



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

## Fangvekst som klimatiltak i Norge

Egnet dyrkingsareal, potensiale for klimagassbesparelse, kostnader, barrierer og virkemiddel.

NIBIO RAPPORT | VOL. 6 | NR. 4 | 2020



Frederik Bøe, Ilevina Sturite, Roar Lågbu, Agnar Hegrenes og Paul Henrik Ring.  
Divisjon for miljø og naturressurser/Jord og arealbruk. Divisjon for matproduksjon og samfunn/Fôr og husdyr. Divisjon for kart og statistikk/Jordkartlegging. Divisjon for matproduksjon og samfunn/Økonomi og samfunn. Divisjon for kart og statistikk/Landbruksøkonomisk analyse.

**TITTEL/TITLE**

Fangvekster som klimatiltak i Norge

Egnet dyrkingsareal, potensiale for klimagassbesparelse, kostnader, barrierer og virkemiddel.

**FORFATTER(E)/AUTHOR(S)**

Frederik Bøe, Ievina Sturite, Roar Lågbu, Agnar Hegrenes og Paul Henrik Ring.

<b>DATO/DATE:</b>	<b>RAPPORT NR./ REPORT NO.:</b>	<b>TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:</b>	<b>PROSJEKTNR./PROJECT NO.:</b>	<b>SAKSNR./ARCHIVE NO.:</b>
31.01.2020	6/4/2020	Åpen	51307	19/00919
<b>ISBN:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:</b>	<b>ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:</b>	
978-82-17-02497-2	2464-1162	50	1	

**OPPDRAUGSGIVER/EMPLOYER:**

Landbruksdirektoratet

**KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:**

Kaja Killingland

**STIKKORD/KEYWORDS:**

Fangvekst, klimagassutslipp

Cover crop, catch crop, greenhouse gas emissions

**FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:**

Klima- jordbruk

Climate - agriculture

**SAMMENDRAG/SUMMARY:**

Denne rapporten har utredet tiltakspotensialet for fangvekster til å redusere klimagassutslipp. Se utvidet sammendrag.

**LAND/COUNTRY:**

Norge

**GODKJENT /APPROVED**

Jannes Stolte

NAVN/NAME

**PROSJEKTLÉDER /PROJECT LEADER**

Frederik Bøe

NAVN/NAME

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Forord

Denne rapporten har på oppdrag fra Landbruksdirektoratet utredet fangvekster som klimatiltak til Klimakur 2030 vedrørende Jordbrukssektoren, og jordbruksarealer under LULUCF (Skog og annen arealbruk) (Se bestilling nedenfor). Bakgrunnen for oppdraget er behov for oppdatert kunnskap i forbindelse med felles oppfyllelse av klimaforpliktelsen for 2030 sammen med EU, der det er et mål at også ikke-kvotepfiktige sektorer skal redusere klimagassutslippene. Rapporten inkluderer en analyse av potensialet for økt karbonbinding i jordbruksjord og dermed utslippsbesparelse basert på et anslag for økt areal med dyrking av fangvekster. Det er knyttet betydelige usikkerheter til estimater brukt i utredningen og det understrekes at det er nødvendig med forbedret kunnskapsgrunnlag, hovedsakelig på langtidsstudier gjennomført i Norge.

Landbruksdirektoratet bestilling:

*«For å nærmere kunne si noe om potensialet for fangvekster som klimatiltak i Norge, har vi behov for en analyse av hva slags arealer og i hvilket omfang det er aktuelt/mulig å dyrke fangvekster i Norge. Ut i fra dette, er det ønskelig med kvantifisering av både potensial for binding av karbon og redusert lystgassutslipp. Samtidig er det ønskelig med en vurdering av hvilke arter og sorter av vekster med størst klimaeffekt som er mest aktuelle å benytte i norsk produksjon. Dersom det er mulig innenfor tidsrammen, er det også ønskelig at det blir gjort vurderinger av praktisk gjennomførbarhet som en del av barriereanalysen. Som grunnlag for utredningen, ønsker vi at det settes tydelige definisjoner og avgrensninger for hva som er dekkvekster, fangvekster etc.*

*For at ulike typer vekster skal gi uttelling iht. Norges utslippsforpliktelse, må effekten fanges opp i det norske utslippsregnskapet. Dette oppdraget omfatter derfor også en vurdering av hvordan utslippsregnskapet kan rigges for å få dette til».*

I tillegg var det ønskelig med en gjennomgang av belgvekster som klimatiltak:

*«Dersom det er rom innenfor tidsrammen, ønsker vi at NIBIO vurderer økt bruk av kløver og andre belgvekster som tiltak for reduserte utslipp».*

Hovedforfatter av rapporten har vært Frederik Bøe. Arter og sorter av fangvekster er skrevet av Ievina Sturite og sammen med Tor Lunnan har de vurdert muligheter for å bruke mer belgvekster i eng. Detaljert jordsmonnkartlegging (en metodikk som gjør det mulig å avlede dyrkingsklassekart) gir grunnlag for å lage statistikk og kart som viser areal som er potensielt egnet for dyrking av korn. Kart og statistikk som viser dette, samt kart og statistikk for potensielle tidligkulturarealer i Vestfold, er produsert av Roar Lågbu. Kostnader (samfunnsøkonomiske og privatøkonomiske) er beregnet av Paul Henrik Ring og Agnar Hegrenes. Beregning av utslippsbesparelser, samt barrierer og virkemiddel er skrevet av Frederik Bøe. Takk til Else Villadsen ved NLR Øst for bidrag til barrierer og virkemiddel. Lillian Øygarden har kommentert rapporten og bidratt i diskusjoner. Også andre medarbeidere i NIBIO har bidratt i diskusjoner med vurdering av fangvekst som klimatiltak.

Ås. 28.01.2020.

Frederik Bøe

# Innhold

1	Innledning.....	9
2	Materiale og metode.....	11
2.1	Arealgrunnlag.....	11
2.2	Beregning av klimagassbesparelser.....	12
2.3	Beregning av kostnader.....	13
3	Definisjoner.....	16
4	Arter og sorter av fangvekster.....	18
4.1	Fangvekster i korn.....	18
4.2	Fangvekster i tidlig høstet grønnsaker og potet.....	19
5	Effekt på avling.....	22
6	Karbonbinding og lystgassutslipp.....	23
6.1	Karbonbinding i Norge.....	23
6.2	Lystgassutslipp.....	23
6.2.1	Fordeler og ulemper ved bruk av fangvekster.....	23
6.2.2	Lystgassutslipp utenom vekstsesongen.....	24
7	Egnet dyrkingsareal til fangvekster.....	25
7.1	Utvikling i kornareal.....	25
7.2	Areal med planert jord.....	25
7.3	Bruk av fangvekster i korn- og grønnsaksproduksjon.....	26
7.4	Egnehetsareal for bruk av fangvekster i kornproduksjon.....	27
7.5	Grønnsaksproduksjon.....	32
7.5.1	Erfaringer og muligheter.....	32
7.5.2	Egnehetsareal for bruk av fangvekster i tidligkulturer i Vestfold.....	32
8	Potensiale for klimagassbesparelser og kostnader.....	35
8.1	Beregning av klimagassbesparelser ved bruk av fangvekst i korn.....	35
8.2	Beregning av kostnader ved bruk av fangvekster.....	37
8.3	Tiltakspotensial.....	38
9	Barrierer, virkemiddel og praktisk gjennomførbarhet.....	39
9.1	Forbedringer for å fange opp effekten av fangvekster som klimatiltak.....	42
10	Belgvekster som klimatiltak.....	43
10.1	Fordeler og ulemper ved bruk av belgvekster.....	43
10.2	Engbelgvekster og nitrogenfiksering.....	43
10.3	Belgvekster, redusert gjødslingsnivå og lystgassutslipp i vekstsesongen.....	44
11	Oppsummering.....	45
	Referanser.....	46
	Tabellvedlegg.....	50

# Sammendrag

Denne rapporten er utarbeidet på oppdrag for Landbruksdirektoratet til Klimakur2030. Rapporten omhandler utredning av fangvekster som klimatiltak. Utredningen inkluderer en vurdering av hvilke områder og arealer som er egnet til å dyrke fangvekster og i hvilke områder fangvekster kan ha best effekt. Det er produsert fylkesvis arealstatistikk for potensielle korndyrkingsarealer basert på det detaljert jordsmonnkartlagte arealet av fulldyrka og overflatedyrka jord. Den nye arealstatistikken er brukt for å estimere det totale potensialet for dyrking av fangvekster i korn. Det er også laget arealstatistikk for dyrking av fangvekster etter høsting av tidligkulturer som grønnsaker og poteter i Vestfold. Basert på arealer egnet for dyrking, samt anslått gjennomføringsgrad er det vurdert muligheter for utslippsbesparelser gjennom karbonbinding i jordbruksjord og lystgassutslipp med hovedvekt på perioden 2021-2030. Det er også gjort kostnadsberegninger, både privatøkonomisk og samfunnsøkonomisk for ulike dyrkingsmetoder av fangvekster. Videre er det gjort vurderinger av aktuelle arter av fangvekster som er passende og aktuelle for det norske klimaet. Det er lite kunnskap om hvilke arter som gir best karbonlagring for norske forhold. I rapporten er det gitt oversikter over og avgrenset hva som skiller de ulike begrepene fangvekster, dekkvekster, underkultur og grønnmjødsling fra hverandre.

I denne utredningen har vi valgt å bruke begrepet fangvekster ved omtale om karbonbinding. Begrepsvalget er basert på fangvekstenes sine mangfoldige økosystemstjenester som inkluderer i tillegg til fangst av nitrogen og fosfor, også fangst av karbon via fotosyntesen. Fangvekster er også det begrepet som er mest brukt blant korndyrkere.

Barrierer for å øke arealet med fangvekster, samt vurdering av aktuelle virkemiddel er inkludert. Til slutt er muligheten for økt bruk av belgvekster i eng vurdert.

## **Egnet fangvekstareal:**

Det er størst potensiale for å så fangvekster i korn (større arealomfang) sammenlignet med fangvekster i grønnsaksområder. I teorien kan fangvekster dyrkes på alt areal som er egnet for korndyrking. I dag er 50,5 % av det fulldyrka og overflatedyrka arealet i Norge detaljert jordsmonnkartlagt og det er i hovedsak kornområdene i Norge som er detaljert jordsmonnkartlagt. Av dette arealet er 89,6 % (ca. 4,1 millioner daa) potensielt egnet for korndyrking, basert på nedbørsbaserte dyrkingsklasser for korn (<https://kilden.nibio.no>). Dyrkingsklassene er basert på en gammel modell. Jordsmonnkartleggingen er ikke landsdekkende. Dette gjør at det er knyttet usikkerhet til tallgrunnlaget for det potensielle korndyrkingsarealet. En ny modell for dyrkingsklasser av korn er under utarbeiding. Denne modellen vil ta i bruk mer detaljerte meteorologiske data og en bedre modellering av den fenologiske utviklingen av korn. Den nye modellen vil kunne gi et bedre grunnlag for å si noe om det potensielle korndyrkingsarealet, i de delene av landet som er jordsmonnkartlagt.

Potensielt korndyrkingsareal er, på bakgrunn av kartlegging og metodikk angitt over, 4,1 millioner daa, som er mer enn 1 million daa større enn dagens areal som brukes til korn- og oljevekster. Til sammenligning var det totale kornarealet på sitt høyeste i 1991 med om lag 3,7 mill daa (Stabbetorp, 2018). Areal med høstkorn og areal med eng i vekstskiftet begrenser det tilgjengelige fangvekstarealet. De siste ti årene (2007-2017) har andelen høstkorn vært om lag 9 % av kornarealet. Selv om det teoretiske arealet egnet for fangvekster er høyt vil den aktuelle karbonlagringseffekten, i tillegg til arealomfanget, variere avhengig av biomassen til fangvekstene, opprinnelig karbonnivå i jorda, samt antall år med bruk av fangvekster. Best effekt vil en ha på åpen åker og på jord med lavt karboninnhold. Jord uten plantedekke/jordarbeiding om høsten var 1 million daa i 2010. Videre utgjør jord i klassen planert jord, som har et lavt karboninnhold, om lag 500 000 daa.

Det er i beregningene benyttet en gjennomføringsgrad på 20 % av alt areal som er potensielt egnet for korndyrking (4,1 mill daa) innen 2030. Dette tilsvarer et økt fangvekstareal på om lag 800 000 daa i 2030 fra dagens nivå (om lag 20 000 daa). Dette er den samme prosentvise gjennomføringsgraden av

det totale kornarealet som benyttet i Bardalen m.fl. (2018), men arealet er om lag 250 000 daa større ettersom vi legger til grunn at det teoretiske arealet for korndyrking er større. Fangvekstareal på om lag 800 000, tilsvarer 29 % av dagens kornareal på 2,8 mill daa. Et økt fangvekstareal på om lag 800 000 daa er litt over det dobbelte sammenlignet med da fangvekstarealet var på sitt største i 2002 (om lag 350 000 daa). Det er antatt at dette arealet kan oppnås gjennom blant annet bruk av tilskuddssatser og informasjonskampanjer. Det er ikke beregnet maks potensial for areal med fangvekster da det er lagt vekt på tiltaksgjennomføring i perioden 2021-2030. Dersom det tas i bruk fangvekster på et større areal eller tidligere i tiltaksperioden vil beregnede effekter øke.

I fylkene Trøndelag, Viken, Vestfold og Telemark vil tilsåing av fangvekster i korn over flere år kunne ha særlig god karbonlagringseffekt på det estimerte planerte arealet 450 000 daa.

Det kan også tenkes at fangvekster vil kunne ha en klimaeffekt på arealer med et mindre karbonlagringspotensial da fangvekster reduserer næringsstoffavrenning og dermed kan redusere lystgassutslipp fra avrenning. Utslipp direkte fra plantene kan motvirke denne effekten.

Kart som viser egnethet for grønnsaksdyrking er kun utarbeidet for Vestfold fylke. Det er derfor bare for Vestfold fylke det er utarbeidet oversikter og kart for arealer med potensielle tidligkulturer i denne rapporten. Det er mest aktuelt å så fangvekster etter tidligkulturer og mindre aktuelt i kulturer som høstes sent. Dette er grunnet klimatiske begrensninger. Av det jordsmonnkartlagte arealet i Vestfold er 112 139 daa potensielt egnet til dyrking av tidligkulturer. Det antas derfor at dette arealet også er egnet til å dyrke fangvekster etter høsting. I Vestfold er det særlig aktuelt å dyrke fangvekster langs kysten og langs elven Lågen fra Larviksfjorden i sør til Virgenes.

### **Utslippsreduksjoner:**

Det er gjort beregninger av karbonbinding, netto lystgassutslipp og utslipp grunnet merarbeid som følge av ekstra arbeidsoperasjoner. For karbonbinding er det benyttet et lavere estimat (24 kg/daa/år) enn i tidligere utredning (32 kg/daa/år) som i for eksempel Bardalen m.fl. (2018). Det er benyttet resultater fra en meta-analyse med forsøk på både grasarter og belgvekster av Poeplau & Don (2015) til sammenligning med en studie på kun flerårig raigras av Poeplau m.fl. (2015). Det er her benyttet meta-analysen fordi den også inkluderer belgvekster. Årlig karbonbinding ved bruk av fangvekst ble beregnet til  $32 \pm 8$  kg/daa/år. Ettersom estimatet inkluderer flere land med andre klimaforhold enn i Norge, benyttes det laveste estimatet 24 kg/daa/år (av  $32 \text{ kg/daa/år} - 8 \text{ kg/daa/år}$ ). For beregning av direkte lystgassutslipp er det benyttet en dansk studie med blanding av raigras og belgvekster (utslippsfaktor -1,6 kg CO<sub>2</sub>-e/daa). Beregning av lystgassutslipp fra avrenning er basert på reduksjon i nitrogenavrenning på 2 kg/daa/år fra Aronsson m.fl. (2016).

Det er beregnet at i gjennomsnitt per år kan 44 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter reduseres i perioden 2021-2030 ved gradvis økning av fangvekstarealet til 20 % av det teoretiske potensielle arealet egnet for korndyrking (4,1 millioner daa). Dette tilsvarer et økt fangvekstareal på om lag 800 000 daa, som er 29 % av dagens kornareal på 2,8 millioner daa. Med full gjennomføring i 2030 er det vesentlig høyere årlig bidrag (74 000 CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2030). I intensjonsavtalen, inngått mellom regjeringen og bondeorganisasjonene er det et mål om å redusere klimagassutslippene fra jordbruket med 5 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i perioden 2021-2030. Basert på beregningene i rapporten, så utgjør klimabidraget fra fangvekster 8,8 % av utslippsmålet for perioden (0,44 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter).

På grunn av manglende studier av klimaeffekter av fangvekster, samt av ulike dyrkingsmetoder i Norden er det benyttet samme utslippsfaktorer for både undersådde fangvekster og fangvekster sådd like før tresking. Karbonlagringseffekten er avhengig av at det etableres et godt plantedekke. Som følge av en avkortet vekstperiode er det i praksis vanskeligere å dyrke fangvekster som sås sent om sommeren/høsten enn om våren. Dersom det ikke produseres tilstrekkelig med biomasse reduseres karbonlagringseffekten.

## **Kostnader:**

Kostnader for tilsåing av fangvekster avhenger av metoden som brukes ved såing. Fangvekster i korn som sås samtidig med kornet (undersådd) kan ofte ha en større avlingsreduksjon enn fangvekster som sås like før høsting av kornet eller like etter. Ved såing av undersådde fangvekster brukes ofte billigere frø som raigras eller raigras i blanding med belgvekster. Investeringskostnadene er noe høyere for undersådde fangvekster da en må investere i såfrøaggregat som påmonteres såmaskinen. Ved såing like før eller etter høsting kan sentrifugalspreder og såmaskin brukes, noe kornprodusenten ofte har selv eller kan leie. Frøkostnadene er høyere for denne metoden dersom en bruker blandinger av flere arter. Kostnadene for undersådde fangvekster er beregnet til om lag 105 kr/daa inkludert en estimert avlingsreduksjon på 3 %. I tillegg kommer investeringskostnader. For fangvekster sådd like før tresking er kostnadene beregnet til 165 kr/daa med en avlingsreduksjon på 1%. Høy såmengde, samt høye såfrøkostnader er hovedårsaken til forskjellen.

For bruk av fangvekster i grønnsaksområder er kostnadene beregnet til 245 kr/daa også her grunnet høye såkostnader og høy såmengde.

## **Tiltakskostnad:**

Kostnaden for tiltaket er beregnet til 1179 kr/tonn redusert CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for perioden 2021-2030 med en økning av arealet på om lag 800 000 daa i 2030. Det er forutsatt undersådde fangvekster på 40 % og fangvekster sådd like før høsting (tresking) på 60 % av fangvekstarealet. Fordelingen er usikker og er basert på oppfatningen til såvare selgere. Dersom en antar at hele fangvekstarealet blir undersådd er tiltakskostnaden lavere (963 kr/tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter redusert). Dersom vi antar at hele arealet blir sådd med fangvekster like før høsting av kornet (tresking) er kostnaden beregnet til 1324 kr/tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Til tross for lavere antatt avlingsreduksjon for dyrking av fangvekster like før tresking (antatt 1 %) sammenlignet med undersådde fangvekster (antatt 3%), er tiltakskostnaden for dyrking av fangvekster like før tresking høyere enn for undersådde fangvekster. Dette skyldes høye frøkostnader, samt høy såmengde for frøblandingen brukt. Det er benyttet samme utslippsfaktorer for alle metodene bortsett fra merutslipp fra ekstra arbeidsoperasjoner ved såing av fangvekster like før tresking.

For kornprodusenten er det antatt et tilskudd på 130 kr/daa i alle områder. Med denne satsen og med samme 40/60 praksis blir kostnaden om lag 59 millioner kr. Dersom alt areal blir undersådd er kostnaden beregnet til om lag -29 millioner kr. For fangvekster dyrket like før tresking er kostnaden om lag 118 millioner kr.

## **Barrierer og virkemiddel:**

Kostnad og tilgang på såfrø kan begrense omfanget av fangvekster – særlig dersom en skal benytte andre blandinger med høyere såmengder enn raigras. Dersom en sår raigras sammen med kornet med en antatt avlingsnedgang på 3 %, kan tilskuddsnivået (130 kr/daa) være dekkende. Med bruk av fangvekster over tid kan avlingsreduksjonen bli mindre. Merarbeid ved såing av fangvekster kan også være et hinder for at kornprodusenten tar i bruk fangvekster. Videre trengs det mer kunnskap og formidling om både agronomisk dyrkingspraksis, samt langtidsstudier på effekten av karbonbinding, lystgassutslipp og aktuelle vekster.

Tiltak som kan settes inn er økonomiske insentiver som tilskudd, samt videre forskning og dokumentasjon og formidling i rette informasjonskanaler.

I rapport fra Teknisk beregningsutvalg for klimagassutslipp i jordbruket (TBU) i 2019 er det tidligere vurdert hvordan en kan fange opp effekten av fangvekster som klimatilnær. Utvalget pekte på en mulig Tier 3 metodikk for endringer av karbon i mineraljord. Utvalget pekte videre på at metodikken først kan implementeres med tilstrekkelig datagrunnlag. Det er ikke gjort ytterligere vurderinger i denne rapporten.

Det er knyttet betydelige usikkerheter til estimater brukt i utredningen. Det er nødvendig med forbedret kunnskapsgrunnlag når det gjelder fangvekstenes karbonlagringseffekt, samt virkning på lystgassutslipp. Videre forskning på både aktuelle arter og dyrkingsmetoder vil være en forutsetning for bedre vurdering av klimaeffekten.



# 1 Innledning

Fangvekster er tradisjonelt sett på som et vannmiljøtiltak. Fangvekster tar opp nitrogen og fosfor og reduserer dermed risiko for tap fra utvasking og avrenning. Samtidig blir jorda beskyttet om høsten og vinteren mot jord- og fosfortap (Reeves, 1994). De største tapene av jord og næringsstoffer til vann er målt fra åpen åkerarealer med korn og grønnsaksvekster i Norge (Bechmann m.fl. 2017). En sammenstilling av hovedsakelig nordiske studier på ulike effekter ved bruk av fangvekster er tidligere rapportert i Bøe m.fl. (2019).

Forsøk fra andre land viser at fangvekster kan være et tiltak for å kompensere for utslippene fra jordbruket ved å øke karbonbindingen i jordbruksjord (Lal, 2004; Poeplau & Don, 2015; Kaye & Quemada, 2017). Fangvekster **binder karbon fra atmosfæren** ved å tilføre økt biomasse til jorda og det er særlig røttene som er viktige. Rasse m.fl. (2019) påpeker i utredningsrapporten "Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord" at fangvekster kan øke karboninnholdet i jorda betydelig i områder med mye åpen åker, og særlig i jord der det i utgangspunktet er et lavt karboninnhold (< 3 %). I dag blir fangvekster brukt på om lag 0,8 % av kornarealet og potensialet for å øke omfanget av fangvekster er dermed stort. I denne rapporten er det et mål om å undersøke og vurdere areal egnet for fangvekster og gjennomføringsgrad. Det er i denne rapporten vurdert at areal egnet for korndyrking også er egnet for bruk av fangvekster. Omfanget av arealet som faktisk blir brukt til fangvekster er derfor avgjørende for effektene. Bøe m.fl. (2019) anslo at 0,2 Mt CO<sub>2</sub>-ekvivalenter kan reduseres årlig ved en økning av fangvekstarealet til 60 % av det totale kornarealet. En økning til 60 % av det totale kornarealet innen 2030 er antatt for optimistisk. En økning til 20 % av kornarealet innen 2030 antas mer realistisk og er benyttet for analyser i denne rapporten.

Arealer med potet- og tidliggrønnsaker er små sammenlignet med kornarealer. Likevel kan bruk av fangvekster i egnede områder være et godt tiltak da slike arealer gjerne har høye nitrogentap. Forsøksringen i Vestfold etablerte i 2008 to demonstrasjonsfelt – ett i poteter og ett i gulrot. Forsøket har ingen gjentak og gir dermed bare en pekepinn. Planter sådd etter tidlig høstete grønnsaker tok opp næringsstoffer og hadde biomasseproduksjon utover høsten som videre kan påvirke karbonlagringen i jorda. Her er det også potensiale til å bruke fangvekster.

Bruk av fangvekster kan resultere i økte **lystgassutslipp** (N<sub>2</sub>O), særlig i et klima hvor vinteren er lang. Tidligere forsøk har vist at to-årig raigras og hvitkløver holder dårlig på nitrogen og fosfor i overjordisk biomasse gjennom vinteren (Sturite m.fl., 2007). Nitrogen fra lett nedbrytbart bladmateriale kan transporteres videre via overflateavrenning eller tapes som lystgass (Sturite m.fl., 2014a). Lystgass er en kraftig klimagass med et oppvarmingspotensial ca. 300 ganger sterkere enn CO<sub>2</sub>. Utslipp av lystgass fra jord skjer gjennom nitrifiserende og denitrifiserende prosesser i jorda. Utenlandske studier viser at fangvekster både kan øke og redusere lystgassutslipp avhengig av klima, jordbrukspraksis og valg av art og sort (Basche m.fl., 2014).

Det er gjort lite forskning av hvilke arter og sorter av fangvekster som er best egnet under norske forhold. Det finnes studier på arter/sorter som er testet ut og brukt som fangvekster i andre land, men overføringspotensialet er uklart på grunn av manglende kunnskap under norske klimaforhold. Forsøk av Moltenberg m.fl. (2004) har vist at flerårig raigras har egenskaper som er passende for det norske klimaet. Arten er vinterherdig og vokser selv ved forholdsvis lave temperaturer. Den påvirker avlingen av hovedkulturen lite der avlingsreduksjonen vanligvis er på mindre enn 3% ved såmengde 0,7 til 1,0 kg/daa.

Rasse m.fl. (2019) antyder at fangvekster trolig er den sikreste og letteste måten å øke karbonlagring i norsk landbruksjord. Både implementering og forskning på hvilke plantearter, sorter og drift som er best tilpasset norske forhold bør prioriteres. Det er også behov for å dokumentere kostnadene ved bruk av fangvekster.

Målet med denne utredningsrapporten er å vurdere potensialet for bruk av fangvekster som klimatilnær i Norge. Til hjelp for disse vurderingene er det utarbeidet kart som viser potensielle korndyrkingsarealer for de områdene som er jordsmonnkartlagt med detaljert metodikk. Dette er gjort for fylker hvor over 10 % av det fulldyrka og overflatedyrka arealet er detaljert jordsmonnkartlagt. Potensialet for dyrking av tidligkulturer er estimert for Vestfold (kart som viser egnethet for grønnsakdyrking i andre jordsmonnkartlagte deler av landet er under utarbeidelse). Basert på oversikten over potensielt egnet areal har vi kvantifisert både potensial for binding av karbon og redusert lystgassutslipp. Samtidig har vi beskrevet hvilke arter og sorter av vekster som kan være aktuelle å benytte i norsk produksjon som fangvekster. Vurderinger av praktisk gjennomførbarhet som en del av barriereanalysen er også gjort. Vi har definert og avgrenset begrepsbruken for fangvekster, dekkvekster, underkultur og grønn gjødsling. Beregning av samfunnsøkonomiske og privatøkonomiske kostnader ved bruk av fangvekster er inkludert.

## 2 Materiale og metode

Utredningen er basert på tidligere NIBIO rapporter og litteraturstudier hovedsakelig fra Norge og Sverige.

Beregningene i rapporten er gjennomført hovedsakelig på fangvekster i korn med studier på både fangvekster av gras, samt belgvekster. Basert på nytt arealgrunnlag er det beregnet nye estimat for areal som er egnet for fangvekster. Det er beregnet potensiale for reduksjon av klimagasser og binding av karbon. Utslippsbesparelser og kostnader er beregnet for tiltaksperioden 2021-2030. De estimat som er benyttet for beregning av karbonbinding og lystgassutslipp i denne rapporten avviker noe fra verdier brukt i tidligere rapport: «*Utslippsreduksjoner i norsk jordbruk. Kunnskapsstatus og tiltaksmuligheter*» (Bardalen m.fl., 2018). Dette skyldes at denne utredningen også inkluderer studier av belgvekster, og ikke bare flerårig raigras.

Historisk utvikling av areal med fangvekster tyder på at arealomfanget med fangvekster henger sammen med tilskuddssatser. Da tilskuddet var på sitt høyeste, økte areal sådd med fangvekster fra ca. 34 000 daa i 1999 til ca. 350 000 daa i 2002, men da også med betydelige økte tilskuddssatser. I 2017 var fangvekstarealet nede på rundt 24 000 daa. Vi antar at over en tiårs periode, så kan fangvekstarealet øke til ca. 800 000 daa – litt over det dobbelte av arealet i 2002 gjennom blant annet økt kunnskap om dyrkingsmetoder, samt tilskuddsordningen (se kapittel 9).

For beregning av utslippseffekter og kostnader er det brukt tiltakets levetid. For fangvekster er tiltakets levetid satt ut ifra levetiden til såfrøaggregat. Vi har valgt at det siste såfrøaggregatet er anskaffet i 2030 og har dermed effekt til 2054. I 2054 er det slutt på effekten av investeringene i 2030. Da må en enten investere i nye såfrøaggregat eller så må en regne at det ikke lenger er effekt av tiltaket.

Det er beregnet kostnader for flere metoder av å så fangvekster. En har derimot ikke hatt tilstrekkelig tallgrunnlag til å kunne differensiere mellom de ulike dyrkingsmetodene ved beregning av utslippsbesparelser. Miljødirektoratets veileder for utredning av klimatiltak (versjon juli 2019) er benyttet for beregning av tiltakskostnad, samt i analysen av barrierer og virkemiddel.

### 2.1 Arealgrunnlag

NIBIOs divisjon for Kart og statistikk har utarbeidet kart som viser dyrkingsklasser for korn (<https://kilden.nibio.no>) for detaljert jordsmonnkartlagt areal (50,5 % av landets fulldyrka og overflatedyrka areal, hovedsakelig i landets kornområder). I tillegg eksisterer kart som viser egnethet for dyrking av tidligkulturer i Vestfold fylke. Dette kartet er ikke landsdekkende, og gir ikke nasjonale tall. Det er derfor bare gjort beregninger for dyrking av fangvekster på kornareal.

De eksisterende dyrkingsklassekartene er basert på gamle modeller og vil bli erstattet med modeller som er mer detaljerte, både med hensyn til den fenologiske utviklingen i korn og meteorologiske data som inngår. Det er en viss usikkerhet knyttet til bruk av de gamle modellene. Potensielt korndyrkingsareal (av detaljert jordsmonnkartlagt areal) er fremskaffet ved å summere de arealene som i kartet Dyrkingsklasse korn (nedbørsbasert) havner i klassene svært godt egnet, godt egnet og egnet. I utarbeidelse av tallene i tabell 6 ble to kommuner (Lunner og Jevnaker) plassert i Innlandet fylket, mens de skulle ha vært plassert i Viken fylke. Videre ble Svelvik kommune plassert i Vestfold og Telemark fylke, mens den skulle vært plassert i Viken fylke. Tallene i denne tabellen avviker derfor noe fra de faktiske tallene for disse tre fylkene.

Om lag 4,1 mill daa (4 110 172 daa) av det detaljerte jordsmonnkartlagte arealet er vurdert som potensielt korndyrkingsareal. Dette arealet er høyere enn det korndyrkingsarealet som blir brukt i dag (ca. 2,8 mill daa i 2018). Gjennomsnittlig høstkornareal i % av det totale kornarealet de siste ti årene er hentet fra SSB (~ 9%). Dette gir potensiale til å dyrke fangvekster på ca. 3,4 mill daa (3 399 112 daa). Dette er ansett å være et svært stort areal. Vi har derfor valgt gjennomføringsgrad på 20 % av det

potensielt egnede kornarealet (4,1 millioner daa) i 2030. Dette tilsvarer om lag 800 000 daa eller en 1/3 av arealet der det faktisk dyrkes vårkorn (eller 29 % av dagens kornareal på 2,8 mill daa). Tilsvarende prosentvis gjennomføringsgrad er brukt i Bardalen m.fl. (2018). I Bardalen m.fl. (2018) utgjorde dette arealet om lag 560 000 daa av det faktiske kornarealet på om lag 2,8 millioner daa. Vi antar at med et høyere potensial for korndyrking så er det også et høyere potensial for dyrking av fangvekster. Denne utredningen har ikke vurdert hva som skal til for å utnytte det potensielle arealet egnet for korn til økt korndyrking. Vi har antatt en lineær økning på om lag 73 000 daa hvert år frem til 2030. Dersom omfanget av areal med fangvekster øker raskere enn forutsatt i våre beregninger vil også effekten på klimagassbesparelser øke.

## 2.2 Beregning av klimagassbesparelser

### Karbonbinding

Resultater fra en meta-analyse av Poeplau & Don (2015) ble benyttet for beregning av CO<sub>2</sub>-e besparelser som følge av økt karbonbinding. Studien inkluderer 37 studieområder med forsøk av både grasarter og belgvekster. Meta-analysen inkluderte land som Canada og Sverige. Årlig karbonbinding ved bruk av fangvekst ble beregnet til  $32 \pm 8$  kg/daa/år. Tilsvarende karbonbinding ble rapportert i en svensk studie av Poeplau m.fl. (2015) for flerårig raigras. Det er her benyttet meta-analysen for også å inkludere belgvekster. Ettersom estimatet inkluderer flere land enn bare Sverige benyttes laveste estimat 24 kg/daa/år (av  $32$  kg/daa/år –  $8$  kg/daa/år). For hvert kg karbon som lagres i jorda reduseres 3,66 kg CO<sub>2</sub>-ekvivalenter fra atmosfæren. Dette tilsvarer  $24$  kg/daa \*  $3,66 = 88$  kg CO<sub>2</sub>-e/daa.

Det er usikkerheter knyttet til hvor lenge karbonet lagres i jordaggregatene over tid. I realiteten vil en nå et metningspunkt som betyr at årlig karbonbinding vil avta over tid. Det antas at årlig karbonlagring i tiltaksperioden ikke avtar. Det er heller ikke tatt hensyn til stedsspesifikke variasjoner som opprinnelig karboninnhold i jorda.

### Lystgassutslipp

Estimat av direkte utslipp av lystgass baserer seg på et dansk forsøk fra Li m.fl. (2015). Utslipp fra areal sådd med en blanding av raigras og kløver sammenlignes med areal i stubb. Årlig lystgassutslipp fra blandingen av raigras og kløver var 83,5 g N<sub>2</sub>O-N/daa. Omregnet fra lystgass-N til lystgass gir:  $44/28 * 83,5$  g N<sub>2</sub>O-N/daa = 131 g N<sub>2</sub>O/daa. Til sammenligning ga areal i stubb, lystgasstap på 126 g N<sub>2</sub>O/daa. Dette gir økte tap der fangvekster av gras og belgvekster blir benyttet sammenlignet med areal i stubb:  $5,3$  g N<sub>2</sub>O/daa \*  $298 = -1,6$  kg CO<sub>2</sub>-e/daa.

Besparelse (reduksjon) av indirekte lystgassutslipp er basert på et estimat om redusert avrenningstap på 2 kg N/daa som følge av bruk av fangvekster som er basert på 11 studier på utvasking av nitrogen i de nordiske landene. Aronsson m.fl. (2016) rapporterte at fangvekster i korn reduserte utvasking av nitrogen med 48 % i snitt (om lag 2 kg/daa pr. år). For indirekte lystgassutslipp i avrenning er det benyttet utslippsfaktor 0,0075 (IPCC, 2006). Dette gir lystgassbesparelse tilsvarende  $2$  kg N/daa \*  $0,0075 = 0,015$  kg N<sub>2</sub>O-N som omregnet blir  $0,015$  kg N<sub>2</sub>O-N \*  $44/28 = 0,024$  kg N<sub>2</sub>O. Dette tilsvarer  $0,024$  kg N<sub>2</sub>O \*  $298 = 7$  kg CO<sub>2</sub>-e/daa. Estimater kan være noe høyt. Kaye & Quemada (2017) brukte 3 og 0 kg CO<sub>2</sub>-e/daa/år for henholdsvis gras og belgvekster. Dersom innslag av belgvekster i fangvekstblandinger inkluderes kan muligens gjødslingsnivået reduseres og dermed også lystgassutslippene reduseres.

### Klimagassutslipp (CO<sub>2</sub>) ved arbeidsoperasjoner

Avhengig av praksis kan utslippene variere noe avhengig av om man sår fangvekster sammen med kornet om våren (undersådd) eller like før eller like etter tresking. Innsåing av fangvekster ved tresking av kornet eller etter høsting av grønnsaker krever en ekstra arbeidsoperasjon og utslippene fra drivstoffbruk vil kunne være noe høyere enn dersom man ikke sådde fangvekster. Det krever gjerne enda en ekstra arbeidsoperasjon for å fjerne fangveksten igjen før neste vekstsesong. Dette kan gjøres enten ved plantevernbehandling eller ved å pløye ned veksten. I beregningene er det inkludert

merutslipp som følge en ekstra kjøring med åkersprøyting på hele arealet, samt en ekstra kjøring for såing av fangvekster på 60 % av arealet. Med undersådde fangvekster blir det ikke merarbeid da frøene kan sås samtidig med kornet. Det er benyttet utslippsfaktor 2,66 kg CO<sub>2</sub>/liter (Miljødirektoratet, 2019) med dieselforbruk 0,15 l/daa. Tabell 1 viser klimaeffekten ved bruk av fangvekster beregnet i utredningen, samt tallestimat benyttet i beregningene.

**Tabell 1. Faktorer benyttet i beregningene av prosesser som bidrar til reduksjon eller økning i klimagasser som følge av bruk av fangvekster. Positive verdier representerer reduserte bidrag.**

Prosess	CO <sub>2</sub> -ekvivalenter (kg/daa/år)	Variasjon	Kilde
<b>Arbeidsoperasjoner (terminering med glyfosat)</b>	- 0,4	Praksis: Fangvekster sådd etter tidligkulturer eller sådd ved høsting krever gjerne en ekstra arbeidsoperasjon. Benyttet utslippsfaktor 2,66 kg CO <sub>2</sub> /liter. Dieselforbruk 0,15 l/daa.	Miljødirektoratet, 2019.
<b>Karbonlagring</b>	117 ± 29	Stedsspesifikke variasjoner, samt artsvalg og antall år med fangvekster. Det er benyttet 24 kg/daa/år * (44/12) = 88 CO <sub>2</sub> -e i beregningene.	Poeplau & Don (2015)
<b>Direkte lystgassutslipp</b>	6 (-1,6, 13,7)	Valg av fangvekst. Utslipp kan både økes (-) og reduseres. Raigras reduserte utslippene sammenlignet med areal i stubb, mens en blanding av raigras og rødkløver økte utslippene. Forsøket ble utført i Danmark og det er dermed benyttet høyeste utslippstall (-1,6).	Li m.fl. (2015)
<b>Indirekte lystgassutslipp</b>	7	Avhenger av fangvekstens opptak av nitrogen og dermed redusert nitrogenkonsentrasjon i avrenningsvannet. Det er benyttet IPCC utslippsfaktor 0,0075 for spart lystgass utslipp i avrenning. Estimater er usikkert.	Aronsson m.fl. (2016); Bøe m.fl. (2019)

## 2.3 Beregning av kostnader

Det finnes flere metoder å så fangvekster på. I tillegg til å så fangvekster sammen med kornet eller samtidig med ugrasharving kan fangvekster sås ved høsting av kornet. Det er beregnet kostnader for to dyrkingsmetoder av fangvekster i korn: undersådd og sådd like før høsting. Det ble antatt at fangvekster blir undersådd på 40 % av arealet, mens på 60 % blir fangvekster sådd rundt høsting. Fordeling er basert på såvare selgere sin oppfatning og er svært usikker. For å beregne tiltakskostnad er det beregnet kostnader for undersådde fangvekster i korn på 40 % av arealet med gras og kløver. Det er brukt gjennomsnittskostnad av raigras, samt for blanding av raigras med 15 % hvitkløver i beregningene. I beregningene er det antatt at fangvekster sås like før høsting av kornet eller like etter på 60 % av fangvekstarealet. Det er benyttet en blanding levert av Strand Unikorn AS i beregningene. Tabell 2 viser forutsetninger for kostnadsberegninger.

### **Undersådde fangvekster:**

For undersådde fangvekster brukes det vanligvis flerårig raigras alene eller i blanding med hvitkløver. Det er antatt et årlig sådd areal på 300 dekar pr. maskin. Vi har antatt at såaggregat har en levetid på 25 år. Det betyr at aggregat som blir innkjøpt i 2020 har en effekt til og med 2044. De siste såfrøaggregatene er innkjøpte i 2030 og har en effekt til og med 2054. Det fins to ulike metoder der fangvekster sås som kombinert arbeidsmetode med kornet:

Metode 1: Så fangvekster samtidig med kornet, såmaskinen har da påmontert eget såfrøaggregat.

Metode 2: Så fangvekster samtidig med ugrasharving, ugrasharva må ha påmontert eget såfrøaggregat.

### **Fangvekster (ettervekster) såing i korn like før eller etter høsting:**

Her brukes en blanding av for eksempel vikker, oljeredikk og honningurt m.fl. Vi regner med at alle har sentrifugalspreder som er kjøpt inn til andre formål. Det er benyttet leiekjøringspriser som er et lavt prissatt alternativ. Metodene krever en egen arbeidsoperasjon. Det er ikke benyttet metode 4 i beregninger for privatøkonomisk kostnad da metoden er ansett være mindre brukt.

Metode 3: Så fangvekster med sentrifugalspreder 1-2 uker før høsting av kornet.

Metode 4: Så fangvekster med såmaskin etter høsting av kornet. Denne metoden er ikke tilskuddsberettiget.

### **Fangvekster sådd etter høsting av tidlig kulturer av poteter og grønnsaker:**

I tidligkulturer (grønnsaker og potet) sås fangvekstene etter høsting. Her brukes en blanding av for eksempel vikker, oljeredikk, honningurt, blodkløver og havre m.fl. Det er ulike metoder for å så fangvekstene. En kan bruke såfrøaggregat påmontert ugrasharv eller såmaskin. En kan også spre frøene med sentrifugalspreder og harve de ned. Metoden krever å så fangvekstene i en egen arbeidsoperasjon. Det er bare gjort beregninger for følgende metode:

Metode 5: Så fangvekster enten ved hjelp av såmaskin eller ugrasharv med påmontert såfrøaggregat.

Tabell 2. Forutsetninger for beregning av kostnader ved å så undersådde fangvekster

<b>Undersådde fangvekster</b>	
Såfrøaggregat	30.000 kr til 35.000 kr
Brukstid	25 år
Vedlikehold	kr 300 pr år
Drivstoff	0,15 liter pr dekar 9 kr/ liter
Mer arbeid med såing av fangvekster	Timepris 300 kr/time
Raigras flerårig	35 kr/kg
Såmengde raigras	0,8 kg dekar
Raigras med 15 % hvitkløver	47 kr/kg
Såmengde Raigras med 15 % hvitkløver	0,8 kg dekar
Glyfosat	Pris 38 kr/liter. Mengde 300ml/dekar
Pris for åkersprøyting, inkludert arbeid og drivstoff (Brukes på 80 % av arealet, resten vårpløyes uten kjemisk behandling)	20 kr/dekar
Avlingsreduksjon 3 %	400 kg/daa 3 kr/kg
<b>Fangvekster sådd i korn like før høsting:</b>	
Leiekjøringspris. Inkludert arbeid og drivstoff.	fra 20 kr/da til 35 kr/da
Drivstoff	0,15 liter/dekar, 9 kr/liter
Frøblanding 30 % Fôrvikke, 30 % Vintervikke, 30 % Oljeredikk og 10 % honningurt, Strand Unikorn AS.	Såmengde 4 -5 kg/dekar. Pris 27 kr/kg.
Avlingsreduksjon 1%.	400kg/dekar, 3kr/kg
<b>Fangvekster sådd etter høsting av tidlig kulturer av poteter og grønnsaker:</b>	
Leiekjøringspris for ugrasharving	20 -25 kr/da.
Vi velger pris på 25 kr/dekar. De andre metodene vil være mer kostbare. Minus drivstoff.	
Drivstoff	0,20 liter/dekar, 9kr/liter
Frøblanding 44 % Lodnevikke, 20 % lt. Raigras, 18 % Honningurt og 18 % blodkløver Strand Unikorn AS (Brukes 5 kg/dekar)	Såmengde 4 -7 kg/dekar Pris 44 kr/kg

## 3 Definisjoner

Det eksisterer ingen klare avgrensinger på hva som defineres som fangvekst, dekkvekst, ettervekst og grønn gjødsling. Det generelle for alle begrepene er at en ønsker et plantedekke i perioden av året utenfor vekstsesongen. Art, sort og dyrkingspraksis (såtid, såmåte etc.) kan variere, men en vekst er ikke nødvendigvis begrenset til et begrep. Litt enkelt kan en si at formålet ved bruken av ulike gras- og belgvekster i korn- og grønnsaksdyrking bestemmer «begrepet».

### Fangvekster i Danmark og Sverige

Fangvekster heter «Fangafgrøder» i Danmark, «fånggrödar» i Sverige og som i Norge er begrepet tradisjonelt brukt om vekster som sås med det formål å fange nitrat for å redusere utvasking. I Sverige og til dels i Norge er begrepet også brukt når en omtaler veksternes andre effekter – som effekt på erosjon og ugras (Aronsson m.fl., 2012).

«Efterafgrøder» som på norsk kan oversettes til ettervekster har inngått i vannmiljøplaner i Danmark siden 1998 og bidrar til å oppfylle Nitratdirektivet. «Efterafgrøder» har som formål å redusere nitrogentap i perioden fra hovedveksten høstes til ny vekst er etablert neste år. I Danmark kan bruken av «etterafgrøder» samtidig oppfylle kravet om grønn støtte/miljøfokusområde (MFO) med det formål å forbedre biodiversiteten på landbruksarealene (<https://lbst.dk/landbrug/etterafgroeder-og-jordbearbejding/etterafgroeder/mfo-etterafgroeder/>).

Et alternativ til «etterafgrøder» i Danmark er «mellemafgrøder» som er vekster som sås før høstkorn. Vekstene skal bestå av oljereddik og/eller gul sennep. Etter mellomveksten sås det høstkorn. Plantene må sås senest 20. juli og tidligst termineres 20. september. Ellers omtales det i Danmark om «dækafgrøder» som kan oversettes til dekkvekster. Formålet her er å redusere erosjon, skadedyr med mer. Tilsvarende som i Danmark brukes uttrykket «mellomgrödar» i Sverige om vekster som sås mellom to hovedvekster.

### Fangvekster i Norge

Fangvekster er gjerne et generelt begrep som ikke omhandler såtidspunkt. For eksempel er en undersådd fangvekst i vanlig norsk praksis sådd sammen eller omtrent samtidig som hovedveksten, mens ettervekst er sådd etter høsting av tidligkulturer som poteter og grønnsaker. Fangvekster kan også sås like før eller etter høsting av korn. I Norge brukes det flere begrep i forbindelse med fangvekster.

**Underkultur:** en underkultur kan være både fangvekst, dekkvekst, ettervekst og grønn gjødsling. En underkultur sås på om lag samme tid som hovedveksten om våren. En underkultur skal ideelt ikke konkurrere med hovedveksten, men vokse for fullt og ta opp næringsstoffer først etter at hovedveksten er høstet. En underkultur kan være både gras- og belgvekster. I økologisk korndyrking er det særlig undersådd hvitkløver som brukes og der grønn gjødsling er formålet.

**Fangvekster:** (på engelsk catch crops) er tradisjonelt brukt om vekster med det formål å fange overskuddsnæring (nitrogen og fosfor) i jorda og dermed hindre forurensing av vassdrag. Samtidig som en ønsker at næringen holdes i det øverste jordlaget tilgjengelig for neste hovedvekst. I de regionale miljøprogrammene (RMP) gis det tilskudd til fangvekster under *tiltak til avrenning til vassdrag og kyst*. I veilederen for regionale miljøtilskudd og regionale miljøkrav for Oslo og Viken i 2019 gis det tilskudd til fangvekster som underkultur og fangvekster sådd etter høsting (Tabell 3). I korndyrking er særlig fangvekster av raigras (to- og flerårig) benyttet.

**Dekkevster:** er vekster som tradisjonelt har blitt brukt for å binde jorda og dermed hindre erosjon og tap av organisk materiale.

**Ettervekster («etterafgrøder» i Danmark, «mellangrøder» i Sverige):** er vekster som sås etter at hovedveksten er høstet om høsten. I praksis brukes ettervekster etter tidligkulturer som høstes



tidlig som poteter, grønnsaker og rotvekster. Plantene som velges har gjerne egenskaper som gjør at det raskt etableres et dekke før vinteren.

**Grønn gjødsling:** er bruk av planter som gjødsel. Formålet er da å tilføre jorda næring eller gjøre næringsstoffer tilgjengelig for kulturvekster. Grønn gjødsling er tradisjonelt brukt i økologisk jordbruk der nitrogenfikserende belgvekster gir ny næring til jorda. Det brukes også planter med dype rotsystem som gjør næringsstoffer fra dypere jordlag tilgjengelig for vekstene. Planter med det formål å brukes som grønn gjødsling kan dyrkes som underkultur, forkultur, mellomkultur og ettervekst. Det gis bare tilskudd til økologiske produsenter.

Tabell 3. Kategorisering av fangvekster, dekkvekster, ettervekster og grønn gjødsling etter formål, dyrkingssystem, plantesorter og tilskudd.

Kategori	Fangvekst	Ettervekst	Dekkevkt	Grønn gjødsling
Dyrkingssystem:	Korn- og grønnsaksdyrking	Mest aktuelt i grønnsaksdyrking	Korn- og grønnsaksdyrking	Økologiske dyrkingssystem
Formål:	Hindre forurensing av vassdrag	Hindre forurensing av vassdrag	Redusere erosjon	Bruk av planter som gjødsel
Plantesorter:	Gras- og belgvekster	Gras- og belgvekster	Gras- (og belgvekster), oljevekster	Fortrinnsvis belgvekster, men også grasplanter, urter
Tilskudd:	Ja (RMP)	Ja (RMP)	Ja (Definert som fangvekst i RMP)	Ja (Økologisk landbruk)

Det er relativt nytt å vurdere klimaeffekten av fangvekster, dekkvekster og ettervekster. I denne utredningen har vi valgt å bruke begrepet fangvekster ved omtale i et klimaperspektiv. Begrepsvalget er basert på fangvekstenes sine mangfoldige økosystemstjenester som inkluderer i tillegg til fangst av nitrogen og fosfor, også fangst av karbon via fotosyntesen. Begrepet er også mest brukt blant korndyrkere.

## 4 Arter og sorter av fangvekster

Det er få studier i Norge hittil som har fokus på potensialet fangvekster har for å øke innholdet av organisk karbon i jorda. Av denne grunn er det vanskelig å vurdere hvilke arter og sorter av vekster som har størst klimaeffekt (både karbonbinding og utslipp av lystgass). I vurderinger i denne rapporten er det derfor lagt vekt på at planter som vokser godt, produserer stor biomasse med godt rotsystem, har et høyt potensial for lagring av organisk karbon (Kuo m.fl., 1997; Poeplau m.fl., 2015). En kan også tenke seg at å utnytte fotosyntesen med levende planter som vokser om høsten og vinteren vil være gunstig for økt karbonlagring. Vekster som ikke dør ut tidlig om vinteren og er vinterherdige inkluderer flerårig raigras, sikori, hvitkløver og vintervikke. Slike vekster som vokser lenge kan i midlertidig føre til utsatt våronn, økt glyfosatsprøyting, samt begrense tilgjengeligheten av næringsstoffer til neste vekst. Derfor kan ettårige vekster i noen tilfeller også brukes. Eksempel på ikke-vinterherdige vekster er oljereddik, honningurt og blodkløver.

Det er behov for langtidsstudier på mer enn 10 år for å dokumentere fangvekstenes klimaeffekt. Det er derfor et stort behov for studier på arter og sorter som er best egnet under norske værforhold for å øke innholdet av karbon i jord. De aktuelle artene og sortene som er beskrevet i denne rapporten er basert på tidligere fangvekstforsøk i korn i Norge (Molteberg m.fl., 2004) og Sverige (Poeplau m.fl., 2015). For arealer med tidlig høsta grønnsaker og potet er resultat fra studier gjennomført av Norsk Landbruksrådgiving (NLR) Viken brukt (Bysveen, 2017).

### 4.1 Fangvekster i korn

Flere grasarter har blitt testet ut i forbindelse med nitrogen og fosfor opptak utover høsten, særlig *Lolium* artene: to årig- (italiensk) og flerårig raigras (engelsk). Andre grasarter som er prøvd ut i korndyrking i Norge er hundegras, timotei og engsvingel. Konklusjoner fra studiene er at det er generelt enklere å etablere et dekke av raigras fremfor hundegras, timotei og engsvingel (Molteberg m.fl., 2004). Sist nevnte arter etablerer seg noe saktere (Känkänen & Eriksson, 2007; Valand m.fl. 2017) og er mindre effektive til å vokse om høsten. Se tabellvedlegg for oversikt over arter egnet for norske forhold.

#### **Italiensk raigras (*Lolium multiflorum*):**

Italiensk raigras er toårig (vinter-ettårig) gras som produserer mye biomasse og har en aggressiv vekst. Graset vokser godt om høsten og i enkelte år overvintrer det også bra. Den nederlandske sorten "Macho" og den svenske sorten "Fredrik" ble testet under norske klimaforhold for 15 år siden. Molteberg m.fl. (2004) konkluderte at "Fredrik" er svært aktuelt å bruke til å fange opp næringsstoffer. I dag er det andre sorter på markedet. Det er behov for forskning på hvilke sorter som gir størst klimaeffekt.

#### **Engelsk raigras (*Lolium perenne*):**

Engelsk raigras (flerårig raigras) er mye brukt som fangvekst i Norden og ellers i Europa. Graset er lett å etablere og den konkurrerer lite med hovedkulturen. Som italiensk raigras, vokser den langt utover høsten, samt tar opp mye nitrogen. Planten har et tett rotsystem, overvintrer bra i sør, men kan være noe mindre vinterherdig lenger nord. Engelsk raigras ble brukt i forsøkene av Molteberg m.fl. (2004). Sortene som ble prøvd ut den gang hadde alle dansk opprinnelse. Siden har norske sorter blitt lansert på markedet, men ingen av disse er testet i forhold til klimarelaterte spørsmål.

#### **Engsvingel (*Festuca pratensis*):**

Engsvingel er vinterherdig gras som brukes mye i eng. Tilveksten utover høsten er liten og det visner ofte naturlig ned om høsten. Engsvingel har blitt testet som fangvekst i Norge (Molteberg m.fl., 2004)

og i Sverige (Aronsson m.fl., 2012). Ettersom den vokser lite utover høsten er den lite aktuell til å bruke som fangvekst i korn.

#### **Hundegras (*Dactylis glomerata*):**

Hundegras er et hurtigvoksende gras, men kan være vanskelig å etablere i korn. Graset vokser lite om høsten og som med engsvingel visner det ned om høsten (norsk sort "Apelsvoll"). I Sverige har hundegras vist like god vekst utover høsten som Engelsk raigras (Bergkvist m.fl., 2002). Hundegras har god overvintringsevne, men plantene kan danne kraftige tuer som kan overleve ved utilstrekkelig nedbryting og senere bli til ugras.

#### **Timotei (*Phleum pratense*):**

Timotei er slåttegras med god overvintringsevne. Timotei er enkelt å etablere som underkultur i korn. Graset visner lite ned om høsten og holder seg grønt lenge gjennom vinteren. Molteberg m.fl. (2004) testet sorten "Grindstad" og den vokste lite utover høsten og ble lite aktuell som fangvekst. I Finland sådde de en blanding av timotei og italiensk raigras og når raigraset gikk ut på våren tok timoteien over (Känkänen og Eriksson, 2007).

#### **Rød kløver (*Trifolium pratense*) og hvitkløver (*Trifolium repens*):**

Kløver samler nitrogen (N) fra luften og forbedrer jordstrukturen. Kløver er derfor mer interessant som grønnkjødsplante i økologisk korndyrking enn fangvekst. Overvintringsevnen varierer mellom rødkløver og hvitkløver sortene. Den overjordiske biomasse av kløveren er lett nedbrytbar. Mineralisering av plantematerialet skjer også ved lave temperaturer (Frøseth, 2015). Tilgang til N fra dødt plantematerialet kan resultere i lystgassutslipp gjennom vinteren og tidlig på våren (Sturite m.fl., 2014a) eller i tap av N via overflateavrenning ved snøsmelting (Sturite m.fl., 2007). Det er få studier som har fokusert på kløver og karbonbinding.

#### **Sikori (*Cichorium intybus*):**

Sikori er en flerårig vekst som vokser vilt, men i de siste årene er sikori inkludert i foredlingsprogram (bl.a. i New Zealand) for å utvikle sorter som kan brukes i eng og beite. Med sine dype røtter er den en god plante til å forbedre jordstruktur, især i områder hvor jorda er sterk pakket. Sikori tåler tørke bra. Videre vokser den godt utover høsten og er vinterherdig. Ved gjentagende fryse-tine episoder kan sikoriblader bli utsatt for fosforlekkasje som kan transporteres videre til nærliggende vassdrag (Liu m.fl. 2010). Sikori bør sås som underkultur i korn for å etablere seg bra. Man må regne med at det kan mislykkes med etablering i 2 av 3 år (Bergkvist m.fl., 2002). Sikori kan lett bli et ugrasproblem. Den må slås før den setter frø (Bysveen, 2017). I Norge er det bare NLR som har testet ut sikori som fangvekst sådd etter tidlig høsta kulturer. Sikori anbefales ikke å sås sent på sommeren da den i forsøkene etablerte seg sent.

## **4.2 Fangvekster i tidlig høstet grønnsaker og potet**

#### **Ettårig (westerwoldsk) raigras (*Lolium westerwoldicum*):**

Westerwoldsk raigras er en ettårig plante som dør i løpet av vinteren. Den kan sås rett etter tidlig grønnsaker/potet og vokser bra utover høsten. Den setter blomst i innsåingsåret og kan være ettfrøgras. I Sverige er det mindre interesse for å bruke westerwoldsk raigras som fangvekst på grunn av dette (Aronsson m.fl., 2012). I tillegg kan den døde biomassen bidra til N og P- tap.

#### **Oljereddik (*Raphanus sativus var oleiformis*) = fôrredikk:**

Oljereddik er en ettårig plante i korsblomst familien med rask etablering og er derfor egnet til å sås etter tidlig høsta grønnsaker. Den er lite frostherdig, men kan tåle temperaturer ned til 6 minusgrader. Oljereddiken har rask rotvekst og dyp pålerot. I Tyskland anbefales den å bruke for å øke organisk materialet i jorda. Det er for få studier til å vurdere bruken av oljereddik i klimasammenheng.

### **Reddik (Daikonreddik; *Raphanus sativus var longipinnatus*):**

I Sverige og Norge kalles denne typen reddik for "Strukturator", mens i USA kalles den for "Tillage – radish". Til sammenligning med oljereddik er "Strukturator" lite vinterherdig og dør ut med lave temperaturer (- 4°C). Strukturatorreddik har et enda kraftigere rotsystem enn oljereddik. Den er derimot lite undersøkt som fangvekst i Norge. På grunn av lav vintertoleranse kan den være utsatt for lekkasje av næringsstoffer (Thomas m.fl., 2017).

### **Hvitsennep (*Sinapis alba*):**

Hvitsennep tilhører korsblomstfamilien. Hvitsennep vokser og etableres raskt, har et kraftig rotsystem, men noe mindre enn hos strukturatorreddik. Svak overvintringsevne indikerer at plantene kan bidra til N og P tap gjennom vinteren. Hvitsennep er mer mottakelig for klumprot enn oljereddik som gjør at det er lite aktuelt å bruke på arealer hvor man dyrker oljevekster. Hvitsennep brukes lite i Sverige på grunn av dette (Aronsson m.fl., 2012). Ingen forsøk har blitt gjennomført i Norge.

### **Høstraps (*Brassica napus*):**

I Sør-Sverige er det blitt prøvd ut høstraps som fangvekst på grunn av bedre overvintringsevne. Deler av planten kan likevel bli utsatt for frostskafer. Den må gjødsles moderat om høsten.

### **Rug (*Secale cereale*) – vanlig høstrug:**

Rug tilhører grasfamilien og kan brukes som fangvekst. Den busker godt om høsten og har god overvintringsevne. Såtid er avgjørende for hvor mye biomasse som blir produsert om høsten. For å oppnå et godt resultat bør rug sås før 15. september. I Norge finnes det ingen studier på rug som fangvekst.

### **Lodnevikke = vintervikke (*Vicia villosa*):**

Lodnevikke er en vinterrettårig belgvekst som fikserer N og dermed har en grønnngjødslingsfunksjon. Den kan sås i august-september og overvintringsevnen blir relativ god. Belgveksten har god vinterherdighet og tåler temperaturer ned til -15°C, men dette kan variere mellom ulike sorter. Overvintringsevnen svekkes dersom man sår lodnevikke tidligere enn august-september. Planteveksten er begrenset utover høsten. Ettersom lodnevikke har moderat vekst utover høsten anbefales det å så belgveksten i blanding med rug eller andre grasarter for å sikre opptak av næringsstoffer utover vekstsesongen. Det er lite forskning på lodnevikke i forhold til klimarelaterte spørsmål.

### **Steinkløver (*Melilotus officinalis*):**

Steinkløver er en toårig belgvekstplante. Dersom den sås i august overvintrer planten. Ved senere såing kan overvintringen påvirkes i negativ retning. Frøene til steinkløveren må smittes med rhizobium bakterier som er tilsvarende bakteriekultur som brukes til luserne. Steinkløver kan være aktuell som jordløsner og N-fikserende plante etter dyrking av tidlig grønnsaker. I et vekstskifte kan steinkløver brukes som grønnngjødslingsplante.

### **Honningurt (*Phacelia tanacetifolia*):**

Honningurt er en interessant art da den ikke er i slekt med noen av plantene vi dyrker. Den er litt frostherdig og vil etter gjentagende frysing og tining dø ut. Mye av næringa i plantematerialet kan forsvinne dersom det er forhold for avrenning. Det er derfor bedre å så honningurt i blanding med overvintrende arter som flerårig raigras som kan ta opp næringsstoffer utover høsten.

### **Blodkløver (*Trifolium incarnatum*):**

Blodkløver danner et sterkt forgreinet rotsystem i jorda. Den er ettårig og samler N. Den tåler en del frost, men mest i blandinger sammen med andre vekster. Kløveren overvintrer som grønne rosetter dersom den sås i slutten av juli til ca. 1. september. Sås den tidligere, samt har vært i blomst er sjansen

stor for at den ikke overvintrer. I Norge er den mest brukt som grønn gjødslingsplante i økologisk dyrking.

### **Pionerblanding:**

Pionerblanding er en blanding som består av lodnevikke, honningurt, italiensk raigras og blodkløver, og egner seg godt etter tidlig høsta kulturer. Sår pionerblanding på våren, dør alle plantene om høsten. Sår man etter august, vil den overvintre og starte veksten igjen våren etter. Blandingen er en del brukt blant økologiske dyrkere, men klimaeffekten i forhold til karbonlagring er lite undersøkt.

### **Andre blandinger:**

I EU prosjektet SoilCare (NIBIO deltar som partner) blir ulike blandinger av fangvekster, både undersøkt i vårkorn og sådd etter høsting av kornet undersøkt (tabell 4). Det undersøkes effekten av fangvekster på fysiske, kjemiske og biologiske parameter i jorda og. Samtidig registreres karboninnhold i jord. Disse forsøkene kan være en god start for å se på klimaeffektene fangvekstene kan gi.

Tabell 4. Fangvekstblandinger brukt i SoilCare prosjektet i 2019

Vårsådd rotblanding	Vårsådd N-fix blanding	Høstsådd rotblanding	Høstsådd N-fix blanding
Sikori	Hvitkløver		Fôrvikke
Flerårig raigras	Tiriltunge*	Fôredikk Daikon	Vintervikke
Luserne*	Blodkløver	Westerwoldsk raigras	Blodkløver

\* Flerårig engbelgvekster som brukes i eng.

Flere langvarige studier er nødvendig under norske forhold for å konkludere hvilke arter/sorter som har best effekt på karbonlagring i kombinasjon med minst mulig klimagassutslipp. Vedleggstabell 1 viser oversikt over arter egnet for norske forhold.

## 5 Effekt på avling

Bøe m.fl. (2019) har oppsummert effekten på avlinger ved bruk av fangvekster i korn. Forsøkene i sammenstillingsrapporten viser at det er varierende avlingsnedgang ved bruk av ulike fangvekster. *Westerwoldsk raigras* ble tidligere brukt, men er mindre brukt i dag ettersom den konkurrerer sterkt med kornet og gir derfor forholdsvis stor avlingsnedgang.

Ved bruk av *italiensk raigras* er avlingsnedgangen også forholdsvis stor med nedgang fra 0 og opp til 17 % i ulike forsøk under ulike forhold. Det er flere faktorer som påvirker avlingsnedgangen i korn ved bruk av fangvekster av italiensk raigras. Høye såmengder, samt gode lysforhold for fangveksten fører til bedre konkurranse og større avlingsnedgang i kornet. Det er anbefalt å bruke såmengder mellom 0,5 og 1 kg/daa.

*Flerårig raigras* (engelsk raigras) gir mindre avlingsnedgang i korn enn italiensk raigras. Forsøk av Molteberg m.fl. (2004) rapporterer om en avlingsnedgang på 2-3% ved bruk av engelsk raigras sammenlignet med en kontroll uten raigras. Avlingsnedgangen var bare signifikant for sorten Napoleon. Sorten Trani viste ingen signifikant avlingsnedgang i korn. Tilsvarende funn er rapportert i flere andre studier med bruk av flerårig raigras (Ohlander, 1996; Løes m.fl., 2011). Studiene omfattet forsøk med såmengde 0,8-1,0 kg/daa og gjødsling med 0-8 kg N/daa. Det er også testet ut hundegras, timotei, samt engsvingel. I forsøkene reduserte disse vekstene avlingene lite (<3 %), men her var dekningsgraden lav og det er usikkert hvor effektiv de fungerte som fangvekst om høsten (Molteberg & Tangsveen, 2004).

Ved lavt gjødslingsnivå har bruk av *belgvekster* gitt økt avling i korn. Forsøk har vist at bruk av hvitkløver ga 80 kg/daa avlingsøkning i snitt av 7 år uten nitrogen gjødsling og også signifikant økning i kornavlingen ved lavt gjødslingsnivå (6 kg N/daa). Fangvekst av raigras og hvitkløver i blanding i korn har i forsøk også gitt høyere avling enn korn uten fangvekst (Børresen & Eltun, 1993; Hiitola & Eltun, 1996).

## 6 Karbonbinding og lystgassutslipp

### 6.1 Karbonbinding i Norge

Det har nylig vært flere utredninger av muligheter for binding av karbon i jord (Serikstad m.fl., 2018; Rasse m.fl., 2019). Bruk av fangvekster vil kunne øke fotosynteseaktiviteten utover vekstsesongen og potensielt øke karboninnholdet i jorda (Poeplau m.fl., 2015). Fangvekster øker innholdet av organisk materiale som følge av økt biomasse av planter over og under bakken. Det er særlig røttene som bidrar. Det er store usikkerheter knyttet til hvor mye fangvekster kan øke karboninnholdet i jord da innholdet bestemmes av balansen mellom tilførsel og tap (nedbrytning) av organisk karbon.

Blanco-Canqui m.fl. (2015) rapporterte fra en litteraturstudie at organisk karbon i jord kan øke mellom 10 til 100 kg karbon/daa pr. år. Økningen er avhengig av biomassen til fangvekstene, opprinnelig karbonnivå i jorda, samt antall år med bruk av fangvekster. I Norge kan likevel endringen i karbon i jord være noe annerledes. Grønlund & Harstad (2014) pekte på at i subarktiske strøk er karboninnholdet generelt høyt som følge av at den optimale temperaturen er lavere for fotosyntesen enn for nedbrytning. Ettersom karbonbinding vil være størst på jord med lavt karboninnhold vil det være store forskjeller for potensialet for binding av karbon fra område til område. Mulighetene for å øke karboninnholdet vil også være avhengig av jordtype. Leirjord har ofte høyere karboninnhold sammenlignet jord med mer sand og silt. Dette er grunnet dannelse av jordaggregater som kan beskytte mot nedbrytning av organisk materiale (Grønlund & Harstad, 2014). Områder på leirjord (særlig bakkeplanert) der karboninnholdet er lavt som følge av ensidig korndyrking over lang tid kan være særlig egnet til å bruke fangvekster for å øke karboninnholdet i jorda (Serikstad m.fl., 2018). Serikstad m.fl. (2018) pekte på at høyere temperaturer i form av klimaendringer trolig vil føre til redusert karboninnhold i jorda.

Det er særlig over tid en kan måle effekten av fangvekster på karboninnholdet i jord. På kort sikt er endringene små og vanskelig å oppdage grunnet heterogen jord. Ved tilførsel av biomasse vil en derimot over tid nå en likevekt mellom tilførsel og tap av organisk materiale – effekten vil da avta (Grønlund, 2010). Modelleringer fra over 30 forsøk på organisk karbon i jord viste derimot at den avtagende effekten ikke ble nådd på over 100 år. I samme studie ble det beregnet at 50 % av den totale karbonlagringseffekten nås inn 20 år (Poeplau & Don, 2015). Fangvekster av grasarter er generelt bedre egnet til å øke karboninnholdet enn belgvekster. Dette er grunnet en langsommere nedbrytning av plantematerialet. Studier i Sverige på fangvekst av flerårig raigras undersådd i korn har vist en gjennomsnittlig årlig økning av innholdet av karbon i jorda på 32 kg/daa målt ned til 20 cm. Det er behov for langtidstudier i Norge på hvor mye fangvekster kan øke karbonlagringen årlig. Det er også behov for å øke kunnskapen om evnen ulike fangvekster har til å øke karboninnholdet i dypere jordlag enn ned til 20 cm da også dyptvoksende røtter kan bidra.

### 6.2 Lystgassutslipp

#### 6.2.1 Fordeler og ulemper ved bruk av fangvekster

Det er en utfordring at særlig fangvekster som overvintrer kan bidra til økt utslipp av lystgass ( $N_2O$ ). Dette er hovedsakelig registrert fra ett-årig vekster som fôrredikk (Thomas m.fl., 2017) og belgvekster og mindre fra flerårig gras (Sturite m.fl., 2014a).

I undersådde fangvekster som ikke pløyes ned på høsten peker Øygarden og Bechmann (2017) på en mulig nedgang i utslippene av lystgass fra vassdragene som følge av redusert nitrogenavrenning. Utslipp av ammoniakk ( $NH_3$ ) fra rester av fangvekster kan også være en potensiell kilde til N tap til

luft, særlig i plogfrie dyrkingssystem. Likevel viser studier lave N tap fra rester av fangvekst (få prosent av N innholdet av fangveksten) (Dabney m.fl., 2001).

## 6.2.2 Lystgassutslipp utenom vekstsesongen

I Norge er det ikke målt lystgass utslipp fra fangvekster gjennom vinteren. Men det finnes målinger av N<sub>2</sub>O utslipp fra eng med og uten kløver på Tjøtta og Fureneset (Sturite m.fl., 2014a). Statistiske kammer ble brukt til manuell overvåking gjennom vinteren (fra oktober til mai). Målingene viste at kløver, som inneholder mer nitrogen i bladmassen enn gras, hadde et høyere utslipp av N<sub>2</sub>O begge steder. Gjennom vintersesongene (oktober-april/mai) 2011/2012 og 2012/2013 var lystgassutslippene fra gras på Tjøtta mellom 60-70 g N<sub>2</sub>O-N daa<sup>-1</sup>. På Fureneset var utslippene tilsvarende Tjøtta i 2011/2012, men mindre enn 30 g N<sub>2</sub>O-N daa<sup>-1</sup> sesongen etter. De korresponderende utslippene fra gras-kløver blandingen var i snitt 100 g N<sub>2</sub>O-N daa<sup>-1</sup> på Tjøtta og Fureneset for begge vintrene. Lystgassutslipp fra ren kløver bestand på Fureneset var derimot mellom 170-200 g N<sub>2</sub>O-N daa<sup>-1</sup> sammenlignet med ca. 100 g N<sub>2</sub>O-N daa<sup>-1</sup> på Tjøtta for begge vintrene. Utslippene var høyere fra Fureneset som hadde lavere pH (5,9) enn Tjøtta med høyere pH (7,2). Gassfluksene var særlig høye da det øverste laget i jorda tinte og ble lavere med stabilisering av temperaturen (Sturite m.fl. 2014a). I konvensjonell korndyrking er det mest aktuelt å bruke raigras som fangvekst. Grasartene har generelt et lavere N innhold og en annen cellestruktur enn kløver som gjør at plantene er mindre utsatt for skader under fryse-tine forhold. Dette kan også resultere i lavere lystgassutslipp gjennom vinteren.

I flere utenlandske forsøk er det også målt høyere lystgassutslipp fra ruter med kløver i sammenligning med ruter med flerårig raigras (Basche m.fl., 2014). I forsøk av Li m.fl. (2015), var den akkumulerte fluksen i perioden fra 10. september 2012 til 10 september 2013 der flerårig raigras ble pløyd ned om våren, 50,9 g lystgass-N daa<sup>-1</sup> sammenlignet med 80,1 for ruter i stubb uten fangvekst.

Petersen m.fl. (2011) undersøkte utslipp av N<sub>2</sub>O fra fôrreddik i høstkorn i Foulum, Danmark. I forsøket ble det sammenlignet konvensjonell og redusert jordarbeiding, samt direktesåing uten og med fangvekst (fôrreddikk) sådd om høsten. Utslippene var lave gjennom høstperioden, vinter og tidlig vår med noe høyere utslipp under fryse-tine episoder. Akkumulerte utslipp over en periode på åtte måneder fra ruter sådd med fôrreddikk var 0,303 kg N<sub>2</sub>O daa<sup>-1</sup> sammenlignet med 0,196 kg N<sub>2</sub>O daa<sup>-1</sup> ruter uten fôrreddik.

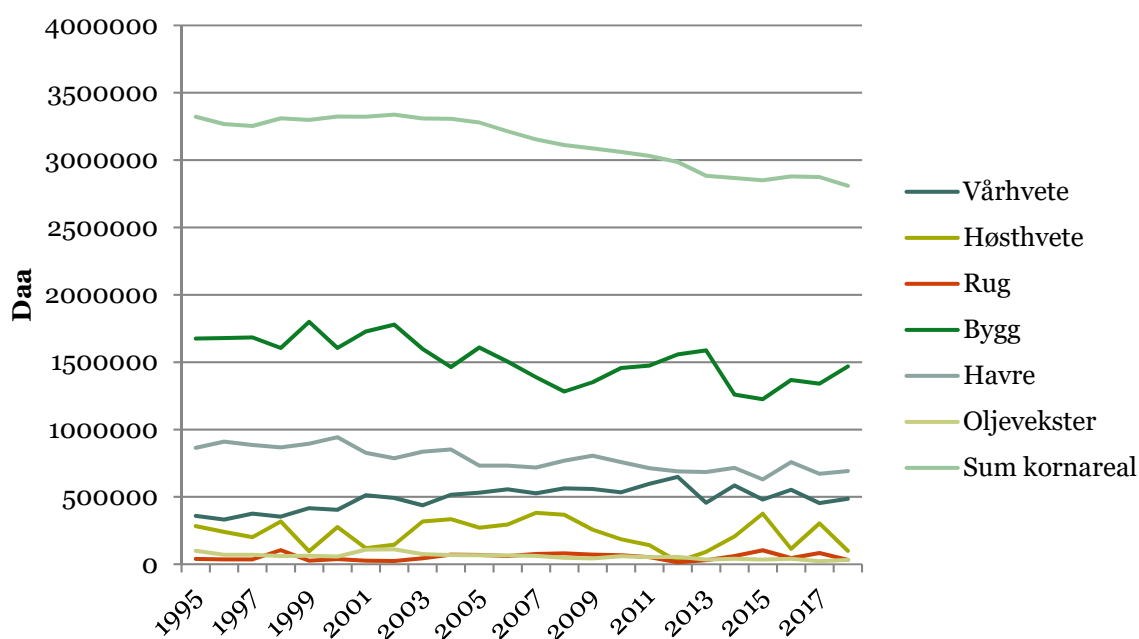
Oppsummert viser studiene at under norske forhold hvor fangvekster for det meste blir sådd om våren og overvintret uten at det blir tilført gjødsel og uten at vekstene blir pløyd ned om høsten, så er det lave utslipp av N, men utslipp kan forekomme under fryse-tine episoder, når det dannes gunstige forhold for denitrifikasjon, samt etter gjødsling og jordarbeiding påfølgende vår. Kløver, som inneholder mer nitrogen enn gras, bidrar til høyere utslipp av N<sub>2</sub>O gjennom vinteren. Det er behov for mer målinger og kunnskap om lystgassutslipp fra fangvekster under norske forhold og med de forventende klimaendringer.



## 7 Egnet dyrkingsareal til fangvekster

### 7.1 Utvikling i kornareal

I 2017 var det totale arealet av korn- og oljevekster på 2,89 millioner dekar som tilsvarer ca. 30 % av det totale jordbruksarealet i drift. Arealet av poteter, grønnsaker, frukt, bær og andre vekster på åker og i hage var rundt 4 % av det totale jordbruksarealet i drift (9,85 millioner daa) (Bye m.fl., 2019). Ettersom det største arealet av åker- og hagebruksvekster er korn- og oljevekster er det også størst potensiale for dyrking av fangvekster i disse områdene. Figur 1 viser utvikling i kornareal i perioden 1995 til 2018.



Figur 1. Utvikling i areal med utvalgte jordbruksvekster i perioden 1995 til 2018. Kilde: Landbruksdirektoratet.

### 7.2 Areal med planert jord

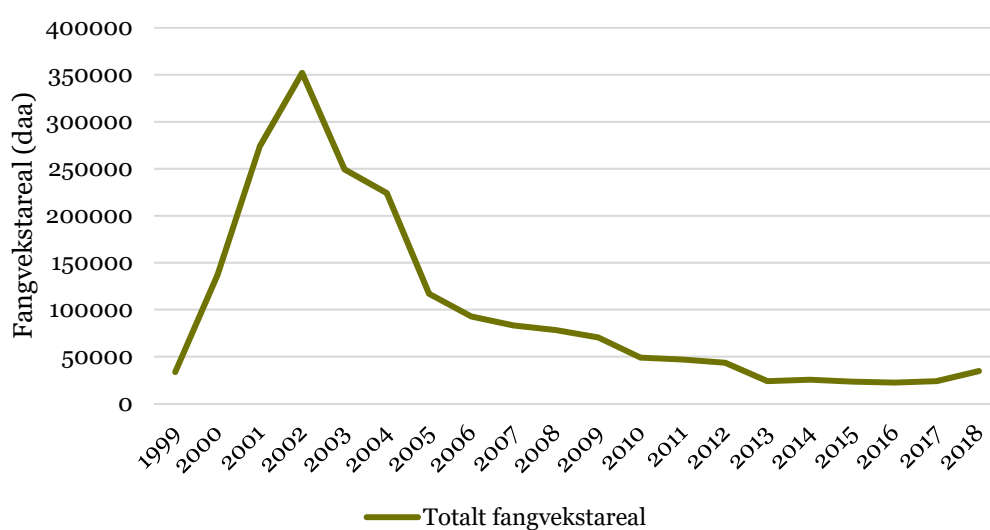
Areal med lavt karboninnhold er særlig interessant da bruk av fangvekster har et stort potensial til å bidra positivt til karbonbinding der. Areal som er bakkeplanert har lavere karboninnhold enn uplanert mineraljord. Marine områder i Østfold og i Trøndelag ble bakkeplanert særlig på 1960 og 1970 tallet, noe som ofte medførte at matjordlaget ble fjernet og undergrunnsjorda med lavt innhold av organisk materiale ble eksponert i det øverste laget. Av den fulldyrka og overflatedyrka jorda er 7 % (617 600 daa) planert/påkjørt jord (Lågbu m.fl., 2018). I korndyrkingsområdene på Østlandet og i Trøndelag utgjør bakkeplanert jord rundt 450 000 daa (Grønlund, 2010). Grønlund m.fl. (2008) estimerte karbonmengder i dyrket jord i Norge basert på jordsmonndatabasen og arealressursdatabasen ved Norsk institutt for skog og landskap. I gjennomsnitt for landet, samt for korndyrkingsområdene inneholdt planert jord om lag 5 tonn mindre karbon enn i uplanert jord. Tabell 5 er hentet fra Grønlund m.fl. (2008) og viser potensialet for å øke karboninnholdet i ulike fylker i planert jord. I sum er potensialet for karbonlagring 2 200 142 tonn karbon (av 5 tonn karbon/daa \*453 444 daa).

Tabell 5. Arealer og karboninnhold i bakkeplanert og uplanert jord. Modifisert etter Grønlund m.fl. (2008)

Fylke	Planert areal (daa)	Planert jord	Differanse (planert jord- uplanert jord)	Totalt karbonlagringspotensiale
	daa		tonn karbon/daa	tonn
Østfold	88 176	8,7	5	440 880
Oslo og Akershus	163 098	8,6	4,7	766 561
Nedre Buskerud	54 296	8,5	4,4	238 902
Vestfold	38 324	8,5	4,8	183 955
Sør-Trøndelag	48893	9,2	5,7	278 690
Nord-Trøndelag	60 657	9,2	4,8	291 154
Sum/middel	453 444	8,7	4,9	2 200 142

### 7.3 Bruk av fangvekster i korn- og grønnsaksproduksjon

Fangvekstarealet var på sitt største i 2002 der totalt areal med fangvekster tilsådd var i overkant av 350 000 daa eller 10 % av det totale kornarealet (Bye m.fl., 2019). Det var særlig mye fangvekster i fylkene med mye kornproduksjon som Akershus, Oppland, Hedmark og Østfold. Da tilskuddet ble redusert ble arealet med fangvekster kraftig redusert og har siden ligget stabilt på rundt 24 000 daa siden 2013 (se figur 2). I 2018 var det en noe høyere oppslutning rundt tiltaket på om lag 35 000 daa (Bye m.fl., 2020).



Figur 2. Andel fangvekstareal (sådd sammen med korn og sådd etter høsting) i perioden 1999 til 2018. Statistikk hentet fra tilskuddsordningen RMP fra SSB.

## 7.4 Egnethetsareal for bruk av fangvekster i kornproduksjon

Tabell 6 og figur 3 og 4 viser potensielle korndyrkingsarealer fordelt på den nye fylkesinndelingen fra 1. januar 2020. Potensielt korndyrkingsareal er summen av arealer i klasse 1 (svært godt egnet), 2 (godt egnet) og 3 (egnet) i dyrkingsklassekartet for nedbørbasert korndyrking (<https://kilden.nibio.no>). Det er ikke produsert kart for de fylkene der mindre enn 10 % av det fulldyrka og overflatedyrka arealet i fylket er detaljert jordsmonnkartlagt.

Basert på den detaljerte jordsmonnkartlegging (som er utført på 50,5 % av det fulldyrka og overflatedyrka arealet) og bruk av klassene 1, 2 og 3 i Dyrkingsklassekart korn (nedbørsbasert), kan vi antyde i hvor stor grad det er mulig å dyrke korn i fremtiden. Vi definerer at arealer egnet til korndyrking også er egnet til dyrking av fangvekster. Det er vanskelig å beregne nøyaktig areal for bruk av fangvekster på grunn av at areal med høstkorndyrking eller eng (hvis korndyrking inngår i et vekstskifte) kan variere mye fra år til år.

I 2018 var det totale korn- og oljevekstareale 2 809 291 daa, om lag 70 % av det potensielle korndyrkingsarealet på 4 110 172 daa (tabell 6). I gjennomsnitt for de siste 10 årene har høstkornarealet (høstvetete+rug) på landsbasis vært omtrent 9 % av det totale kornarealet. Dette gir et teoretisk potensial til å dyrke fangvekster på 3 325 221 daa. Dette er et veldig høyt potensial og innebærer også økt kornproduksjon i forhold til dagens nivå. I beregningene i kapittel 8 antas det en gjennomføringsgrad med dyrking av fangvekster på 20 % av det potensielle egnede kornarealet (4,1 millioner daa), som tilsvarer om lag 800 000 daa eller 29 % av arealet der det faktisk dyrkes korn og oljevekster i dag. I denne utredningen er det ikke gjort vurderinger av hva som skal til for å øke kornarealet, det er bare det potensielle arealet egnet for korndyrking som er lagt til grunn.

Tabell 6. Potensielle korndyrkingsarealer på detaljert jordsmonnkartlagt fulldyrka og overflatedyrka areal fordelt på fylker (fylkesinndeling 1. jan 2020). Datakilder: AR5 og jordsmonnbasen per 31. desember 2018. (Tallene er utregnet i kartprojeksjon ETRS\_1989\_LAEA). To kommuner (Lunner og Jevnaker) ble plassert i Innlandet fylket, mens de skulle ha vært plassert i Viken fylke. Videre ble Svelvik kommune plassert i Vestfold og Telemark fylke, mens den skulle vært plassert i Viken fylke. Tallene i denne tabellen avviker derfor noe fra de faktiske tallene for disse tre fylkene.

Fylker	Fulldyrka og overflate-dyrka areal (daa)	Detaljert jordsmonn-kartlagt areal (daa)	Andel detaljert jordsmonnkartlagt areal av fulldyrka og overflatedyrka areal (%)	Potensielle korndyrkingsarealer av detaljert jordsmonnkartlagt areal (daa)	Andel potensielle korndyrkingsarealer av detaljert jordsmonnkartlagt areal (%)
Viken	1971178	1789305	90,8	1678583	93,8
Oslo	7806	6485	83,1	6169	95,1
Innlandet	1945270	1180242	60,7	1049210	88,9
Vestfold og Telemark	666957	541764	81,2	491692	90,8
Agder	288530	39798	13,8	36925	92,8
Rogaland	581308	227289	39,1	201507	88,7
Vestland	610476	22810	3,7	13716	60,1
Møre og Romsdal	517317	10653	2,1	7902	74,2
Trøndelag	1523402	727448	47,8	604837	83,1
Nordland	566665	24089	4,3	16758	69,6
Troms og Finnmark	411869	18325	4,4	2873	15,7
Sum	9090778	4588209	50,5	4110172	89,6

### **Trøndelag:**

I Trøndelag er ca. 50 % av det fulldyrka og overflatedyrka arealet detaljert jordsmonnkartlagt. Egnet korndyrkingsareal av dette er 83,1 % (604 837 daa). Detaljert jordsmonnkartlegging er i hovedsak utført på østsiden av Trondheimsfjorden og de fleste av disse arealene er potensielt egnet for korndyrking (se Figur 3). Arealstatistikk fra perioden 2007 til 2017 viser at områder sådd med høstkorn har vært lavt (i gjennomsnitt 1,5 % av korn- og oljevekstareale i fylket). Dette tilsier at fangvekster kan sås på mye av det anslagsvise arealet ~ 585 000 daa. I Trøndelag er om lag 110 000 daa av jorda i korndyrkingsområdene planert. Innholdet av karbon i planert jord er estimert fra 4,8 til 5,7 tonn karbon/daa mindre enn uplanert jord. Dette gir et høyt karbonlagringspotensial på ca. 570 000 tonn karbon (Grønlund m.fl., 2008).

### **Innlandet:**

Innlandet vil bestå av fylkene Hedmark og Oppland med Norges største innsjø Mjøsa sentralt. I det fremtidige fylket er ca. 60 % av det fulldyrka og overflatedyrka arealet detaljert jordsmonnkartlagt. Potensielt egnet korndyrkingsareal av dette er nesten 90 % (1 049 210 daa), se figur 3. Det er benyttet arealstatistikk for fylkene Hedmark og Oppland i perioden 2007 til 2017. I gjennomsnitt utgjør høstkornarealet om lag 20 000 daa (< 3 % av korn- og oljevekstareale i begge fylkene tilsammen) som gjør anslaget for å så fangvekster stort. Arealer med fangvekster i Hedmark og Oppland har tidligere vært høyt. I 2005 var fangvekstareale i henholdsvis Oppland og Hedmark om lag 19 000 daa og 22 000 daa – hvert fylke var da omtrent som fangvekstareale på landsbasis et tiår senere. I Hedmark har klassen planert/tilført jord høyere karboninnhold enn uplanert jord som tyder på at karboninnholdet har økt som følge av tilførte jordmasser. Det kan tenkes at effekten av fangvekster på karbonlagring kan være mindre her. I Oppland er det derimot om lag 4 tonn karbon/daa mindre i planert sammenlignet med uplanert, men klassen planert/tilført jord er lav (~6 000 daa) (Grønlund m.fl., 2008).

### **Rogaland:**

I Rogaland er ca. 40 % av det fulldyrka og overflatedyrka arealet detaljert jordsmonnkartlagt, hovedsakelig på Jæren, se figur 3. Mye av dette er egnet til korndyrking (90%). I gjennomsnitt for perioden 2007 til 2017 var det bare sådd høstkorn på 412 daa av korn- og oljevekstareale. Korn- og oljevekst areale i samme periode utgjorde i snitt 28 000 daa. I Rogaland bestod 24 000 daa av klassen planert/tilført jord og karbonmengden var ca. 3 tonn/daa lavere (Grønlund m.fl., 2008).

### **Agder:**

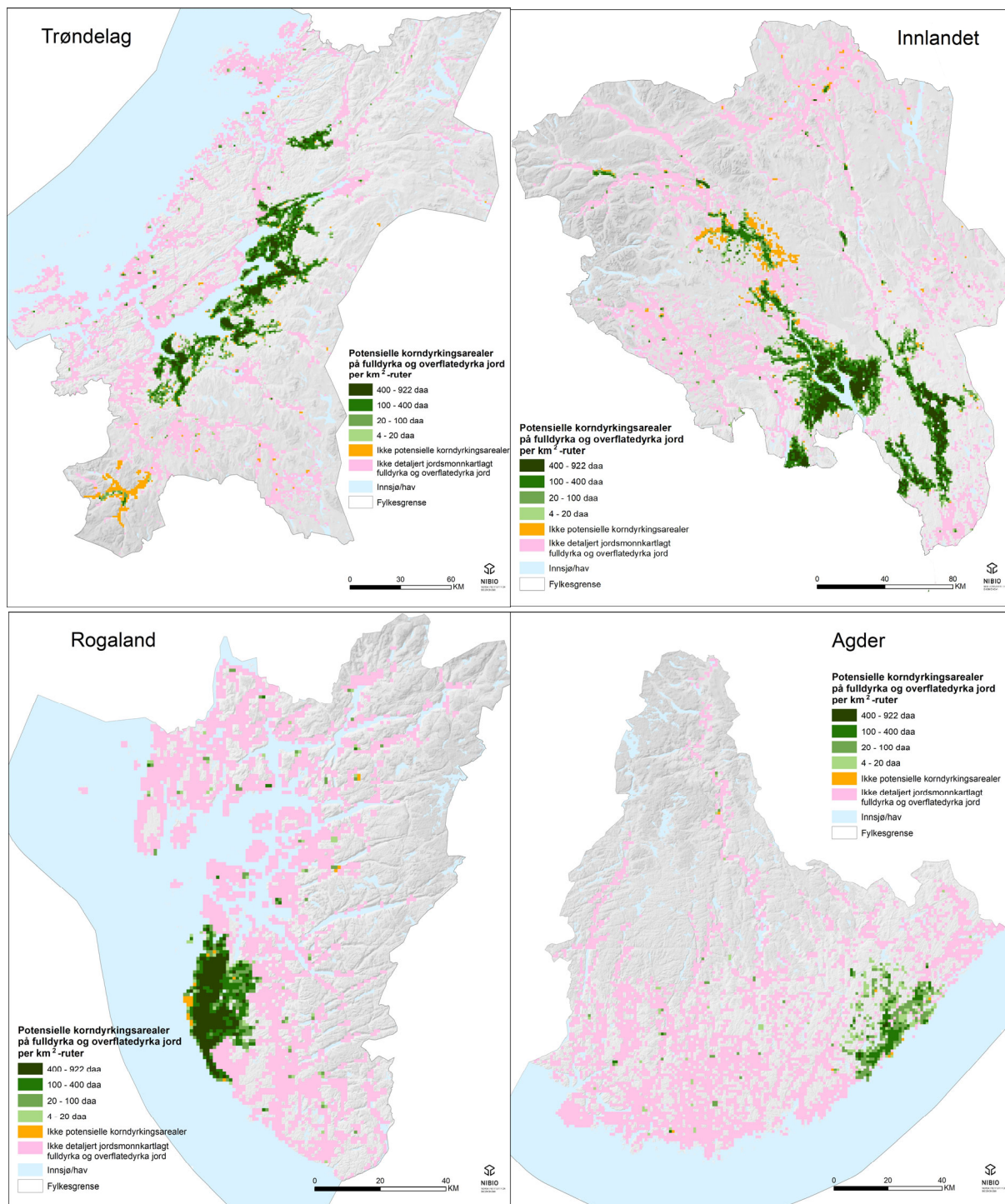
I Agder er det anslått at 37 000 daa er potensielle korndyrkingsarealer. Men i Agder er bare 14 % av det fulldyrka- og overflatedyrka arealet detaljert jordsmonnkartlagt, se figur 3. Jordbruksarealet av korn- og oljevekster har i gjennomsnitt i perioden 2007 til 2017 vært om lag 14 000 daa. Det har i denne perioden vært dyrket lite høstvetete, rug og rughvete. Det anslås dermed at potensialet for å så fangvekster er høyt. Areal med planert jord/tilført jordmasse var estimert til å være om lag 6000 daa med lik karbonmengde for klassen uplanert og planert jord (Grønlund m.fl., 2008). Basert på dette er det usikkert hvor god karbonlagringseffekten vil være.

### **Vestfold og Telemark:**

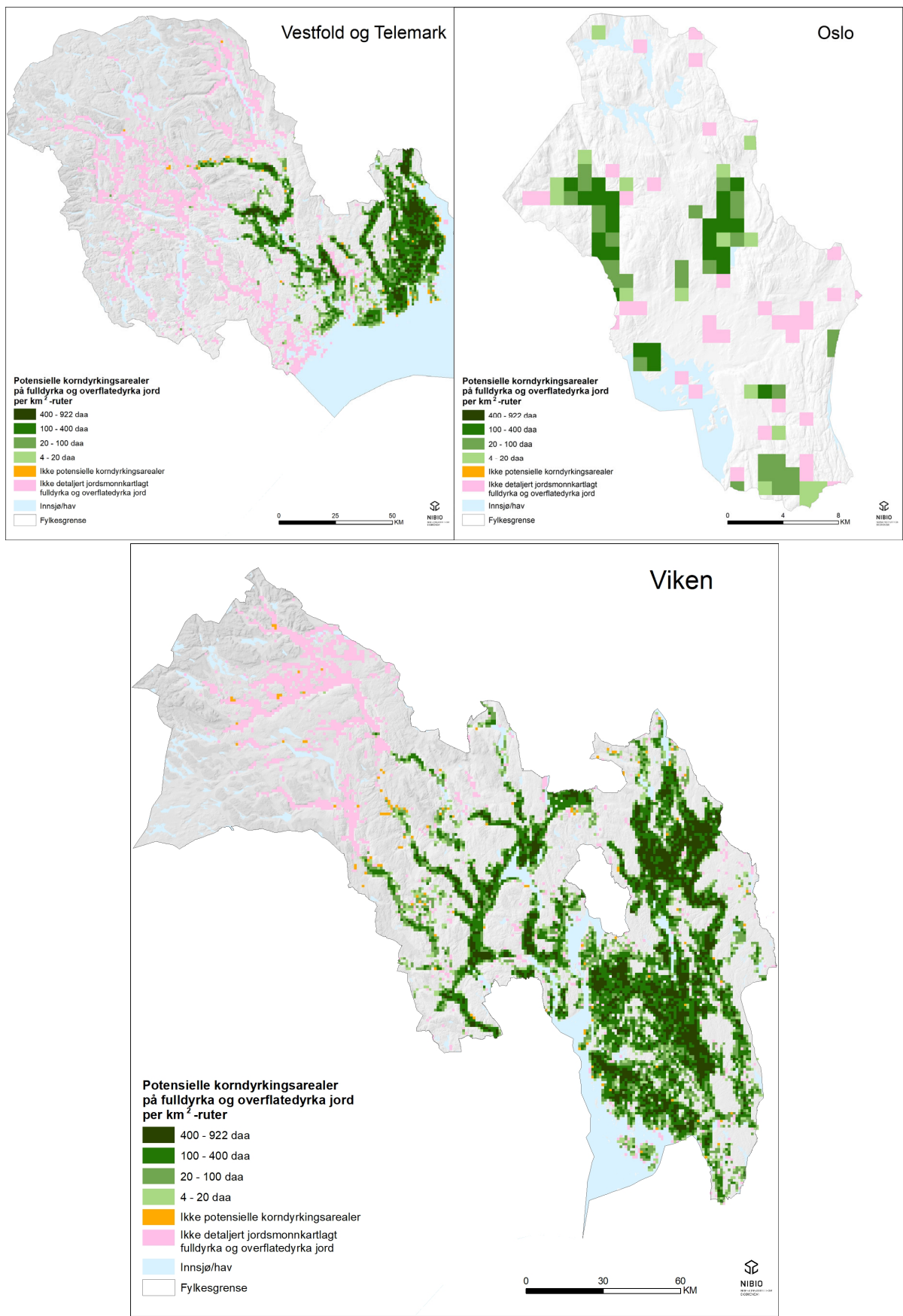
Av det 540 000 daa store området som er detaljert jordsmonnkartlagt er om lag 490 000 daa anslått å være egnet til å dyrke korn, se figur 4. Det blir dyrket betydelig mer høstkorn i disse fylkene enn de foregående fylkene. I snitt for perioden 2007 til 2017 ble dyrket høstvetete på ca. 25 000 daa og 19 000 daa for henholdsvis Vestfold og Telemark. I Vestfold og Telemark er om lag 50 000 daa av jorda i korndyrkingsområdene gruppert under planert/tilført jord. Mengden av karbon i planert jord er fra 3,7 til 4,8 tonn karbon/daa mindre enn i uplanert jord (Grønlund m.fl., 2008). Dersom det ble dyrka korn på alt planert areal vil tilsåing av fangvekster kunne ha særlig god karbonlagringseffekt på 10 % av det egnede korndyrkingsareale i fylket.

### **Viken:**

Det nye fylket Viken skal bestå av fylkene Østfold, Buskerud og Akershus (Fig.4). Det er benyttet arealstatistikk for perioden 2007 til 2017, men statistikken for Akershus inneholder også areal fra Oslo og vil derfor være noe usikkert. Etersom det egnede anslåtte kornarealet i Oslo er i overkant av 6000 daa, samt at andelen kartlagt er 83 % så vil feilkilden være liten (tabell 6). I perioden 2007 til 2017 har areal med høstkorn vært i gjennomsnitt 212 000 daa der 180 000 daa er areal med høsthvete og resten rug og rughvete. Til sammen utgjør dette 15 % av gjennomsnittlig korn- og oljevekstareal i samme periode (1 395 964 daa). Selv med like stor andel høstkorn som tidligere, er areal egnet for å så fangvekster på det anslåtte korndyrkingsarealet likevel stort. I Viken (inkl. Oslo) er om lag 300 000 daa i klassen planert/tilført jord. Forskjellen i karboninnhold med planert og uplanert jord er størst i Østfold (5 tonn/daa), men det er også stor differanse i Akershus og Buskerud (hhv. 4,7 og 4,4) (Grønlund m.fl., 2008). Dersom det ble dyrket korn på alt arealet som var planert, samt ble dyrket korn (ingen høstkorn), vil tilsåing av fangvekster kunne ha særlig god effekt her.



**Figur 3.** Oversiktskart som viser potensielle arealer for dyrking av korn og fangvekster i områder der detaljert jordsmonnkartlegging finnes i fylkene Trøndelag, Innlandet, Rogaland og Agder. De rosa områdene på kartene viser hvor det finnes fulldyrka og overflatedyrka jord der detaljert jordsmonnkartlegging ikke er utført



Figur 4. Oversiktskart som viser potensielle arealer for dyrking av korn og fangvekster i fylkene Vestfold og Telemark, Oslo, samt Viken. De rosa områdene på kartene viser hvor det finnes fulldyrka og overflatedyrka jord der detaljert jordsmonnkartlegging ikke er utført.

## 7.5 Grønnsaksproduksjon

### 7.5.1 Erfaringer og muligheter

Arealer med potet- og grønnsaker er små sammenlignet med kornarealer. Likevel kan bruk av fangvekster i egnede områder være et godt tiltak da arealene gjerne har høye nitrogentap. De JOVA overvåkede feltene Heia og Vasshaglona, dominert av grønnsakdyrking, har i gjennomsnitt et tap på 10 kg/daa nitrogen, omtrent det dobbelte av kornproduserende områder. Dette skyldes intensiv drift med høyt gjødslingsnivå og mye jordarbeiding og tidlig høsting. I feltene varierer avrenningsmengden fra 646 til 1017 mm (Bechmann m.fl., 2017). Dette tilsier at det er potensiale for å redusere N- tapene med bruk av fangvekster og dermed også lystgassutslippene fra avrenning. Kort vekstsesong gjør det i midlertidig vanskelig i praksis å sikre at fangvekster får etablert et dekke med tilstrekkelig biomasse til å ta opp nitrogen fra jorda og hindre N avrenning. For å kunne få et godt plantedekke av fangvekster om høsten er det mest aktuelt å så fangvekster etter tidligkulturer og mindre aktuelt i kulturer som høstes sent.

Neumann m.fl. (2012) undersøkte planting av fangvekster etter potetdyrking i en sandig jord i Sverige. Studien viste at oljereddik etter tidlig høsting av poteter i juni ga laveste nitrogentap. Dette var til tross høye konsentrasjoner av mineralsk nitrogen etter høsting av potetene. Poteter som ble høstet sent (i august og oktober) med rughvete (triticale) sådd i oktober viste høyest tap. Dette var grunnet dårlig etablering av fangvekstene. Lavest nitrogenavrenning var det likevel fra poteter som ble høstet i oktober/november uten fangvekst. Dette ble forklart med lave temperaturer som begrenset N mineralisering og potensialet for N tap. Fosfortapene var lave fra alle dyrkingssystem uavhengig av høstedata og fangvekst. I Danmark undersøkte Notaris m.fl. (2018) bruk av fangvekster i vekstskifte der fangvekster ble sådd etter høsting av tidligpoteter. Nitrogentap fra poteter uten fangvekster var 12,3 kg/daa sammenlignet med 5,2 kg/daa med fangvekster (rug, lodnevikke, hørstraps). N tapene ble redusert alle år der fangvekster ble brukt, bortsett fra et år (2012) da fangvekstene etablerte seg dårlig.

Fangvekster sådd etter høsting av tidligkulturer er prøvd ut i forsøksringer. Forsøksringen i Vestfold etablerte i 2008 to demonstrasjonsfelt – ett i poteter og ett i gulrot. Forsøket har ingen gjentak og gir dermed bare en pekepinn. I gulrot ble det testet ut timotei, italiensk raigras, gulsennep, honningurt, vintervikke, rug, og pionerblanding bestående av en blanding av lodnevikke, honningurt, blodkløver og raigras. Etter høsting av potet ble det testet ut timotei, italiensk raigras, gulsennep, havre, rug, og pionerblanding. Pionerblandinga gav god ettervekst og tok opp mye nitrogen og fosfor. Havre, gulsennep og honningurt etablerte seg også bra og tok også opp næringsstoffer. Timotei viste seg å være dårlig egnet som fangvekst i demonstrasjonsfeltet.

Det er i midlertidig få studier som undersøker klimaeffekten av fangvekster sådd i grønnsaksproduksjon.

### 7.5.2 Egnethetsareal for bruk av fangvekster i tidligkulturer i Vestfold

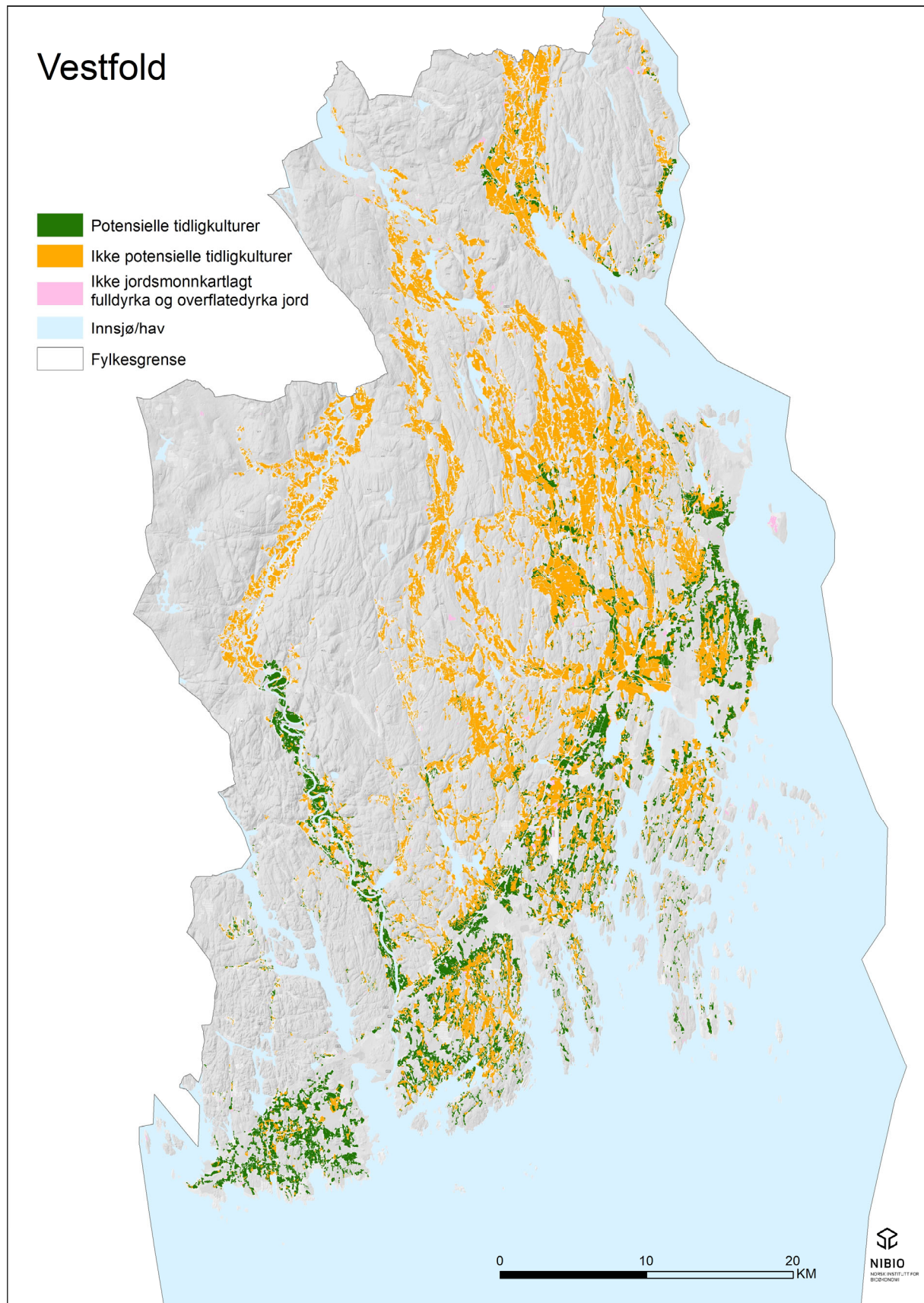
Det finnes per i dag kart som viser hvilke jordsmonnkartlagte arealer som er potensielt egnet for grønnsaker i Vestfold. Foreløpig finnes ikke slike kart for andre jordsmonnkartlagte deler av landet, men dette er under utarbeiding. Tall og kart for arealer med potensielle tidligkulturer vises derfor bare for Vestfold fylke. 95 % av det fulldyrka og overflatedyrka arealet i Vestfold er detaljert jordsmonnkartlagt. Av dette arealet er 112 139 daa (28,4 %) potensielt egnet til dyrking av tidligkulturer, og det antas derfor at arealet er også egnet til å dyrke fangvekster etter høsting (Tabell 7 og Fig. 5). Det er særlig aktuelt langs kysten og langs elven Lågen fra Larviksfjorden i sør til Virgenes.

Egnet areal for dyrking av tidligkulturer er arealer som har klasse 1 (egnet) og 2 (moderat egnet) i Egnethetskart for grønnsaker, tidligkulturer som vist på <https://kilden.nibio.no>.



Tabell 7. Potensielle areal for dyrking av tidligkulturer i nåværende Vestfold fylke. Datakilder: AR5 og jordsmonnbasen per. 31. desember 2018. Tallene er utregnet i kartprojeksjon ERTS\_1989\_LAEA.

Fylke	Fulldyrka og overflate-dyrka areal	Detaljert jordsmonn-kartlagt areal	Andel detaljert jordsmonnkartlagt areal av fulldyrka og overflatedyrka areal	Potensielle areal tidligkulturer av detaljert jordsmonnkartlagt areal	Andel potensielle tidligkulturarealer av detaljert jordsmonnkartlagt areal
	daa	daa	%	Daa	%
<b>Vestfold</b>	415371	395030	95,1	112 139	28,4



Figur 5. Oversiktskart over potensielle areal der tidligkulturer og fangvekster kan dyrkes.

## 8 Potensiale for klimagassbesparelser og kostnader

### 8.1 Beregning av klimagassbesparelser ved bruk av fangvekst i korn

Tabell 8 viser beregnet effekt av fangvekst som klimatiltak. Det er antatt årlig økning av fangvekstarealet med om lag 73 000 daa til 20 % av hele det teoretiske kornarealet (om lag 800 000 daa) i 2030. Det finnes potensiale for å så fangvekster etter tidligkulturer, men det mangler tall nasjonalt for dette, og er dermed ikke inkludert i beregningene.

Beregnet klimaeffekt ved bruk av fangvekster er basert på karbonbinding, netto lystgassutslipp og utslipp grunnet merarbeid som følge av ekstra arbeidsoperasjoner. I gjennomsnitt per år kan om lag 44 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter reduseres i perioden 2021-2030. I perioden 2021-2030 er det teoretiske potensialet for klimagassbesparelser beregnet til om lag 0,44 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. Med full gjennomføring i 2030 er det årlige bidraget vesentlig høyere (74 000 CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i 2030). Dersom det tas i bruk fangvekster på et større areal eller tidligere i tiltaksperioden vil beregnede effekter øke. Faktorer som er brukt er beskrevet i kapittel 2.2.

Det er forutsatt lik klimaeffekt for beregning av undersådde fangvekster og fangvekster sådd på høsten, da det mangler studier som differensierer (Foruten utslipp som følge av en ekstra arbeidsoperasjon for fangvekster sådd like før høsting). I realiteten er etableringen og dermed klimaeffekten av fangvekster sådd like før tresking usikker, da den i stor grad er avhengig av værforholdene på høsten.

Studier peker også på at fangvekster kan redusere albedo – målet på refleksjonsevnen i forhold til åpen jord, men få studier kvantifiserer effekten (Poeplau & Don, 2015). Kaye & Quemada, (2017) beregnet klimaeffekten ved bruk av fangvekster ved å se på endring i albedo, karbonlagring, lystgassutslipp, samt dieselforbruk. Forfatterne brukte studier fra USA og Spania og det er dermed ikke direkte overførbart til norske forhold. Det trengs mer forskning på karbonbinding, netto lystgassutslipp og albedo effekt ved bruk av fangvekster for å kunne si med større nøyaktighet hva den totale klimaeffekten ved bruk av fangvekster er. Albedoeffekten er ikke inkludert i våre beregninger.

Tabell 8. Utslippsreduksjoner ved økt karbonbinding, samt netto redusert lystgassutslipp og utslipp fra ekstra arbeidsoperasjoner ved gradvis økning av areal med fangvekster med 802 034 daa. Beregningene er gjort på grunnlag av undersådde fangvekster på 40 % av arealet og fangvekster sådd like før høsting på 60 % av arealet.

	Enhet	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Areal</b>	daa	72912	145824	218737	291649	364561	437473	510385	583297	656210	729122	802034
<b>Karbonbinding CO<sub>2</sub>-e i tonn</b>	tonn	6416,3	12832,5	19248,8	25665,1	32081,4	38497,6	44913,9	51330,2	57746,4	64162,7	70579,0
<b>Arbeidsoperasjon Åkersprøyting CO<sub>2</sub>-e</b>	tonn	-29	-58	-87	-116	-145	-175	-204	-233	-262	-291	-320
<b>Arbeidsoperasjon tilsåing ved høsting korn CO<sub>2</sub>-e på 60% av arealet</b>	tonn	-17,46	-34,91	-52,37	-69,82	-87,28	-104,73	-122,19	-139,64	-157,10	-174,55	-192,01
<b>Indirekte N<sub>2</sub>O utslipp i redusert CO<sub>2</sub>-e i tonn</b>	tonn	512,2	1024,3	1536,5	2048,6	2560,8	3072,9	3585,1	4097,2	4609,4	5121,6	5633,7
<b>Direkte N<sub>2</sub>O utslipp i CO<sub>2</sub>-e i tonn</b>	tonn	-116,1	-232,2	-348,3	-464,4	-580,4	-696,5	-812,6	-928,7	-1044,8	-1160,9	-1277,0
<b>Sum redusert utslipp CO<sub>2</sub>-e</b>	tonn	6766	13532	20297	27063	33829	40595	47361	54126	60892	67658	74424
<b>Utslippsbesparelser 2021-2030: 439 776 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter</b>												

## 8.2 Beregning av kostnader ved bruk av fangvekster

Kostnader for tilsåing av fangvekster er avhengig av metoden som er brukt. Fangvekster i korn som sås samtidig med kornet (undersådd) kan ofte ha en høyere avlingsreduksjon enn fangvekster som sås like før høsting av kornet. Ved såing av undersådde fangvekster brukes ofte raigras eller raigras i blanding med belgvekster. Investeringskostnadene er litt høyere for undersådde fangvekster da en må investere i såfrøaggregat som påmonteres såmaskinen. Ved såing like før høsting kan sentrifugalspreder og såmaskin brukes, noe kornprodusenten ofte har selv eller kan leie. Frøkostnadene er høyere for denne metoden dersom en bruker blandinger av flere arter og som krever høyere såmengde (Tabell 2).

Kostnadene for undersådde fangvekster ble beregnet til 103,4 kr/daa inkludert en estimert avlingsreduksjon på 3 %. I tillegg kommer investeringskostnader av såfrøaggregat. Fangvekster som sås like før høsting er beregnet til 165 kr/daa med en avlingsreduksjon på 1%. Driftskostnadene især såfrøkostnader for sistnevnte var hovedårsaken til forskjellen. For bruk av fangvekster i grønnsaksområder var kostnadene 245 kr/daa, igjen mye grunnet høye såkostnader og høy såmengde. Tabell 9 viser resultat fra beregninger for de ulike metodene.

Tabell 9. Resultat fra beregninger av investerings-(såfrøaggregat), drifts- (såfrø, arbeidsoperasjoner), energi- og ulempekostnader (avlingsreduksjon) for undersådde fangvekster og fangvekster sådd like før høsting av kornet (tresking), samt fangvekster som brukes etter tidligkulturer.

	Enhet	Undersådde fangvekster	Fangvekster sådd før høsting av korn	Fangvekster sådd etter tidligkulturer
<b>Investeringskostnader</b>	kr/daa	*	0	0
<b>Driftskostnader</b>	kr/daa	65,57	152,15	243,2
<b>Energikostnader</b>	kr/daa	1,80	1,35	1,8
<b>Ulempekostnader</b>	kr/daa	36,00	12,00	-
<b>Energiforbruk</b>	KWh	2,00	1,50	0,2
<b>Sum</b>	kr/daa	103,4	165,5	245,0

\* Investeringskostnader beregnet for undersådde fangvekster. Det er beregnet en årlig investering av 97 stk. såfrøaggregat. Basert på årlig økning i fangvekstareal på om lag 73 000 daa og at hvert såfrøaggregat dekker 300 daa.

Tabell 10 viser netto nåverdi av kostnadene for de ulike metodene, samt samfunnsøkonomisk tiltakskostnad. For areal der fangvekster ble undersådd på 40 % og resten sådd med fangvekster like før høsting ble tiltakskostnaden beregnet til 1179 kr/tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter redusert for perioden 2021-2030 med en økning av areal med 800 000 daa (tabell 10). Fordelingen (40/60) er usikker og er basert på såvare selgere sin oppfatning. Dersom arealet bare ble undersådd hadde tiltakskostnaden blitt lavere (963 kr/ tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter redusert). Dersom hele arealet ble sådd med fangvekster like før høsting av kornet blir kostnaden 1324 kr/tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter redusert. Dette er mye grunnet høyere såfrøkostnader enn for undersådde fangvekster ettersom det er benyttet samme utslippsfaktor som for undersådde fangvekster.

For kornprodusenter ble det antatt et tilskudd på 130 kr/daa i alle områder. Med denne satsen og med samme 40/60 praksis er netto nåverdi i perioden 2021-2030 59 millioner kr. Dersom alt areal ble undersådd ville netto nåverdi blitt om lag - 29 millioner kr, mens for fangvekster sådd like før tresking ville netto nåverdi blitt om lag 118 millioner kr. For å kunne definere en levetid for tiltaket har en i denne utredningen antatt en levetid for fangvekster basert på levetida til såfrøaggregat (25 år) og investeringer i disse. Dersom en slutter å investere i de siste såfrøaggregata i 2030, blir levetida ut

2054. Netto nåverdi for tiltakets levetid i perioden 2020-2054 blir da 114 millioner kr for en 40/60 praksis, -158 millioner kr for fangvekster undersådd på hele arealet og 296 millioner kroner med fangvekster sådd like før høsting.

**Tabell 10. Samfunnsøkonomisk og privatøkonomisk kostnad av å øke arealet med fangvekster med 800 000 daa innen 2030, samt kostnaden i kroner per tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalent redusert. Det ble antatt undersådde fangvekster på 40 % og fangvekster sådd like før høsting av korn på 60 % av arealet (40/60-praksis). Fordeling 40/60 er usikker og basert på oppfatningen av såvarer selgere. Det er også vist privat- og samfunnsøkonomisk kostnad, samt tiltakskostnad for undersådde og fangvekster sådd like før tresking på hele arealet.**

		Samfunnsøkonomisk			Privatøkonomisk		
Perioden	Enhet	40/60-praksis	Undersådd 100 %	Fangvekster sådd like før tresking 100 %	40/60-praksis	Undersådd 100 %	Fangvekster sådd like før tresking 100 %
<b>Netto nåverdi av kostnader</b>	Millioner kr	519	425	581	59	-29	118
<b>Tiltaks-kostnad</b>	kr/tonn CO <sub>2</sub> -e	1179	963	1324	-	-	-

### 8.3 Tiltakspotensial

I Klimakur2030, utredes det tiltak som kan utløse minst 50 % reduksjon i ikke-kvotepliktige klimagassutslipp i 2030 sammenlignet med 2005. Utslipp fra ikke-kvotepliktig sektor består av utslipp fra jordbruk, transport, avfall og klimagassene HFK og PFK. Ikke-kvotepliktige utslipp, som ikke inngår i EUs kvotehandelssystem (EU ETS), er omtrent halvparten av Norges klimagassutslipp (52,9 mill tonn CO<sub>2</sub>-e). I 2005 var klimagassutslippene fra ikke-kvotepliktig sektor 27,6 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (Meld. St. 1, 2019-2020).

Bondeorganisasjonene og regjeringen inngikk sommeren 2019 en intensjonsavtale med mål om å redusere klimagassutslippene og øke karbonopptaket i jordbruket. Det er mål om å redusere jordbrukets klimagassutslipp med 5 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter i perioden 2021-2030. I perioden 2021-2030 ble det teoretiske potensialet for klimagassbesparelser ved bruk av fangvekster beregnet til om lag 440 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (0,44 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter) som tilsvarer om lag 8,8 % av målet i intensjonsavtalen. Det påpekes at det knyttes store usikkerheter til estimatet. I tillegg er det flere forutsetninger som oppfylles for at tiltaket kan gjennomføres for å kunne nå klimagassbesparelsene som beregnet i denne rapporten. Kapittel 9 går mer inn på barrierer og mulige virkemiddel for økt gjennomføring.

## 9 Barrierer, virkemiddel og praktisk gjennomførbarhet

Klimakur2030 legger FNs klimapanel sin definisjon av barrierer til grunn: "*A barrier is any obstacle to reaching a potential that can be overcome by a policy, programme, or measure*". I dette kapitlet foretas en barriereanalyse for fangvekster blant annet basert på en workhop om fangvekster i EU som prosjektet SoilCare gjennomførte 13.mars 2019. Syv eksterne og fem interne (NIBIO) deltagere deltok på møtet deriblant representanter fra landbruksrådgivningen (NLR), Norges Bondelag, Landbruksdirektoratet, Norges Vel, samt kornprodusenter. Representantene bidro blant annet til å identifisere og diskutere hvilke barrierer som er tilstede og som hindrer korn- og grønnsaksprodusenter i å ta i bruk fangvekster. Relevante barrierer og mulige virkemiddel er oppsummert.

Fangvekster kan konkurrere om næringsstoffer fra hovedveksten slik at avlingene blir redusert som igjen fører til **lavere inntekt** for kornprodusenten. Ved såing av fangvekster er det videre en risiko for at vekstene kan bli **ugras** året etter, dersom en ikke pløyer, ugrassprøyter eller velger riktig vekst. Et virkemiddel mot barrieren kan være **tilskudd** over de regionale miljøprogrammene (RMP), noe også tidligere erfaringer viser. I 2002-2003 var fangvekstarealet på sitt høyeste og dekket om lag 10 % av kornarealet (Bye m.fl., 2019). Høye tilskuddssatser, samt informasjonskampanjer var virkemiddel som økte oppslutningen rundt tiltaket. Tilskudd til dyrking av fangvekster økte fra 4,7 millioner i 1999 til 37,7 millioner i 2001-2002 (Bye m.fl., 2004). I årene etter ble fangvekstarealet redusert til mindre enn 1 % av kornarealet (23 900 daa i 2017) (Bye m.fl., 2019), der reduserte tilskuddssatser var en medvirkende faktor til nedgangen.

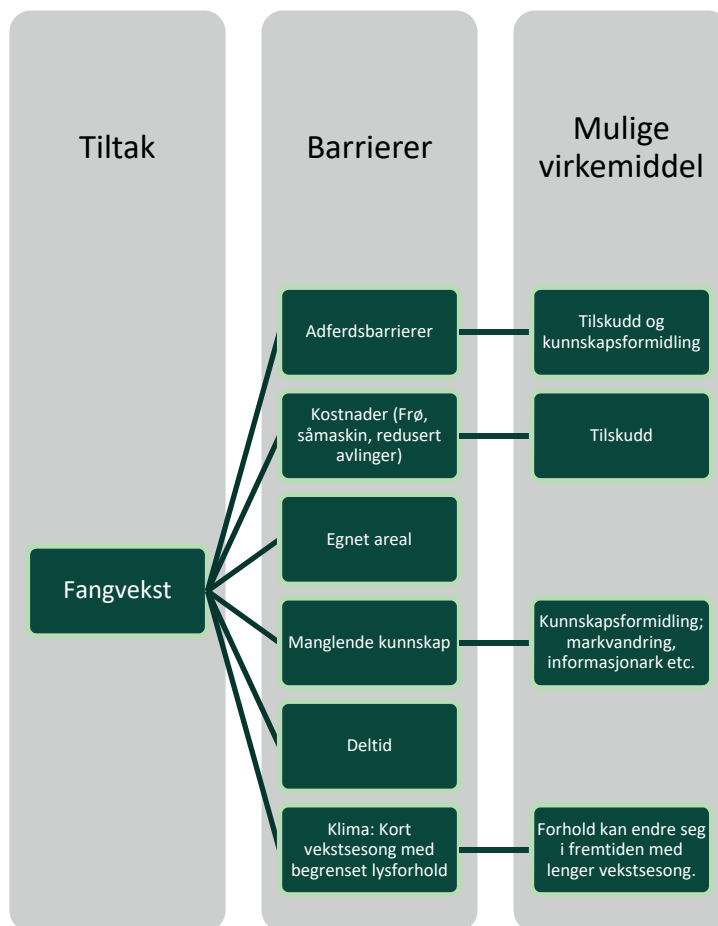
Tilskuddsordninger kan også være med på å overvinne **markedsbarrierene**. Det er begrenset tilgang på såfrø tilgjengelig på markedet og kostnadene ved innkjøp kan være store. En endring i lovgivningen med tilskudd til innkjøp av såmaskin og annet relevant utstyr for innsåing av fangvekster kan være aktuelt.

En annen barriere er **kunnskap** om bruk og effekter av fangvekster blant korn- og grønnsaksprodusenter. Mulige virkemiddel er en kan ta i bruk for å øke kunnskapen er informasjonsark, demonstrasjoner og markdager med retningslinjer for tilsåing av fangvekster med lokale anbefalinger for sorter og arter. Det er viktig at kunnskapsformidlingen foregår gjennom relevante informasjonskanaler som når ut til bøndene. For oppdatert informasjon er det også behov for videre forskning på fangvekstenes effekt på jordkvalitet (økt organisk materiale, vannlagringskapasitet, jordstruktur etc.), og mulig positiv effekt på avlinger til etterfølgende kultur. I tillegg trengs det langtidforskning for å se effektene av fangvekster på karbonbinding under kalde klimaforhold.

En annen barriere en kan tenke seg er **atferdbarrierer**. Noen gårdbrukere kan ha vanskelig for å endre gårdspraksis på gården (**Status quo-bias**). I Norge er det i tillegg flere korndyrkere som er bønder på **deltid**. Mindre tid til gårdsdrift kan føre til at driverne bare prioriterer de mest nødvendige arbeidsoppgavene. Tilsåing av fangvekster er en ekstra aktivitet som krever mer innsats, noe som kan føre til at tiltaket nedprioriteres.

**Andre barrierer** er værforholdene i Norge med kort vekstsesong med begrensede lysforhold om høst og vinter. Endringer i klimaet kan derimot føre til en forlenget vekstsesong og gjøre bruken av fangvekster mer relevant. I tillegg begrenser arealet innsåing av fangvekster. Hvilke vekster som produseres styrer i stor grad hvor (og hvor stort areal) en kan dyrke fangvekster. Det blir mindre fangvekster jo større høstkornareal det er. I tillegg er det vanskelig å få etablert fangvekster i grønnsaker som høstes sent. Hva som produseres er avhengig av naturgitte forutsetninger, bondens prioriteringer, markedet, samt rammebetingelser i jordbruk- og matsektoren (Bardalen m.fl., 2018).

En stor andel leieareal kan også være en barriere for å bruke fangvekster. Figur 6 og tabell 11 viser barrierer og mulige virkemiddel fra i dag til 2030.



Figur 6. Barrierer og virkemiddel for å ta i bruk fangvekster



Tabell 11. Barrierer og virkemiddel i perioden 2020 til 2030

Tiltak	Barrierer 2020	Barrierer 2025	Barrierer 2030	Dagens virkemiddel	Mulige virkemiddel 2020	Mulige virkemiddel 2025	Mulige virkemiddel 2030
<b>Fangvekster</b>	Behov for atferdsendring * Såfrø Tilgang på informasjon og utstyr	Behov for atferdsendring Tilgang på informasjon og utstyr	Minimalt med barrierer	Tilskudd til fangvekster gjennom de regionale miljø programmene (RMP). Rådgivning (NLR) FOU-midler	Tilskudd til fangvekster over RMP FOU midler – veiledningsdokument for fangvekst Markdager/demonstrasjoner med fangvekstforsøk	Tilskudd til fangvekster over RMP. Tilskudd til innkjøp av såfrø (kan innordnes over RMP)	Tilskudd til innkjøp av såfrø (kan innordnes over RMP) Presetjonslandbruk/robotisering kan gjøre en ekstra kjøring for å så fangvekster lettere. Tilskudd til fangvekster over RMP
<b>Usikkerheter</b>	Høstkornareal, grønnsaksareal og værforhold. Korn- og grønnsaksprodusenter har ulikt utgangspunkt (utstyr, erfaring etc.)						

\* Det er allerede økt fokus på fangvekster blant bønder gjennom blant annet fagdager i regi av rådgivningstjenesten etc.

## 9.1 Forbedringer for å fange opp effekten av fangvekster som klimatiltak

For å fange opp effektene av fangvekster i utslippsregnskapet kreves det et mer langsiktig arbeid med å oppdatere kunnskapsgrunnlaget, metodikken og/eller samle inn tilstrekkelig med data. I rapporten: «*Jordbruksrelaterte klimagassutslipp. Gjennomgang av klimagassregnskapet og vurderinger av forbedringer*» av partssammensatt arbeidsgruppe<sup>1</sup> datert 1.7.2019, ble det pekt på muligheter for å utvikle en Tier 3 metodikk for endringer i karboninnhold i mineraljord. Videre pekte utvalget på at en trenger tilstrekkelig med datagrunnlag til å verifisere modellen slik at metodikken kan implementeres. På denne måten vil en kunne ha et bedre grunnlag for at også effekten av fangvekster kan inkluderes i klimagassregnskapet. Det har ikke vært grunnlag for ytterligere vurderinger i denne rapporten.

---

<sup>1</sup> TBU- Teknisk Beregningsutvalg for klimagassutslipp i jordbruket.

# 10 Belgvekster som klimatiltak

Dette kapitlet omhandler muligheten for økt bruk av kløver og andre belgvekster som tiltak for å redusere utslipp av klimagasser.

## 10.1 Fordeler og ulemper ved bruk av belgvekster

Engbelgvekster er brukt sammen med gras både i eng og beite. Kløveren har flere gode egenskaper som å fikse nitrogen (N) fra luften slik at en kan redusere nitrogen gjødslingen, den har god fôr kvalitet, samt gir høyere fôropptak enn gras. På den negative siden kan overvintringa være mer usikker. Videre kan høye gjødslingsnivåer av nitrogen føre til at kløveren utkonkurreres av grasarter. Det blir da lav kløverandel i engene til tross for at kløver er inkludert i frøblandinga. I norsk eng utgjør kløveren vanligvis en liten andel av bestanden. Dette er grunnet at normalt gjødslingsnivå i henhold til norsk gjødslingsplanlegging for nitrogen i eng ligger for høyt for kløveren. Ugrassprøyting, både i gjenlegg og i etablert eng mot høymole, bidrar også til å redusere kløverinnholdet i enga. I flerårige forsøk på Særheim, Kvithamar og Løken konkluderte en med at minst 50 kløverplanter per m<sup>2</sup> er nødvendig for å utnytte kløverens fulle potensiale for avling og N-binding (Lunnan, 2003).

## 10.2 Engbelgvekster og nitrogenfiksering

En undersøkelse i England (Andrews m.fl., 2007) viser at flerårig raigras sammen med 20% hvitkløver kan gi like store avlinger og melkeproduksjon som flerårig raigras i renbestand gjødslet med 20 kg N daa/år. Under norske forhold kan kløver i eng binde 5 til 10 kg N/daa og under spesielle forhold med stor avling i nesten ren kløver opp til 25 kg/daa (Serikstad m.fl., 2013).

I en studie på Fureneset i Sunnfjord, Tjøtta på Helgeland og Løken i Valdres var årlig N-fiksering målt etter differansemetoden (N-avling i kløvereng – N-avling i graseng), i gjennomsnitt 6 kg N/daa med variasjoner fra 2,5 kg/daa til 9,5 kg/daa (Tabell 12; Lunnan m.fl., 2017). Total mengde nitrogen fiksert ligger noe høyere ettersom noe N fra fikseringen også blir bundet i stubb, røtter og jord. I disse forsøkene ble det gjødslet moderat med husdyrgjødsel om våren. Gjødsling med 6 kg N/daa i mineralgjødsel etter førsteslått reduserte N-fikseringa i middel med 2,5 kg/daa, eller med 38 % (Tabell 13). Effekten av gjødsling varierte mellom felt med størst utslag på Fureneset, der fikseringa ble redusert med 3,6 kg N/daa ( $p=0,009$ ). Nedgangen på Tjøtta var 2,5 kg/daa ( $p=0,02$ ), mens på Løken var nedgangen 1,3 kg ( $p=0,08$ ). Størsteparten av nedgangen kom i andreslått, men det var også nedgang i førsteslått året etter. Forsøkene viser at kløverbestanden er følsom for N-gjødsling, og det er trolig sterkere konkurranse fra gras i frøblandinga som setter kløveren tilbake. Gjødsling med 6 kg N etter førsteslått ga stor avlingseffekt på alle felt, men utslaget var mye større i graseng enn i kløverblandet eng. Bruk av kløver i frøblandinga hadde i middel litt større avlingseffekt enn gjødsling med 6 kg N til ren graseng (Lunnan m.fl., 2017). Det var liten effekt av såmengde på kløver i frøblandinga (Tabell 14).

Tabell 12. N-fiksering målt med differansemetoden på forsøksstasjonene Fureneset, Tjøtta og Løken. Middelt av tre nivå kjøring, to nivå gjødsling og to såmengder av kløver (etter Lunnan m.fl., 2017)

	Fiksert N, kg/daa					Middel
	1. engår	2. engår	3. engår	4. engår	5. engår	
<b>Fureneset</b>	5,8	7,1	5,0	7,2	6,0	6,2
<b>Tjøtta</b>	8,0	9,5	5,3	-	-	7,6
<b>Løken</b>	2,5	4,0	6,2	7,3	5,0	5,0

Tabell 13. Effekt av gjødsling på estimert N-fiksering. Middel av tre felt, tre engår, tre nivå av kjøring og to nivå av frøblandinger. (etter Lunnan m.fl., 2017)

	N-fiksering		
	1. slått	2. slått	Sum
Husdyrgjødsel	3,1	4,1	7,2
Husdyrgj. + 6 kg N	2,7	2,0	4,7
SE	0,13	0,46	0,47
p-verdi	0,18	0,09	0,07

Tabell 14. Effekt av frøblending på estimert N-fiksering. Middel av tre felt, tre engår, tre nivå av kjøring og to nivå av gjødsling. (etter Lunnan m.fl., 2017)

	N-fiksering		
	1. slått	2. slått	Sum
Gras + 15 % kløver	2,7	3,0	5,7
Gras + 30 % kløver	3,1	3,1	6,2
SE	0,13	0,02	0,14
p-verdi	0,15	0,11	0,13

Forsøkene viser at under norske forhold, så kan kløver fikse store mengder nitrogen fra lufta, men også at variasjonene mellom steder og ulike år er store. Gjødslingsforsøk i kløverblandet eng viser stort potensial for kløver, særlig i andreslått, ved moderat gjødsling, men også at kløverinnholdet blir lavt når gjødslingsnivået øker opp mot 15-20 kg N ved to slåtter (Lunnan, pers. med.). For at kløveren skal kunne fikse store mengder N, må nivået for N-gjødsling i konvensjonell produksjon reduseres. Dette vil også kunne redusere avlingsnivået, spesielt der kløverbestanden er tynn. Avlingsnedgangen må kompenseres enten gjennom bruk av mer areal eller ved bruk av mer kraftfôr. Dette bør tas hensyn til i videre beregninger.

### 10.3 Belgvekster, redusert gjødslingsnivå og lystgassutslipp i vekstsesongen

Det er vanskelig å antyde hvor mye N gjødsling som kan erstattes med kløver, men dersom man går ut fra at rundt 1 mill daa fulldyrket eng (ca. 20%) kan redusere N-tilførselen med 6 kg N vil man tilføre 6 000 tonn mindre N-gjødsel (Øygarden m.fl., 2009). Basert på dette tallgrunnlaget, beregnet Bardalen m.fl. (2018) en reduksjon i direkte lystgassutslipp på 28 000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter. I tillegg vil indirekte utslipp fra avrenning kunne reduseres med 4600 CO<sub>2</sub>-ekvivalenter (Bardalen m.fl., 2018). Den totale utslippsreduksjonen ved bruk av kløver vil derimot være lavere under norske forhold. Sturite m.fl. (2014b) rapporterte et noe høyere lystgassutslipp fra eng med en blanding av gras og kløver sammenlignet med ren graseng etter gylling om våren. Lystgassutslippene var meget lave utover sommeren, mens om vinteren var tapene betydelig høyere fra gras/kløvereng enn fra den rene grasenga (Sturite m.fl., in prep.). Dette kan forklares med at kløverbladene er lett nedbrytbare. Videre kan det oppstå ugunstige forhold når karbonet (C) blir brukt til mikrobiell vekst og oksygenet blir brukt opp. I slike anaerobe forhold kan N tapes som gass gjennom denitrifikasjon. Dette forsterkes ved gjentagende fryse- og tineforhold. En kan derfor under nordiske forhold ha lystgassutslipp fra stående gras-kløvereng, og ikke bare gjennom restavling når enga blir fornyet med pløying.

# 11 Oppsummering

Såing av fangvekster vil ha særlig god effekt på binding av karbon der det idag er åpen åker. Det teoretiske potensialet er stort i områder der korn dyrkes på planert jord og areal med lavt karboninnhold. Dersom karboninnholdet i jorda er lavt finnes det et større potensial til å øke karboninnholdet sammenlignet med jord med i utgangspunktet høyt karbonnivå. Det har blitt vist til potensielle areal særlig på Østlandet og i Trøndelag. En økning av karboninnholdet i jorda er derimot avhengig av flere faktorer. Ettersom tilførsel og tap av organisk karbon er en dynamisk prosess må det tilføres biomasse kontinuerlig. Videre vil antall år med bruk av fangvekster, samt arter som har god biomasseproduksjon være viktig. Det er i beregningene antatt en fast årlig karbonbinding for alt areal (en faktor). I realiteten vil karbonbindingen nærme seg et metningspunkt (likevektsnivå) og effekten vil avta. Det er likevel antatt at i løpet av en tiårsperiode der en tilsår fangvekster i områder med et karbonlagringspotensiale, så vil effekten ikke avta.

I denne rapporten har vi anslått at fangvekstarealet kan økes med om lag 800 000 daa innen 2030. I 2002 var fangvekstarealet ca. 350 000 daa og en gjennomføring i overkant av det dobbelte innen 2030 er derfor antatt mulig. Erfaringer fra tidligere viser at fangvekstarealet henger tett sammen med tilskuddssatsen. Vi antar at det er mulig å øke arealet med fangvekster dersom en tar alle virkemidler i bruk – som økonomiske insentiv, samt informasjonskampanjer med infoark med veiledende dyrkingspraksis og markvandring.

Det er beregnet klimagassbesparelser tilsvarende 0,44 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter som er 8,8 % av målet i intensjonsavtalen om reduksjon av klimagasser og økt opptak av karbon i jordbruket mellom bondeorganisasjonene og regjeringen (5 millioner tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter). Utslippsfaktorene benyttet i beregningene er derimot usikre og det trengs langtidsstudier på klimaeffekten på egnede fangvekster og dyrkingsmetoder under norske forhold, samt kartfesting av areal- og aktivitetsdata for å kunne fange opp effekten av fangvekster.

Kostnaden for tiltaket er beregnet til om lag 1180 kr/tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter for perioden 2021-2030 med en økning av arealet til 20 % (om lag 800 000 daa) av alt areal som er potensielt egnet for korndyrking. Det er forutsatt undersådde fangvekster på 40 % av fangvekstarealet og fangvekster sådd like før høsting (tresking) på 60 %. Fordelingen av såmetoder er svært usikker. Dersom en antar at hele fangvekstarealet blir undersådd er tiltakskostnaden lavere (963 kr/tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter redusert), mens den er høyere dersom vi antar at hele arealet blir sådd med fangvekster like før høsting av kornet (1324 kr/tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter). Forskjellen i tiltakskostnad skyldes høye frøkostnader, samt høy såmengde for frøblandingen brukt om høsten.

Ved dyrking av undersådde fangvekster er det en risiko for avlingsreduksjon og dermed tap av inntekter. Det er derfor viktig at tilskuddsnivået er dekkende for det eventuelle inntektstapet. Videre kan kornprisen være med å bestemme om kornprodusenter tar i bruk fangvekster. En høy kornpris kan gi insentiv om å ikke dyrke fangvekster da fangvekstene kan føre til reduserte avlinger. Dette gjelder særlig for undersådde fangvekster, men også fangvekster som sås like før eller etter tresking kan utsette våronna og føre til forkortet vekstperiode. Videre kan dyrking av fangvekster føre til økt bruk av ugrasmiddel for å nettopp unngå en sen start på våren. For en økt oppslutning rundt dyrking av fangvekster kan såfrøkostnader, samt tilgang på egnede såfrø være viktige faktorer å følge opp.

# Referanser

- Andrews, M., Scholefield, D., Abberton, M.T., McKenzie, B.A., Hodge, S. 2007. Use of white clover as an alternative to nitrogen fertiliser for dairy pastures in nitrate vulnerable zones in the UK: productivity, environmental impact and economic considerations. *Annals of Applied Biology*. 151 (1), 11-23. DOI: 10.1111/j.1744-7348.2007.00137.x
- Aronsson, H., Bergkvist, G., Stenberg, M., Wallenhammar, A.C. 2012. Gröda mellan grödorna – samlad kunskap om fånggrödor. Jordbruksverket rapport 21
- Aronsson, H., Hansen, E. M., Thomsen, I. K., Liu, J., Øgaard, A. & Känkänen, H. 2016. The ability of cover crops to reduce nitrogen and phosphorus losses from arable land in southern Scandinavia and Finland. *71*(1), 41-55.
- Bardalen, A., Rivedal S., Aune, A., O'Toole, A., Walland, F., Silvennoinen, H.K., Sturite, I., Bøe, F., Rasse, D., Pettersen, I. & Øygarden, L. 2018. Utslippsreduksjoner i norsk jordbruk. Kunnskapsstatus og tiltaksmuligheter. NIBIO rapport Vol 4 Nr.149.
- Basche, A.D., Miguez, F.E., Kaspar, T.C., Castellano, M.J. 2014. Do cover crops increase or decrease nitrous oxide emissions? A meta-analysis. *Journal of Soil and Water Conservation*. 69 (6), 471-482.
- Bechmann, M., Stenrød, M., Greipsland, I., Hauken, M., Deelstra, J., Eggestad, H. O. & Tveiti, G. 2017. Erosjon og tap av næringsstoffer og plantevernmidler fra jordbruksdominerte nedbørsfelt . Sammenhangsrapport fra Program for Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) for 1992-2016.
- Bergkvist, G., Ohlander, L., Rydberg, T. 2002. Insådd av mellangrödor i höstsäd. Rapport 4. Institutionen för ekologi och växtproduktionslära, SLU, Uppsala.
- Blanco-Canqui, H., Shaver, T. M., Lindquist, J. L., Shapiro, C. A., Elmore, R. W., Francis, C. A. & Hergert, G. W. 2015. Cover crops and ecosystem services: Insights from studies in temperate soils. *107*(6), 2449-2474.
- Bye, A. S., Gundersen, G. I., Sandmo, T., & Berge, G. 2004. Jordbruk og miljø. Resultatkontroll jordbruk 2004. SSB rapport 2004/22.
- Bye, A. S., Aarstad, P. A., Løvberget, A. I., Rognstad, O & Storbråten, B. 2019. Jordbruk og miljø 2018. Tilstand og utvikling. SSB rapport 2019/5.
- Bye, A. S., Aarstad, P. A., Løvberget, A. I., Rognstad, O & Storbråten, B. 2020. Jordbruk og miljø 2019. Tilstand og utvikling. SSB rapport 2020/3.
- Bysveen, K. 2017. Fangvekster etter tidlig høsta grønnsaker og potet. Norsk Landbruksrådgiving Viken, 1.utgave
- Bøe, F., Bechmann, M., Øgaard, A. F., Sturite, I., & Brandsæter, L. O. 2019. Fangvekstenes økosystemtjenester–Kunnskapsstatus om effekten av fangvekster. *NIBIO Rapport*.
- Børresen, T. & Eltun, R. 1993. Virkningen på jord og avling av undervekster i korn i feltforsøk på Apelsvoll og Staur. Norsk Landbruksforskning, 94-110.
- Dabney, S., Delgado, J.A., Reeves D.W. 2001. Using winter crops to improve soil and water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1221-1250.
- De Notaris, C., Rasmussen, J., Sørensen, P., & Olesen, J. E. 2018. Legume-based cover crops benefit crop yield and reduce nitrate leaching.

- Frøseth, R.B., Bleken, M.A. 2015. Effects of low temperature and soil type on the decomposition rate of soil organic carbon and clover leaves, and related priming effect. *Soil Biology & Biochemistry* 80: 156-166
- Grønlund, A. 2010. Omlegging fra åker til gras på bakkeplanert jord. Karbonlagring og klimagassutslipp. NIBIO rapport Vol. 5 Nr. 78.
- Grønlund, A., & Harstad, O. M. 2014. Klimagasser fra jordbruket. Kunnskapsstatus om utslippskilder og tiltak for å redusere utslippene. *Bioforsk Rapport*.
- Grønlund, A., Zarruk, K., Rasse, D., Riley, H., Klakegg, O., & Nystuen, I. 2008. Kunnskapsstatus for utslipp og binding av karbon i jordbruksjord. *Bioforsk rapport*, 3(132), 47.
- Hiitola, K. & Eltun, R. 1996. The effect of undersown cover crops on grain yield and the nitrogen content of plants and soil. Norwegian Agricultural Research.
- IPCC. 2006. IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories. Chapter 4. Agriculture, Forestry and Other Land Use: Institute for Global Environmental Strategies (IGES)
- Kaye, J. P., & Quemada, M. 2017. Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agronomy for sustainable development*, 37(1), 4.
- Kuo, S.; Sainju, U. M.; Jellum, E. J. 1997. Winter cover crop effects on soil organic carbon and carbohydrate in soil. *Soil Science Society of America Journal*, 61.1: 145-152.
- Känkänen, H., Eriksson, C. 2007. Effects of undersown crops on soil mineral N and grain yield of spring barley. *European Journal of Agronomy* 27, 25-34.
- Lal, R. 2004. Soil carbon sequestration to mitigate climate change. *Geoderma*, 123(1-2), 1-22.
- Li, X., Petersen, S.O., Sørensen, P., Olesen, J.E. 2015. Effects of contrasting catch crops on nitrogen availability and nitrous oxide emissions in an organic cropping system. *Agriculture, Ecosystems, Environment*. 199, 382-393.
- Liu, J., Ulen, B., Bergkvist, G. 2010. Potential catch crops for phosphorus leaching. Poster abstract In: Proceedings from Cost action 869: Riparian buffer strips as a multifunctional management tool in agricultural landscapes. April 25-28 2010, Ballater, Scotland.
- Lunnan, T. 2003. Potensialet til kvitkløver i økologisk driftsopplegg. *Grønn Kunnskap* 7(4), 127-135.
- Lunnan, T., Rivedal, S., Sturite, I. 2017. Effektar av traktorkøyring, gjødsling og frøblanding på avling, botanisk samansetjing, førkvalitet, nitrogenopptak og nitrogenfiksering i eng. NIBIO rapport Vol 3 Nr. 81.
- Lågbu, R., Nyborg, Å.A., Svendgård-Stokke, S. 2018. Jordsmonnstatistikk Norge. NIBIO rapport Vol 4 Nr. 13.
- Løes, A-K., Henriksen, T. M., Eltun, R. & Sjørnsen, H. 2011. Repeated use of green-manure catch crops in organic cereal production – grain yields and nitrogen supply. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and plant science*. 61:2, 164-175. DOI: 10. 1080/09064711003655509.
- Meld. St. nr. 1. 2019-2020. Nasjonalbudsjettet 2020. Tilgjengelig fra:  
<https://www.statsbudsjettet.no/Statsbudsjettet-2020/Dokumenter1/Budsjettdokumenter/Nasjonalbudsjettet-2020/Meld-St-1-3-Den-okonomiske-politikken-/37-Klimapolitikken-/>
- Miljødirektoratet. 2019. Veileder for utredning av klimatiltak som skal brukes inn i 2030-analyser. Versjon 2. juli 2019.
- Molteberg, B., & Tangsveen, J. 2004. Fangvekster i korn. *Planteforsk Grønn kunnskap* Vol 8 Nr. 1.

- Molteberg, B., Henriksen, T.M., Tangsveen, J. 2004. Bruk av gras som fangvekster i korn. *Planteforsk Grønn kunnskap* Vol 8 Nr. 12.
- Neumann, A., Torstensson, G., & Aronsson, H. 2012. Nitrogen and phosphorus leaching losses from potatoes with different harvest times and following crops. *Field Crops Research*, 133, 130-138.
- De Notaris, C., Rasmussen, J., Sørensen, P., & Olesen, J. E. 2018. Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 255, 1-11.
- Teknisk Beregningsutvalg for klimagassutslipp i jordbruket (TBU). 2019. Jordbruksrelaterte klimagassutslipp. Gjennomgang av klimagassregnskapet og vurdering av forbedringer. Rapport fra partssammensatt arbeidsgruppe. 1.7.2019
- Ohlander, L., Bergkvist, F., Stendahl, F. & Kvist, M. 1996. Yield of catch crops and spring barley as affected by time of undersowin. *Acta Agriculturae Scandinavica* 46: 161-168.
- Petersen, S.O., Mutegi, J.K., Hansen, E.M., Munkholm, L.J. 2011. Tillage effects on N<sub>2</sub>O emissions as influenced by a winter cover crop. *Soil Biology and Biochemistry*. 43(7), 1509-1517.
- Poeplau, C., Aronsson, H., Myrbeck, Å., & Kätterer, T. 2015. Effect of perennial ryegrass cover crop on soil organic carbon stocks in southern Sweden. *Geoderma Regional*, 126-133.
- Poeplau, C., & Don, A. J. 2015. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops—A meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems Environment*, 200, 33-41.
- Rasse, D., Økland, I. H., Bárcena, T. G., Riley, H., Martinsen, V., Sturite, I., ... & Budai, A. E. 2019. Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord. *NIBIO Rapport*.
- Reeves, D.W. 1994. Cover crops and rotations. In crops residue management. Hatfield, J. L., Steward, B.A., Eds. *Advances in Soil Science*; Lewis Publishers: Boca Raton, Fl., 125-172.
- Serikstad, G.L., Hansen, S., de Boer, A. 2013. Biologisk nitrogenbinding – belgvekster som kilde til nitrogen. *Bioforsk Fokus* Vol. 8, Nr. 3.
- Serikstad, G. L., Pommeresche, R., McKinnon, K., & Hansen, S. 2018. Karbon i jord–kilder, handtering og omdanning.
- Stabbetorp, H. 2018. Dyrkingsomfang og avling i kornproduksjonen. *Jord-og Plantekultur 2018*. Forsøk i korn, olje-og proteinvekster, engfrøavl og potet 2017.
- Sturite, I., Henriksen, T. M., Breland, T. A. J. 2007. Winter losses of nitrogen and phosphorus from Italian ryegrass, meadow fescue and white clover in a northern temperate climate. *Agriculture, Ecosystems, Environment* 120(2-4), 280-290.
- Sturite, I., Rivedal, S., Dörsch, P. 2014a. Nitrogen-tap i form av N<sub>2</sub>O fra kløverrik eng gjennom vinteren. I: Fløistad, E. og Günther, M. (red.). *Bioforsk FOKUS*, 9 (2), s. 86
- Sturite, I., Rivedal, S., Dörsch, P. 2014b. Effects of fertilization and soil compaction on nitrous oxide (N<sub>2</sub>O) emissions in grassland. In Hopkins, A. et .al. (eds). *EGF at 50. The future of European Grasslands*. 19, 94-96.
- Thomas, B.W., Hao, X., Larney, F.J., Goyer, C., Chantigny, M.H., Charles, A. 2017. Non-legumes cover crops can increase non-growing season nitrous oxide emissions. *Soil Science Society of America Journal* 81: 189-199 DOI: 10.2136/sssaj2016.08.0269
- Valand, S., Nøkland, A., Sundet, H. 2017. Karbonbinding i norsk landbruksjord. *Norsk Landbruksrådgiving Østafjells*
- Øygarden, L., Bechmann, M. 2017. Synergier av miljøtiltak i jordbruket – klimagassutslipp, klimatilpassing, vannforvaltning og luftforurensinger i norsk jordbruk. *NIBIO Rapport* Vol 3 Nr. 51.



Øygarden, L., Nesheim, L., Dörsch, P., Fystro, G., Hansen, S., Hauge, A., Stornes, A.K. 2009.  
Klimatiltak i jordbruket – mindre lystgassutslipp gjennom mindre N-tilførsel til jordbruksareal og optimalisering av dyrkingsforhold. Bioforsk Rapport Vol 4, Nr. 175.

# Tabellvedlegg

Vedleggstabell 1. Oversikt over arter og sorter som er prøvd ut som fangvekster og kategorisert som egnet, lite egnet eller mangler kunnskap basert på om fangvekstene er passende/egnet for norsk klima.

Korn			Tidlig potet /grønnsaker		
Egnet	Lite egnet	Mangler kunnskap	Egnet	Lite egnet	Mangler kunnskap
Italiensk raigras ( <i>Lolium multiflorum</i> )	Engsvingel ( <i>Festuca pratensis</i> )	Sikori ( <i>Cichorium intybus</i> )	Italiensk raigras ( <i>Lolium multiflorum</i> )	Hvitsennep ( <i>Sinapis alba</i> )	Sikori ( <i>Cichorium intybus</i> )
Engelsk raigras ( <i>Lolium perenne</i> )	Hundegras ( <i>Dactylis glomerata</i> )	Oljereddik ( <i>Raphanus sativus var oleiformis</i> ) = fôrredikk	Engelsk raigras ( <i>Lolium perenne</i> )		Oljereddik ( <i>Raphanus sativus var oleiformis</i> ) = fôrredikk
Rød kløver ( <i>Trifolium pratense</i> ) og kvitkløver ( <i>Trifolium repens</i> )	Timotei ( <i>Phleum pratense</i> )	Reddik (Daikonreddik; <i>Raphanus sativus var longipinnatus</i> )	Rød kløver ( <i>Trifolium pratense</i> ) og kvitkløver ( <i>Trifolium repens</i> )		Reddik (Daikonreddik; <i>Raphanus sativus var longipinnatus</i> )
	Hvitsennep ( <i>Sinapis alba</i> )	Lodnevikke = vintervikke ( <i>Vicia villosa</i> )	Ett årig (westerwoldsk) raigras ( <i>Lolium westerwoldicum</i> )		Lodnevikke = vintervikke ( <i>Vicia villosa</i> )
			Rug ( <i>Secale cereale</i> ) – vanlig høstrug		
			Steinkløver ( <i>Melilotus officinalis</i> )		
			Honningurt ( <i>Phacelia tanacetifolia</i> )		
			Blodkløver ( <i>Trifolium incarnatum</i> )		



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

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

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

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