	Det er vanskelig å si hvor de ligger an, men SoilPrep400 har vunnet priser og markerer seg internasjonalt med interessenter over store deler av verden. Om den ikke har blitt lansert på markedet ennå, har det kommet signaler om at det vil skje i 2019-2020 (Soilsteam International, u.d.; The Explorer, u.d.).
SRL: 8	En av de mulige barrierene for at SoilPrep400 kan stå ovenfor før de tar steget inn i kommersialiseringen er det enorme energibehovet operasjonen krever. Uttalelser fra 2017 fra en av utviklerne var at for å dampe 1 hektar, på 10 cm dybde, krevde det 3000 liter diesel. Det har også blitt satt spørsmålsteget ved hvorvidt Soilprep400 uten problemer kan defineres som et økologisk og bærekraftig alternativ til plantevernmidler. Dampbehandlingen av jorda tar livet av alle organismer, også de fordelaktige. Dette trenger ikke å bety at det er mer bærekraftig med plantevernmidler, men for å markedsføre seg som et mer bærekraftig alternativ hevdes det av noen at det trengs dokumentasjon av skadevirkningene av jordbehandlingen (Heggdal, 2019). Bruk av teknologien er noe sosialt omdiskutert.

Quicke – Q-Companion

Q-companion er et førerassistentssystem for frontlasterarbeid med traktor. Det har en lasteveiningsfunksjon samt et statusdisplay som viser vinkelposisjon, høyde og belastning på redskapet (Quicke, u.d.). Ålö har også gjort systemet kompatibelt med Quicke-modeller helt tilbake til 2005 (Traktor, 2019b).

TRL: 9	Produktet er ferdig utviklet og tilgjengelig. Det har også kommet oppdaterte versjoner, som at det har blitt kompatibelt med eldre modeller av Quicke.
MRL: 9	Produktet er stabilt tilgjengelig gjennom en avklart forretningsmodell. Det ble lansert i 2017 av Ålö (Traktor, 2019b).
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

Avant Tecno e-series

Den elektriske minilasteren har null utslipp, skaper lite støy og kan brukes til lettere arbeidsoppgaver. Det kan tilkobles 112 ulike redskaper fra Avant-serien. Løftekapasiteten er 900 kg og 2,8 m, og den går i 10 km/t (Tecno, u.d.). Avant e5 har AGM-batterier, og derfor en del mindre arbeidskapasitet enn Avant e6 med lithium-batterier, som i løpet av en arbeidsdag på 8 timer kun trenger opp mot 2 timer lading (Felleskjøpet, u.d.). Avant Tecno E-series er kompatibel med Avant sine eksisterende verktøy, og vil derfor trolig være lettere å integrere i bøndernes maskinpark.

TRL: 9	Teknologien er ferdig utviklet og klar til bruk.
MRL: 9	Produktet er stabilt tilgjengelig gjennom en avklart forretningsmodell.
SRL: 9	Produksjon og bruk av teknologien er sosialt og politisk uproblematisk.

5.7 Nye produkter og teknologi – noen betraktninger

Det er mange robotinitiativ på gang. Det finnes en del veldig spesifikke roboter rettet mot tydelige markedsbehov, men det er uklart hva som blir standard når det gjelder generelle redskapsbærende roboter. Norge har som vist flere initiativ på utvikling av generelle og allsidige redskapsbærende roboter, Thorvald og AutoAgri. Det virker som om robotene med spesifikke og avgrensede arbeidsoppgaver har kommet noe lengre i utviklingen enn de robotene som har allsidige og varierte bruksområder.

Droneteknologien later til å oppleve en stor utvikling, men også her går det et skille når det kommer til funksjon. Dronene som utøver overvåkning og kartlegging ser ut til å ha kommet lengre enn utviklingen innenfor droner som utfører praktisk arbeid med åkeren, slik som presisjonssprøyting. Samhandling mellom droner (SWARM-prosjektet), mellom landgående roboter, og mellom droner og landgående arbeidsmaskiner, som eksempelvis Fendt Xaver og EcoRobotix lukter på, er en interessant utvikling, men det virker som det ligger et stykke frem i tid. Når det gjelder forretningsmodellene for droneteknologi virker det som om det er flere bedrifter som baserer seg på en løsning der gårdbrukeren leier inn tjenester i stedet for å kjøpe et produkt. Dersom droneteknologien videreutvikles, blir et mer vanlig innslag i landbruket og kostnadene muligens går ned, kan dette endre seg.

Sensorteknologien ser ut til å ha kommet langt, og det er flere tilbydere på markedet. I tillegg til de sensorene som er beskrevet i 4.4 skjer det stor utvikling av sensorer som komponenter på andre teknologier. Presisjonsdyrkingsteknologi knytta til gjødsling og sprøyting er i ferd med å bli standard, og sensorteknologien er et sentralt element i dette. Alle selvgående roboter og droner er utstyrt med sensorer i en eller annen form. Dette stiller store krav til kommunikasjon mellom sensor og øvrig teknologi.

Innenfor utendørs husdyrteknologi er det flere norske initiativ. Det er gjerne digitale klaver som enten sporer dyret eller er knyttet til virtuelle gjerder. Når teknologien er knyttet direkte til husdyr stilles det strenge krav til dyrevelferd, og dette har vært en barriere for implementering, spesielt for NoFence.

Det virker som det er et stort fokus på «Big Data» og sky-tjenester som samordner all informasjon fra ulike verktøy og sensorer for å gi bonden oversikt og tyngde til å ta de rette agronomiske valgene. Big Data-initiativ og nettverkssamarbeid av bønder kan være at man ved medlemskap for eksempel får tilgang til avlingsanalyser og vær- og jordkart hentet fra både offentlige og private satellittbilder. Eksempler på dette er KisanHub og Farmers Business Network (Future Farming, 2018b). Dette har ikke blitt særlig vektlagt i gjennomgangen av teknologiene.

Smart teknologi med sensorer som er koblet til sky-tjenester muliggjør innsamling av enorme mengder med data. «Big Data» i landbruket reiser spørsmål om hvem som tjener mest på den store datainnsamlingen som de nye teknologiene bidrar til. Et sentralt tema er om merverdiene som hentes ut fra digitaliseringen kommer bøndene eller samfunnet for øvrig til gode. Det er vanskelig å sette en prislapp på informasjon som samles inn om vær, grunnforhold, jordkvalitet, avling etc. Flere snakker om forskjellige former for plattformer der nettverk av bønder, leverandører, samarbeidspartnere kan ta del i den store informasjonsinnhenting smart teknologi bidrar til (Eks: FAIRshare (u.d.)).

6 Avslutning

Prosjektets formål er å bidra med kunnskap for å utvikle, tilpasse og implementere ny bærekraftig teknologi i norsk landbruk. Landbruket er inne i en periode der det åpner seg nye store muligheter for implementering av teknologi. Vi har i dette notatet kartlagt utendørs teknologiutvikling i landbruket. Utvalget er gjort på bakgrunn av noen avgrensninger, og oversikten er på ingen måte utfyllende eller komplett. Vi har kort beskrevet 36 ulike teknologier innenfor kategoriene:

- Landbruksroboter med spesifikke arbeidsoppgaver
- Allsidige landbruksroboter
- Droneteknologier
- Sensorteknologi
- Teknologi innen husdyrhold
- Annen teknologi

I tillegg har vi kort beskrevet 16 forskningsprosjekt som har pågått, pågår eller skal startes. Disse er inndelt i kategoriene:

- Planteproduksjon, grønnsaker og frukt
- Fornybar energi
- Digitalisering/ digitale hjelpemidler
- Internasjonale forskningsprosjekter

Gjennomgangen av teknologiene har vært brukt som grunnlag og empiri for utviklingen av et tredelt verktøy for måling av teknologisk, markedsmessig og samfunnsmessig modenhet av ny landbruksteknologi. Dette har resultert i TRL-, MRL-, og SRL-tabeller som beskriver ni trinn med økende grad av modenhet. Med disse tabellene som basis har vi utviklet tre individuelle spørsmålsbatterier med ni spørsmål som korresponderer med de ni trinnene i tabellene. Sammen vil disse tre spørsmålsbatteriene gi en helhetsvurdering av et produkts modenhet.

Verktøyet er først og fremst et avklaringsverktøy og vil ikke kunne erstatte markedsundersøkelser og lignende. Vi går ikke veldig i detalj på hvert enkelt felt, men ved å gi et tredimensjonalt uttrykk for et produkts modenhet vil det kunne si mye om hva som eventuelt mangler. Det er en standardisert fremgangsmåte som tilbyr aktørene som er involvert i innovasjonsprosessen et felles utgangspunkt i kommunikasjon om ny teknologi. Det gir informasjon om hvor ressursene skal settes inn for at produktet kan tas til markedet og bidra til at norske bønder tar i bruk og får nytte av bærekraftig teknologi i fremtidens landbruk.

Kilder

- 7Sense. (u.d.). Irrigation sensors for reducing water loss. Hentet 20.09 2019 fra <https://www.theexplorer.no/solutions/irrigation-sensors-for-reducing-water-loss/>
- Adigo. (u.d.). Asterix - deteksjon og sprøyting av ugress i planterader. Hentet 10.08 2019 fra <https://www.adigo.no/portfolio/asterix/>
- AgEagle. (u.d.-a). Drones. Hentet 24.08 2019 fra <https://www.ageagle.com/drones>
- AgEagle. (u.d.-b). Home page. Hentet 24.08 2019 fra <https://www.ageagle.com/drones>
- AgEagle. (u.d.-c). Key Historical Milestones. Hentet 04.09 2019 fra <https://www.ageagle.com/about>
- AgriBot. (u.d.). Agribot. Hentet 03.09 2019 fra <https://agribot.eu/agribot/?lang=en>
- AgriLink (2017). Multi-level conceptual framework (Deliverable D1.1)
- AgroBot. (u.d.). Home page. Hentet 17.08 2019 fra <http://agrobot.com/>
- Agrotech. (u.d.). TopCon CropSpec kvävesensor. Hentet 06.09 2019 fra <http://www.agrotech.se/portfolio/crop-spec-kvavesensor/>
- Albani, D., Manoni, T., Arik, A., Nardi, D. & Trianni, V. (2019). Field coverage for weed mapping: Toward experiments with a UAV swarm. I *Proceedings of the 11th EAI International Conference on Bio-inspired Information and Communications Technologies (BICT 2019)*. Italia: ISTC, National Research Council.
- ARENA. (2014). *Commercial Readiness Index - Renewable Energy Sectors*. Australia. Hentet fra <https://arena.gov.au/assets/2014/02/Commercial-Readiness-Index.pdf>
- Augmenta. (2018). *Pilot Tests Report*. Hentet fra <http://www.augmenta.ag/files/2016-Experiments-Report.pdf>
- Augmenta. (2019, 02.09.19). Augmenta: The year in review. Hentet 09.09 2019 fra <https://augmenta.ag/article/augmenta-the-year-in-review>
- Autoagri. (u.d.). Forside. Hentet 16.08 2019 fra <https://autoagri.no/no/forside/>
- Avant Tecno. (u.d.). Avant E-series Full Electric loader. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.avanttecno.com/global/machines/e-series>
- Bakken, T. (2017). *Teknologitrender som påvirker transportsektoren*. Trondheim: SINTEF. Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/2456412>
- Bijker, W. E., et al. (1989). *The Social Construction of Technological Systems*. Massachusetts, MIT Press.
- Bondebladet. (2019, 16.07.2019). Nofence rigger for vekst. *Bondebladet*. Hentet fra <https://www.bondebladet.no/aktuelt/nofence-rigger-for-vekst/>
- Bondebladet. (2016, 25.08.2016). Mattilsynet nekter bruk av usynlig "gjerde". *Bondebladet*. Hentet fra <https://www.bondebladet.no/article/mattilsynet-nekter-bruk-av-usynlig-gjerde/>
- Bootcamp Bootleg D.School (2010). Hassno Platner & Institute of Design at Stanford University. Brevik, A. (2019). Asterix. I (E-mail utg.).
- Briefs, T. (2018, 17.01.18). And on that farm he had a... Robot? Hentet 03.09 2019 fra <https://www.techbriefs.com/component/content/article/tb/stories/blog/28265>
- Business Insider. (2016, 13.08.16). The FAA has granted a major drone exemption to this one company. Hentet 13.09 2019 fra <https://www.businessinsider.com/faa-grants-drone-exemption-to-precisionhawk-2016-8?r=US&IR=T>
- Cleantech Alps. (2017). *The robot working in the field*. Hentet fra <https://www.cleantech-alps.com/en/etudes/details/an-overview-of-cleantech-start-ups-and-their-sources-of-funding-0-1327>
- CloudwatchHub. (u.d.-a). A brief refreshener on Technology Readiness Levels (TRL). Hentet 12.09 2019 fra <https://www.cloudwatchhub.eu/exploitation/brief-refresh-technology-readiness-levels-trl>
- CloudwatchHub. (u.d.-b). Readiness for Market: More than completing software development. Hentet 15.09. 2019 fra <https://www.cloudwatchhub.eu/exploitation/readiness-market-more-completing-software-development>

Cooke, P. and K. Morgan (1998). The associational economy: Firms, regions, and innovation. Oxford, Oxford University Press.

CSIRO. (u.d.). Virtual Fencing. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.csiro.au/en/Research/AF/Areas/Livestock/Virtual-fencing>

DataBio. (u.d.). About DataBio. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.databio.eu/en/summary/>

Defense, D. o. (2011). *Technology Readiness Assessment (TRA) Guidance*. Department of Defense. Hentet fra <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a554900.pdf>

Delair. (u.d.). About us. Hentet 11.09 2019 fra <https://delair.aero/our-company-2/>

Den Norske Droneskole. (u.d.). Dronevettreglene. Hentet 03.10. 2019 fra <https://eurouas.com/no/2-norsk/ukategorisert/93-dronevettregler>

Dent, D. & Pettit, B. (2011). *Technology and Market Readiness Levels*. Hentet fra <https://www.dentassociates.co.uk/wpdivi/wp-content/uploads/2015/09/Technology-and-Market-Readiness-Levels.pdf>

Dimensions Agri Technologies. (u.d.-a). About DAT. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.dimensionsagri.no/about-dat/>

Dimensions Agri Technologies. (u.d.-b). How it works. Hentet 23.08 2019 fra <https://www.dimensionsagri.no/how-it-works/>

EARTO. (2014). *The TRL scale as a research & innovation policy tool, EARTO recommendations*. Hentet fra https://www.earto.eu/wp-content/uploads/The_TRL_Scale_as_a_R_I_Policy_Tool_-_EARTO_Recommendations_-_Final.pdf

EcoRobotix. (u.d.). How does it work? Hentet 24.08 2019 fra <https://www.ecorobotix.com/en/autonomous-robot-weeder/>

Endresen, L. T. (2016, 26.07.16). Kan ha løsningen på jordsmonnkrisen. NRK. Hentet fra <https://www.nrk.no/telemark/kan-ha-losningen-pa-jordsmonnkrisen-1.13047705>

European Commission. (2017). *Work program 2016-2017. 20 General Annexes*. Hentet fra https://ec.europa.eu/research/participants/data/ref/h2020/other/wp/2016-2017/annexes/h2020-wp1617-annex-ga_en.pdf

European Commission. (u.d.). Galileo enhanced solution for pest detection and control in greenhouse fields with autonomous service robots. Hentet 04.09. 2019 fra <https://cordis.europa.eu/project/rcn/212439/factsheet/en>

FAIRshare. (u.d.). Digital tools for farm advisors. Hentet 10.10 2019 fra <https://www.h2020fairshare.eu/>

Farm Hack. (u.d.). Farm Hack. Hentet 04.10 2019 fra <https://farmhack.org/tools>

FarmBot. (u.d.-a). Home page. Hentet 17.08 2019 fra <https://farm.bot/>

FarmBot. (u.d.-b). Software. Hentet 17.08 2019 fra <https://software.farm.bot/docs>

FarmWeekNow. (2018, 20.04.2018). Crop scouting from the ground up. Hentet 03.09 2019 fra <https://farmweeknow.com/story-crop-scouting-ground-0-174507>

Felleskjøpet. (2018). Felleskjøpet skal distribuere Yara N-Sensor. Hentet 04.09 2019 fra https://www.felleskjopet.no/maskin1/presisjon/Felleskjopet-skal-distribuere-Yara-N-Sensor/?gclid=CjwKCAjw1_PqBRBIEiwA71rmtTj3wBNt_OeEzSaOPi939BLY6nbU_ZePJ1ENdddq7y5Q0edx-fbEQxoCi_YQAvD_BwE

Felleskjøpet. (u.d.). Avant Kompaktlaster e6. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.felleskjopet.no/maskin-og-redskap/landbruk/kompaktlaster/avant/e-serie/avant-e6-280909/>

Fendt. (u.d.). Prosjekt Xaver: Forskning på roboter i landbruket. Hentet 28.08 2019 fra <https://www.fendt.com/no/xaver.html>

Findmy. (u.d.-a). Om oss. Hentet 13.09 2019 fra <https://www.findmy.no/om-oss>

Findmy. (u.d.-b). Slik fungerer e-bjella. Hentet 13.09 2019 fra <https://www.findmy.no/slik-fungerer-e-bjella>

- Fjeld, I. E. (2019, 19.09.19). Håper norsk oppfinnelse skal redde matjord over hele verden. *NRK*. Hentet fra <https://www.nrk.no/norge/haper-norsk-oppfinnelse-skal-redde-matjord-over-hele-verden-1.14690083>
- Forskningsrådet. (u.d.). Future Farm: Morgendagens digitale løsninger for bonden. Hentet 04.09 2019 fra <https://prosjektbanken.forskningsradet.no/#/project/NFR/281974>
- Frangoul, A. (2018, 23.08.2018). As labor shortages start to bite, robots could soon be picking your strawberries. *CNBC*. Hentet fra <https://www.cnbc.com/2018/08/23/robots-could-soon-be-picking-your-strawberries.html>
- Franklin Robotics. (u.d.). Features and benefits. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.franklinrobotics.com/>
- Future Farming. (2017, 09.07.19). Video: First commercial robot weeds 5ha of crops a day. Hentet 24.08 2019 fra <https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2017/6/Video-First-commercial-robot-weeds-5ha-of-crops-a-day-1583WP/>
- Future Farming. (2018a, 14.08.2018). AgEagle acquires analytics company Agribotix. Hentet 04.09 2019 fra <https://www.futurefarming.com/Smart-farmers/Articles/2018/8/AgEagle-acquires-agricultural-analytics-company-Agribotix-321361E/>
- Future Farming. (2018b, 27.11.18). AgFunder presents 12 agtech start-ups to watch. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.futurefarming.com/Smart-farmers/Articles/2018/11/12-precision-farming-agtech-start-ups-to-watch-361648E/>
- Future Farming. (2018c, 12.12.18). Possibilities for drones in agriculture seem endless - but are they? Hentet 03.09 2019 fra <https://www.futurefarming.com/Tools-data/Articles/2018/12/Possibilities-for-drones-in-agriculture-seem-endless--but-are-they-369704E/>
- Future Farming. (2018d, 13.11.19). Small Robot Company. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2018/11/Small-Robot-Company-launches-planting-robot-357998E/>
- Future Farming. (2019a, 26.07.2019). Agrobot takes strawberry harvesting robots to US. Hentet 23.08 2019 fra <https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2019/7/Agrobot-takes-strawberry-harvesting-robots-to-US-453399E/>
- Future Farming. (2019b, 25.06.19). Demand for agricultural robots to increase sharply. Hentet 09.09 2019 fra <https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2019/6/Demand-for-agricultural-robots-to-increase-sharply-441661E/?fbclid=IwAR38jtMNIVFy7Yxz1P4zHKbwElygt0cJhEC214GIH3RMFhI33BBYMPFQy4>
- Future Farming. (2019c, 09.08.19). Rantizo receives FAA approval for drone spraying. Hentet 04.09 2019 fra <https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2019/8/Rantizo-receives-FAA-approval-for-drone-spraying-458701E/>
- Gamme, I. (2018, 16.01.18). Dampmaskinen fikk Innovasjonsprisen på Mat og Landbruk 2018. *Bondebladet*. Hentet fra <https://www.bondebladet.no/landbruk/dampmaskin-fikk-innovasjonsprisen-pa-mat-og-landbruk-2018/>
- GBatteries. (u.d.). Home page. Hentet 19.08 2019 fra <https://www.gbatteries.com/>
- Greenpatrol. (u.d.). Greenpatrol. Hentet 11.09 2019 fra <http://www.greenpatrol-robot.eu/>
- Griff Aviation. (u.d.-a, 11.06.19). The European project "Harmony" launched in London. Hentet 03.09 2019 fra <http://griffaviation.com/horizon2020/>
- Griff Aviation. (u.d.-b). General features. Hentet 03.09 2019 fra <http://griffaviation.com/general-features/>
- Grønningsæter, F. (2019, 01.05.19). Gårdsroboten Thorvald klar for perleporten. *Kapital*. Hentet fra <https://kapital.no/naeringsliv/2019/04/gardsroboten-thorvald-klar-perleporten>
- Harnes, M. P. (2019, 05.07.19). Nofence skulle selge 4.700 virtuelle gjerder i år. Nå er de utsolgt, og åpner "distriktskontor" i London. *Shifter*. Hentet fra <https://shifter.no/nofence-skulle-selge-4-700-virtuelle-gjerder-i-ar-na-er-de-utsolgt-og-apner-distriktskontor-i-london/>

- Hasenauer, R., Gschöpf, A. & Weber, C. (2017). Technology readiness, market readiness and the triple bottom line: An empirical analysis of innovating startups in an incubator. *PICMET 2016 - Portland International Conference on Management of Engineering and Technology: Technology Management For Social Innovation, Proceedings* (s. 1387-1428).
<https://doi.org/10.1109/PICMET.2016.7806523>
- Hèder, M. (2017). From NASA to EU: The evolution of the TRL scale in Public Sector Innovation. *Innovation Journal*, 22(2). Hentet fra <https://www.scopus.com/record/display.uri?eid=2-s2.0-85028770908&origin=inward&txGid=86655b384dbd85d9f4e992127d24e67c>
- Heggdal, Ø. (2019, 21.01.19). Bedre enn alternativene. Hentet 24.08 2019 fra <https://www.norsklandbruk.no/ytring/bedre-enn-alternativene/>
- Hekkert, M. P., et al. (2007). "Functions of innovation systems: A new approach for analysing technological change." *Technological Forecasting and Social Change* 74: 413-432.
- Hjorth, S. S. & Brem, A. (2016). How to Assess Market Readiness for an Innovative Solution: The Case of Heat Recovery Technologies for SMEs. *Sustainability*, 8(11).
<https://doi.org/10.3390/su8111152>
- Hårstad, R. M. B. (2019). *Bonden, familien og melkeroboten - en ny hverdag*. Trondheim: Ruralis - institutt for rural- og regionalforskning. Hentet fra https://ruralis.no/wp-content/uploads/2019/01/rapport-2_19-bonden-familien-og-melkeroboten-en-ny-hverdag--r-m-b--hrstad.pdf
- IMA. (u.d.). AFarCloud - Aggregate Farming in the Cloud. Hentet 21.08 2019 fra <https://www.ima.cz/research-and-development/grant-projects/international-projects-ongoing/afarcloud/?lang=en>
- Industri i Norge. (2018). Selvgående trøndersk åkerrobot. Hentet 04.09 2019 fra <https://industriinorge.no/landbruk/selvgaaende-trondersk-akerrobot/>
- Innovation Fund Denmark. (2018). *Societal Readiness Levels (SRL) defined according to Innovation Fund Denmark*. Hentet fra https://innovationsfonden.dk/sites/default/files/2019-03/societal_readiness_levels_-_srl.pdf
- Internet of food & farm 2020. (u.d.). IOF2020. Hentet 02.09 2019 fra <https://www.iof2020.eu/communication-materials/iof2020-booklet.pdf>
- Internet of food and & farm 2020. (u.d.). Introducing internet of food & farm 2020. Hentet 19.08 2019 fra <https://www.iof2020.eu/about>
- Jackson, R. (2019, February/March). Follow that Furrow. *Unmanned Systems Technology*, s. 74-80. Hentet fra <https://www.ust-media.com/ust-magazine/UST024/74/>
- Jøsang, D. I. (2019, 23.08.19). SJÅ VIDEO: Slår graset med robot. *Norsk Landbruk*. Hentet fra <https://www.norsklandbruk.no/teknikk/sja-video-slar-graset-med-robot/>
- Kobos, P. H., Malczynski, L. A., Walker, L. T. N., Borns, D. J. & Klise, G. T. (2018). Timing is everything: A technology transition framework for regulatory and market readiness levels. *Technological Forecasting and Social Change*, 137, 211-225.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2018.07.052>
- Klerkx, L., et al. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions. *Farming Systems Research into the 21st Century: The New Dynamic*. I. Darnhofer, D. Gibbon and B. Dedieu. Dordrecht, Springer Science: 457-483.
- Krug, J. (2019, 22.08.19). Rantizo: improving the ag industry one drone at a time. *Silicon Prarie News*. Hentet fra <https://www.futurefarming.com/Machinery/Articles/2019/8/Rantizo-receives-FAA-approval-for-drone-spraying-458701E/>
- Kverneland. (u.d.). Kverneland Exacta CL Geospread. Hentet 04.09 2019 fra <https://no.kverneland.com/Spredere/Mineralgoedselspredere/Kverneland-Exacta-CL-GEOSPREAD>
- Leinan, E. (2019, 07.08.19). Leksvikbedrift utvikler førerløs traktor. *Trønder-Avisa*. Hentet fra <https://www.t-a.no/nyheter/2019/08/07/Leksvikbedrift-utvikler-f%C3%B8rerl%C3%B8s-traktor-19649596.ece>

- Lovdata. (2009). Lov om dyrevelferd (2009-06-19-97). Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2009-06-19-97>
- Lovdata. (2015). Forskrift om luftfartøy som ikke har fører om bord mv. Hentet fra https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2015-11-30-1404#KAPITTEL_4
- Lovdata. (2017). Lov om utprøving av selvkjørende kjøretøy (2017-12-15-112). Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-12-15-112>
- Lucas, M. (2019). Beskrivelse av arbeidsmetodikken rundt innovasjonsprosesser, basert på erfaringer fra innovasjonsprogrammet Landbruk21Trøndelag (L21T) (2016-2018). Upublisert arbeidsnotat, AP5, SmaT. Trondheim, Prosjekt SmaT, Ruralis/L21T: 18.
- Lundvall, B.-Å. (2002). Innovation, growth and social cohesion: The Danish model. Cheltenham, Edward Elgar.
- Mankins, J. (2009). Technology readiness assessments: A retrospective. *Acta Astronautica*, 65(9-10), 1216-1223. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2009.03.058>
- Maskinbladet. (2018, 21.11.19). FMR Maskiner er ny Robotti-forhandler i Danmark. Hentet 04.09 2019 fra <http://www.maskinbladet.dk/artikel/fmr-maskiner-ny-robotti-forhandler-i-danmark?fbclid=IwAR1w1FHXCoyHutQKiqKdBe76uIIKpE-T4hO1NiPr06rW5ZeLSob84zdsdtw>
- Naio Technologies. (2019, 08.07.19). The "salad bowl", the new Eldorado of Dino. Hentet 09.09.19 2019 fra https://www.naio-technologies.com/en/the-salad-bowl-the-new-eldorado-of-dino/?fbclid=IwAR0sAP-2ow_CyD_RDd8avm5iprxNbBtKHlKdk3oRd2p46uEzAf52KJ_fq7Y
- Naio Technologies. (u.d.). Autonomous vegetable weeding robot - Dino. Hentet 25.08 2019 fra <https://www.naio-technologies.com/en/agricultural-equipment/large-scale-vegetable-weeding-robot/>
- NIBIO. (2017a, 14.12.2017). Kostnadseffektiv grovfôrproduksjon. Hentet 10.09 2018 fra <https://www.nibio.no/prosjekter/kostnadseffektiv-grovforproduksjon-1058658466319298877>
- NIBIO. (2017b, 07.09.2017). Ny teknologi for miljøvennlig produksjon. Hentet 28.08 2019 fra <https://www.nibio.no/nyheter/ny-teknologi-for-miljovennlig-produksjon>
- NIBIO. (2017c, 24.09.2017). STRESSLESS. Hentet 27.08 2019 fra <https://www.nibio.no/en/projects/stressless>
- NIBIO. (2017d, 20.01.17). Vant innovasjonspris for ugrasrobot. Hentet 23.08 2019 fra <https://nibio.no/nyheter/vant-innovasjonspris-for-ugrasrobot>
- NIBIO. (2018a, 26.06.2018). IMPRESS. Hentet 29.10 2018 fra <https://www.nibio.no/prosjekter/okt-presisjon-og-malretting-i-gjodsling-og-avlingsfremmende-tiltak-i-grovforproduksjonen-impress>
- NIBIO. (2018b, 30.05.2018). SolarFarm. Hentet 19.08 2019 fra <https://www.nibio.no/prosjekter/solarfarm>
- NIBIO. (2018c, 29.06.2018). SolarFarm konseptet. Hentet 29.08 2019 fra <https://www.nibio.no/prosjekter/solarfarm/solarfarm-konseptet>
- NIBIO. (2018d). Prosjektet "Fra sol til bord". NIBIO Apelsvoll. Hentet 07.01.2020 fra https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2580409/NIBIO_RAPPORT_2018_4_163.pdf?sequence=2
- NIBIO. (2019a, 16.05.2019). MAFIGOLD. Hentet 20.08 2019 fra <https://www.nibio.no/prosjekter/mafigold>
- NIBIO. (2019b, 07.06.19). Nytt prosjekt skal ta presisjonsjordbruket et skritt videre. Hentet 20.08 2019 fra <https://www.nibio.no/nyheter/nytt-prosjekt-skal-ta-presisjonsjordbruket-et-skritt-videre>
- NIBIO. (2019c, 22.01.19). Vil forbedre bondens gull. Hentet 20.08 2019 fra <https://www.nibio.no/nyheter/vil-forbedre-bondens-gull>
- NIBIO. (u.d.). Fjernmåling. Hentet 27.08 2019 fra <https://precisionag.no/nb/project/remote-sensing-nb/>

Nileworks. (2019, 14.03.19). What's new. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.nileworks.co.jp/news/>農業用ドローンのナイルワークス、総額約16億円の /

NMBU. (2017a). Bruker droner og roboter til å finne nye plantesorter. Hentet 04.09 2019 fra <http://historier.nmbu.no/bruker-droner-og-roboter-til-a-finne-nye-plantesorter/>

NMBU. (2017b, 23.03.2018). Geiter og storfe på beite med virtuelle gjerder. Hentet 03.04 2019 fra <https://www.nmbu.no/aktuelt/node/33252>

NMBU. (2017c). Roboten Thorvald vil bli jordbærbondens beste venn. Hentet 21.08 2019 fra <http://historier.nmbu.no/roboten-thorvald-jordbaerbondens-venn/>

NMBU. (u.d.). A novel adaptation strategy for forage production under wet growing conditions - robotization and high quality forages. Hentet 21.08 2019 fra <https://www.nmbu.no/en/projects/node/34459>

NN24. (2018, 07.12.18). Lager Norges nye landbruksrobot. Hentet 19.08 2019 fra <https://nn-24.no/landbruk/lager-norges-nye-landbruksrobot/>

Nofence. (2019). Om Nofence. Hentet 04.09 2019 fra <https://nofence.no/om-oss/>

NoFence. (u.d.). Verdens første virtuelle gjerdelsøsning. Hentet 15.10 2019 fra <https://nofence.no/>

Norsk Landbruksrådgivning. (2019, 07.06.19). NLR og NIBIO satser presist sammen. Hentet 22.08 2019 fra <https://www.nlr.no/nyhetsarkiv/2019/presis/>

Norsk Landbrukssamvirke. (2018, 30.10.18). Roboter kan identifisere ugress raskere enn bonden. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.landbruk.no/biookonomi/roboter-kan-identifisere-ugress-raskere-enn-bonden/>

Norsk Landbrukssamvirke. (2019, 21.08.19). Landbruksroboten Thorvald er et våpen mot importen. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.landbruk.no/biookonomi/landbruksroboten-thorvald-er-et-vapen-mot-importen/>

Norsk Landbrukssamvirke (2017, 20.11.10). Nå blir Nofence lovlig – på geit. Hentet 30.11.2019 fra <https://www.norsklandbruk.no/aktuelt/na-blir-nofence-lovlig-pa-geit/>

Orkel. (u.d.). Dens-X Compactor - for landbruk. Hentet 03.09 2019 fra <https://orkel.no/produkter/kompaktorer/dens-x-compactor-nb-no/>

Porter, M. (1998). *On Competition*. USA: Harvard Business Review.

PrecisionHawk. (2018, 25.10.18). PrecisionHawk chosen as DJI's new provider of airspace data in North America. Hentet 13.09 2019 fra <https://www.precisionhawk.com/blog/media/topic/precisionhawk-chosen-as-djis-new-provider-of-airspace-data-in-north-america>

PrecisionHawk. (u.d.). Drone-based mapping and analytics for agriculture. Hentet 13.09 2019 fra <https://www.precisionhawk.com/precisionanalytics-agriculture>

Quicke. (u.d.). Q-Companion. Hentet 03.09 2019 fra <http://quicke.no/q-companion/>

Robotnyheter. (2018, 10.04.18). Husqvarna. *Robotnyheter*. Hentet fra <https://robotnyheter.se/2018/04/10/husqvarna-satsar-pa-ograsrensande-robotar/>

Sadin, S. R., Povinelli, F. P. & Rosen, R. (1989). The NASA technology push towards future space mission systems. *Acta Astronautica*, 20(C), 73-77. [https://doi.org/10.1016/0094-5765\(89\)90054-4](https://doi.org/10.1016/0094-5765(89)90054-4)

SAGA - Swarm Robotics for Agricultural Applications. (u.d.-a). Home. Hentet 02.09 2019 fra <http://laral.istc.cnr.it/saga/>

SAGA - Swarm Robotics for Agricultural Applications. (u.d.-b). Research. Hentet 04.09 2019 fra <http://laral.istc.cnr.it/saga/index.php/research/>

Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development*. Cambridge, Massachusetts., Harvard University Press.

SenseFly. (u.d.). Home page. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.sensefly.com/industry/agricultural-drones-industry/>

SINTEF. (2017, 22.09.17). DataBio. Hentet 04.09 2019 fra <https://www.sintef.no/prosjekter/databio/>

SINTEF. (u.d.-a, 12.08.2014). CAPTURE+: Biokull som bærekraftig klimatiltak for nullutslippsamfunnet. Hentet 27.08 2019 fra <https://www.sintef.no/prosjekter/barekraftige-biokullsystemer-for-et-nullutslippsam/>

SINTEF. (u.d.-b). WRAPID. Hentet 04.09 2019 fra <https://www.sintef.no/prosjekter/wrapid/>

Small Robot Company. (2018a, 28.11.19). Small Robot Company announces initial prototype robots for 2019. Hentet 15.10 2019 fra <https://www.smallrobotcompany.com/press-releases/2018/11/27/small-robot-company-announces-initial-prototype-robots-for-2019>

Small Robot Company. (2018b, 08.11.2018). Small robot company unveils Harry farming robot prototype. Hentet 05.09 2019 fra <https://www.smallrobotcompany.com/press-releases/2018/11/8/small-robot-company-unveils-harry-farming-robot>

Small Robot Company. (u.d.). Meet the robots. Hentet 04.09 2019 fra <https://www.smallrobotcompany.com/meet-the-robots>

Small Robot Company. (u.d.). FaaS - Farming as a service. Hentet 05.09 2019 fra <https://www.smallrobotcompany.com/faas>

Smart-AKIS. (u.d.). Smart AKIS. Hentet 06.06.19 2019 fra <https://www.smart-akis.com/index.php/network/smart-akis/>

Soilsteam International. (u.d.). About. Hentet 29.08 2019 fra <https://soilsteam.com/about-2/#more-8>

Successful Farming. (2019, 16.01.19). 8 ag tech start-ups worth watching in 2019. Hentet 04.09 2019 fra <https://www.agriculture.com/news/technology/9-ag-tech-start-ups-worth-watching-in-2019>

Sørensen, K. H. (2015). From 'Alternative' to 'Advanced': Mainstreaming of sustainable technologies. *Science and Technology Studies*, 28(1). Hentet fra <https://sciencetechnologystudies.journal.fi/article/view/55355>

Stræte, E. P. (2006). Brytninger mellom konvensjoner i meieribransjen: Om hvordan meieribedrifter arbeider med nyskaping. Geografisk institutt. Trondheim, Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (NTNU): 320

Teknisk Ukeblad. (2018a, 17.08.2018). Helt uten hjelp fra mennesker: Selvgående fartøy kommuniserer og samarbeider på egen hånd. *Teknisk Ukeblad*. Hentet fra <https://www.tu.no/artikler/helt-uten-hjelp-fra-mennesker-selvgaende-fartoy-kommuniserer-og-samarbeider-pa-egen-hand/443927>

Teknisk Ukeblad. (2018b, 11.04.18). Nå flyr den enorme dronen fra den lille fabrikken på Sunnmøre. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.tu.no/artikler/na-flyr-den-enorme-dronen-fra-den-lille-fabrikken-pa-sunnmore/434529>

Teknisk ukeblad. (2019, 11.03.19). Den første selvkjørende el-traktoren skal testes på en bondegård i Norge. Hentet 03.09 2019 fra https://www.tu.no/artikler/den-forste-selvkjorende-el-traktoren-skal-testes-pa-en-bondegard-i-norge/458021?key=1KC1Bd59&fbclid=IwAR1M4rCRwlwy93tm10oQMxlhYIJvkQMLwHhsuVmIVcobRHsDYYtDXV_DMfk

Telespor. (u.d.). Telespor - elektronisk overvåking av husdyr. Hentet 2019 08.10 fra <http://telespor.no/>

That's Farming. (2019, 22.03.19). WATCH: Electric tractor powered by cable. Hentet 04.09 2019 fra <https://www.thatsfarming.com/news/john-deere-march-2019>

The Explorer. (u.d.). Replacing pesticides with steam and increasing harvests. Hentet 15.10 2019 fra <https://www.theexplorer.no/solutions/soil-steam-international-replacing-pesticides-with-steam-and-increasing-harvests/>

Time for Polska. (2017, 04.2017). Automation in the world of agriculture. Hentet 05.09 2019 fra <http://timeforpolska.pl/agribot-automation-world-agriculture/>

TopCon. (u.d.). Product info. Hentet 25.08 2019 fra <https://www.topconpositioning.com/crop-sensing/canopy-sensing/cropspec>

- Traktor. (2019a, 26.03.19). Dansk robottraktor vekker interesse. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.traktor.no/aktuelt/teknikk/dansk-robottraktor-vekker-interesse/>
- Traktor. (2019b, 18.02.19). Ålö tilbyr Q-Companion til eldre frontlastere. Hentet 26.08 2019 fra <https://www.traktor.no/nyhet/alo-tilbyr-q-companion-til-eldre-frontlastere/>
- Tungt. (2019, 15.02.19). Stort løft for Griff Aviation. Hentet 03.09 2019 fra <https://www.tungt.no/maskinregisteret/stort-loft-for-griff-aviation-6735585>
- TV2 Øst. (2019, 11.08.19). Robotter indtager landbruget. Hentet 03.09 2019 fra https://www.tv2east.dk/nyheder/11-08-2019/1930/robotter-indtager-landbruget?autoplay=1&fbclid=IwAR3135OBL203skAtiH0KH0IbwgzDe_HW_BmXj9937wUZxYuk8Y4SSTFiSU8#player
- Tvete, M. (2017, 15.01.17). Asterix kan bli en revolusjon for landbruket. *Nationen*. Hentet fra <https://www.nationen.no/landbruk/asterix-kan-bli-en-revolusjon-for-landbruket/>
- Vision Weeding. (u.d.). Robovator. Hentet 27.08 2019 fra <http://www.visionweeding.com/robovator/>
- Wilson, K. (2019, 14.06.19). John Deere Trials electric tractor. *Farm Weekly*. Hentet fra <https://www.farmweekly.com.au/story/6217775/john-deere-trials-electric-tractor/>
- Wiring. (u.d.). What is a breadboard? Hentet 08.10 2019 fra <http://wiring.org.co/learning/tutorials/breadboard/>
- Yara. (u.d.). Hvordan fungerer Yara N-Sensor? Hentet 04.09 2019 fra <https://www.yara.no/gjoedsel/hjelpemidler-og-service/n-sensor/hvordan-fungerer-n-sensor/>