

# Nasjonalt program for jordhelse

Faggrunnlag og forslag til utvikling av  
tiltak og virkemidler for økt satsing på  
jordhelse

**Rapport nr. 13/2020**  
**28.02.2020**



**Landbruksdirektoratet**  
Eanandoallodirektoráhtta





Rapport: Nasjonalt program for jordhelse

---

Avdeling: Avdeling for ressurs og areal

---

Dato: 28.02.2020

---

Rapport-nr.: 13/2020

---

Forsidebilde: Liv Kristin Sola, Bondevennen

## Forord

I revidert tildelingsbrev 2018 fikk Landbruksdirektoratet i oppdrag av Landbruks- og matdepartementet å lage et jordprogram. Arbeidet startet opp i 2019. I samråd med LMD nedsatte Landbruksdirektoratet en arbeidsgruppe til å stå for utarbeidelsen. Arbeidsgruppen ble sammensatt av representanter for sentrale faginstanser på jordområdet, samt faglagene i landbruket. Landbruksdirektoratet har vært sekretariat for arbeidsgruppen.

Arbeidsgruppen har gått gjennom noen sentrale jordfaglige temaer som er i ferd med å få økt oppmerksomhet både internasjonalt og i Norge. Denne rapporten oppsummerer disse temaene, med intensjon om at denne oppsummeringen skal kunne utgjøre et faglig grunnlag for økt satsing på jordhelse framover. I tilknytning til denne gjennomgangen har arbeidsgruppen identifisert kunnskapsbehov som er omtalt i rapportens kap. 5. Arbeidsgruppen har gått gjennom en del tiltak og virkemidler som kan være aktuelle for videre utvikling på kort sikt. Avslutningsvis, i kap. 7, foreslår gruppa hvordan det kan arbeides videre med programmet.

Arbeidsgruppen har hatt fem interessante og konstruktive møter. Et av møtene ble kombinert med befaring og orientering hos Anders Hørthe i Sylling, som driver produksjon av grønnsaker i stor skala, og som har arbeidet i lengre tid med å prøve ut tiltak for bedre jordhelse på de arealene han driver. Videre har professor Kamran Shalchian-Tabrizi fra Universitet i Oslo holdt foredrag for arbeidsgruppen om mulighetene for å undersøke jordliv og effekter av jordlivet med DNA-baserte teknikker.

Landbruksdirektoratet anser med denne rapporten første fase i arbeidet med et jordprogram for gjennomført.

Oslo 28.02.2020

Ola Christian Rygh  
Arbeidsgruppas leder

# Innholdsfortegnelse

<b>Forord</b> .....	<b>2</b>
<b>Innholdsfortegnelse</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammendrag</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Innledning og bakgrunn</b> .....	<b>7</b>
1.1 Jord i søkelyset .....	7
1.2 Bakgrunnen for et norsk jordprogram .....	8
<b>2 Mandat</b> .....	<b>9</b>
2.1 Arbeidsgruppas sammensetning og sekretariat.....	10
2.2 Begrepsbruk i programmet.....	11
2.2.1 Kort historikk .....	11
2.2.2 Bruk av begrepene jordkvalitet og jordhelse i Norge .....	12
2.2.3 Valg av begrep i jordprogrammet - «Nasjonalt program for jordhelse» .....	13
<b>3 Om jord, økosystemtjenester fra jord, og trusler mot jord</b> .....	<b>14</b>
3.1 Jordsmonn og jordtyper i Norge .....	14
3.2 Økosystemtjenester, opphav og systematikk.....	15
3.3 Økosystemtjenester fra jord, jordfunksjoner .....	16
3.4 Trusler mot jord.....	17
3.4.1 Erosjon.....	18
3.4.2 Jordpakking.....	21
3.4.3 Tap av organisk materiale og jordliv .....	22
<b>4 Jordliv, organisk materiale og jordstruktur</b> .....	<b>23</b>
4.1 Jordlivet.....	23
4.2 Organisk materiale og karbon i jord.....	25
4.2.1 Potensial for karbonbinding i jord .....	26
4.3 Jordstruktur .....	28
4.3.1 Betydningen av jordstruktur .....	28
<b>5 Kunnskapsbehov, kunnskapsutvikling og formidling</b> .....	<b>31</b>
5.1 Prinsipper og praksis for god jordhelse .....	31
5.1.2 Helhetlige systemer for driftspraksis som retter seg mot å forbedre jordhelse .....	32
5.2 Kunnskapsutvikling og rådgiving innenfor jordhelse i Norge .....	33
5.3 Kunnskapsbehov.....	34
5.3.1 Kartlegging av status for jordhelse.....	34
5.3.2 Sammenhenger mellom jordhelse, jordfunksjoner og økosystemtjenester .....	35
5.3.3 Betydningen av jordliv for plantenes næringsopptak, næringsinnhold, plantehelse, dyrehelse og humanhelse .....	35
5.3.4 Jordarbeiding og jordpakking .....	35
5.3.5 Husdyrgjødsel, jordforbedringsmidler og andre tilførte driftsmidler .....	36
5.3.6 Kulturspesifikke jordhelsetiltak (korn, potet, gras og fôrvekster, frukt og bær) .....	36
5.3.7 Helhetlige driftssystemer for bedre jordhelse .....	37
5.4 Indikatorer .....	37
5.4.1 Verktøy for undersøkelse av jordhelse i felt.....	37
Jordlappen .....	37

Helsekort jord.....	38
5.4.2 Indikatorer for forskning og overvåkning.....	38
<b>6 Tiltak for bedre jordhelse .....</b>	<b>41</b>
6.1 Oversikt over aktuelle tiltak .....	41
<b>7 Videre arbeid og oppfølging av programmet .....</b>	<b>45</b>

## Sammendrag

Jord er grunnlaget for produksjon av mat og biomasse. Jord som fungerer godt – som har god jordhelse – leverer også flere andre viktige økosystemtjenester. Rensing av vann og lagring av karbon er to viktige eksempler på det. Betydningen av jordressursen – og truslene mot den – får nå økt oppmerksomhet både internasjonalt og her i landet. Tre viktige grunner til det er (1) at avlingsøkningen ser ut til å ha stagnert i viktige produksjoner i flere jordbruksområder i verden, (2) at jordas evne til å lagre vann og drenere bort overflødig vann ofte fungerer dårlig, og (3) at jorda taper organisk materiale og karbon. I tillegg til utfordringer med jordas produksjonsevne, fører dette også til avrenning av jord og næringsstoffer til vann, og til utslipp av klimagassen CO<sub>2</sub>. Mange bønder erfarer disse utfordringene på flere måter i sin drift.

God jordhelse betyr at jordas fysiske, kjemiske og biologiske komponenter fungerer optimalt sammen, både for produksjon og andre jordfunksjoner. Jordhelse som begrep innebærer økt vektlegging av livet i jord, organisk materiale og jordstruktur inn denne sammenhengen. En jord med god struktur har god vannhusholdning og større evne til karbonlagring, reduserer forurensning til vann og luft, og har de beste forholdene for god plantevekst. God jordstruktur er avhengig av et allsidig og aktivt jordliv, og for de fleste jordtyper også av et visst innhold av organisk materiale.

Klimaendringene vil, etter arbeidsgruppas oppfatning, gi økt risiko for forringelse av matjord. Forbedret jordstruktur vil redusere denne risikoen.

Både jordliv, innhold av organisk materiale og jordstruktur er samtidig avhengig av planter, som binder atmosfærisk karbon og produserer organiske forbindelser som er substrat for jordlivet. Ny kunnskap tilsier at det i hovedsak er levende planter og planterøtter som leverer atmosfærisk karbon i form av organiske molekyler til mikrolivet i jorda. Dette samspillet er dermed også et viktig grunnlag for karbonlagring.

Rapporten peker også på spørsmål som er reist om mulige sammenhenger mellom jordhelse og plante- og dyrehelse. Det er etter arbeidsgruppas oppfatning behov for mer kunnskap her.

Driftspraksis i jordbruket har stor innvirkning på jordstruktur, jordliv og innhold av organisk materiale. Den nye kunnskapen om samspillet mellom planter og mikroliv kan også potensielt få stor innvirkning på driftspraksis, dersom en ønsker å legge større vekt på jordhelse. Ideelt bør jorda forstyrres minst mulig, og ha mest mulig grønt og levende plantedekke størst mulig del av året. I praksis må flere hensyn avveies.

Arbeidsgruppa har pekt på en rekke aktuelle kunnskapsbehov, både når det gjelder grunnleggende problemstillinger rundt jordlivets betydning og praktiske løsninger for en mer jordhelsevennlig jordbrukspraksis. Tiltak som kan gjennomføres på kortere sikt er også vurdert, og det er her pekt på flere muligheter knyttet til økt vektlegging og videre utbygging av en del nåværende driftstiltak og virkemidler. Redusert jordarbeiding og bruk av fangvekster er eksempler på dette.

Arbeidsgruppa foreslår at rapporten legges grunn for prioriteringer av forskningsmidler og prosjektmidler.

Rapporten legger også fram forslag om å utrede og ta i bruk jordhelseindikatorer til bruk både i overvåkning, forskning, veiledning og av den enkelte bonde på feltnivå.

Arbeidsgruppa vil understreke at det langsiktige perspektivet er viktig for det videre arbeidet med jordhelse og oppfølging av programmet. Grunnen til dette er at god jordhelse i stor grad handler om økt vektlegging av biologiske prosesser. De biologiske prosessene er dynamiske, og de krever løpende vedlikehold i form av god og stedstilpasset driftspraksis der det tas hensyn til jordtype, klima og produksjon. Dette innebærer at løsninger for den enkelte gård blir viktig i arbeidet med jordhelse. Det begynner å bli stor interesse for jordhelse spørsmål i landbruket, og flere produsenter har engasjert seg. Virkemidler bør etter arbeidsgruppas oppfatning brukes strategisk for å bygge opp under interesse og engasjement hos den enkelte produsent. På denne bakgrunnen foreslår arbeidsgruppa at det etableres en ordning med utviklingstilskudd for god jordhelsepraksis, som blant annet vektlegger bonden som aktør i innovasjonen. Arbeidsgruppa har satt opp noen forslag til innhold i et utviklingstilskudd, men utforming av dette må utredes nærmere.



# 1 Innledning og bakgrunn

## 1.1 Jord i søkelyset

Jord, livet i jord og de økosystemtjenestene en frisk jord leverer, er grunnlaget for alt annet liv på landjorda. Jordas tilstand er derfor også avgjørende for livskvalitet og bærekraftig økonomisk utvikling. Blant FNs 17 bærekraftsmål er frisk jord direkte og indirekte knyttet til flere av målene.

Intensivt jordbruk har bidratt til forringelse av dyrket jord i mange viktige jordbruksområder i verden. Globalt er det bekymring for at matjordas produktivitet er avtakende (EASAC, 2018). Det har vært en markert økning i oppmerksomheten internasjonalt knyttet til disse utfordringene de siste årene, jf. tekstboks nedenfor.

Utfordringene knyttet til jord har vært mindre framtreddende i Norge enn i de mest utsatte områdene i verden, men gjør seg gjeldende også her. Jordvern og langsiktig bevaring av jorda som produksjonsgrunnlag har derfor vært på dagsorden en stund. I økende grad er det nå også søkelys på jordkvalitet, jordhelse og jordfunksjoners betydning for miljø, klima, plante- og dyrehelse.

Forringelse og tap av jord utgjør en stor samfunnsmessig risiko. Denne rapporten skal være et bidrag til å identifisere utfordringer og muligheter for at de ulike funksjonene knyttet til dyrket jord kan ivaretas bedre i praktisk landbruksdrift. Det er mye som taler for at forbedringer i matjordas kvaliteter kan gi en betydelig samfunnsøkonomisk gevinst.

### Internasjonale initiativ, institusjonelle prosesser og rapporter som omhandler jord

#### Europa – EU

- 2002 Europakommisjonen inkluderer jord i «The Sixth Environmental Action Plan»
- 2006 Europakommisjonen «Soil Thematic Strategy», med første forslag til jorddirektiv.
- 2010 I FNs år for biologisk mangfold ble denne rapporten laget for Europakommisjonen; [Soil biodiversity: functions, threats and tools for policy makers \(250 sider\)](#)
- 2012 EU s «Joint Research Center (JRC)» «[Comprehensive review of the state of soils in Europe](#)»
- 2014 Europakommisjonen ble forelagt forslag om et eget jorddirektiv, men manglet støtte fra flere medlemsland og forslaget ble ikke vedtatt.
- 2013-2020 «The Seven Environment Action Program (EAP). Her heter det at: – Landbruket skal drives bærekraftig, - Jord skal ha adekvat beskyttelse, - Forurenset jord/ jordområder skal renses.
- 2018 The European Academies' Science Advisory Council (EASAC) (De nasjonale Vitenskapsakademiene i EU, Sveits og Norge) la fram rapporten «[Opportunities for soil sustainability in Europe](#)». Rapporten setter søkelyset på muligheter og utfordringer ifht en bærekraftig jordforvaltning i Europa.
- 2019-2020 Jordhelse og mat blir i EUs innovasjonsprogram [HORIZON 2021-2028](#) definert som et av 5 «Mission areas»

### Globalt (FN- FAO)

- 2012 [Global Soil Partnership](#) (GSP) er et frivillig partnerskap som inkluderte regjeringer, NGOer og andre aktører med mål om å få til bærekraftig forvaltning og dyrkingspraksis som tar vare på jordsmonnet, globalt og nasjonalt.
- 2013 [Intergovernmental Technoical Panel on Soils](#) (ITPS) ble etablert
- 2015 Jordåret ([International Year of Soil \(IYS\)](#)) ble erklært av FN og stimulerte til økt oppmerksomhet om jord/jordhelse verden over. I Norge deltok både NIBIO, Foregangsfylke «Levende matjord» og flere andre med arrangementer, inkludert publikasjoner og utstillinger.
- 2015 Den omfattende kartleggingen og publikasjonen «[Status of the Worlds Soil Resources](#)» ble utgitt av ITPS
- 2015 [World Soil Charter](#) fra 1981 ble revidert som del av FNs jordår.
- 2017 The [Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management](#) (VGSSM) (FAO)
- 2017 [The Global Assessment of the Impact of Plant Protection Products on Soil Functions and Soil Ecosystems](#) (PPP) (FAO and ITPS)

## 1.2 Bakgrunnen for et norsk jordprogram

Bakgrunn og faglige rammer for Jordprogrammet er gitt i Regjeringens nasjonale strategi for økologisk jordbruk (juni 2018). Her heter det (s. 19):

*«Foregangsfylket for jord og jordkultur har bidratt til økt oppmerksomhet, kunnskap og interesse rundt problemstillinger knyttet til biologiske prosesser i jorda. Dette har skapt engasjement blant både konvensjonelle og økologiske produsenter. Kunnskap om utvikling og bruk av kompost som næringstilførsel er særlig relevant for økologiske produsenter som ikke har enkel tilgang på husdyrgjødsel. Miljømessig og klimamessig er tiltak for forbedring av jordstruktur og humusinnhold relevant med tanke på klimatilpasning, ivaretaking og utnyttelse av ressurser, økt matproduksjon samt å øke jordas kapasitet til karbonlagring. Regjeringen ønsker å satse videre på arbeid med jord og jordkultur. Det skal etableres et «Jordprogram» på tvers av miljø, klima og driftsform som skal ha et nasjonalt nedslagsfelt og forankres i relevante fagmiljø. Det er viktig at satsingen har overføringsverdi til både konvensjonell og økologisk produksjon»*

I revidert tildelingsbrev 2018 til Landbruksdirektoratet heter det: «Landbruksdirektoratet får i oppgave å utarbeide et jordprogram, der jordstruktur og jordkvalitet er sentrale elementer. Frist for ferdigstilling fastsettes etter nærmere dialog mellom LMD og direktoratet»

I revidert tildelingsbrev 2018 til Landbruksdirektoratet heter det videre om NLR: «NLR skal (også) utvikle fagområdet for jord- og jordkultur». NLR er nå i ferd med å utvikle et nytt rådgivningstilbud på jord som skal testes og videreutvikles i 2019/2020.

I Landbruks- og matministerens brev til Stortinget 12. juni 2019 (spørretimen) heter det; «Landbruksdirektoratet skal i løpet av 2019 utvikle et jordprogram som blant annet skal bidra til økt kompetanse hos norske bønder om jord, jordhelse og jordbiologi»

## 2 Mandat

Mandatet er formulert slik i notat fra Landbruksdirektoratet 28.06.19:

*Jordprogrammet skal være et grunnlag for å styrke arbeidet med jordkvalitet i norsk landbruk, med formål om å bevare/øke matjordas kapasitet for matproduksjon, gjøre jorda mer robust i forhold til klimaendringer, øke jordas klimabidrag i form av karbonbinding og redusere ulike miljøbelastninger knyttet til jord.*

*Programmets målsettinger er å bidra til (1) økt interesse og kompetanse om jordstruktur og jordbiologi hos norske bønder, og (2) bedre tilrettelegging for at hensyn til langsiktig jordhelse kan ivaretas i praktisk landbruksdrift.*

*Viktige ledd i arbeidet med å nå disse målsettingene blir å;*

- *Oppsummere viktige forutsetninger for å oppnå god jordkvalitet, med blant annet jordbiologi og jordstruktur som sentrale elementer.*
- *Oppsummere kunnskapsstatus og erfaringer på området, herunder pågående prosjekter og aktiviteter*
- *Kartlegge behov for økt kunnskap og utprøving, og foreslå satsingsområder*
- *Identifisere behov for tiltak og virkemidler*

*Forbedring av jordkvalitet tar tid, og programmet må ha et langsiktig perspektiv. Utvikling av parametere og metodikk for registrering av utvikling av jordkvaliteten over tid, samt gjennomføring av slike registreringer, kan være aktuelle tiltak i programmet.*

*Programmet skal kunne inngå som del av det faglige grunnlaget for prioriteringer innen kunnskaps-utvikling, rådgiving og informasjon, og i tillegg utgjøre et grunnlag for utvikling av nye tiltak og virkemidler.*

*Det skal vurderes hvordan foreslåtte tiltak kan gjennomføres og eventuelt finansieres.*

*Norsk landbruksrådgiving har fått i oppdrag å videreutvikle fagområdet for jord og jordkultur. Arbeidet med programmet skal samordnes med dette utviklingsarbeidet.*

*Innholdet i programmet skal forankres hos avtalepartene og berørte faginstanser i landbruket. For å ivareta denne forankringen og tilføre fagkompetanse til arbeidet vil Landbruksdirektoratet oppnevne en arbeidsgruppe med deltakelse fra næringsorganisasjonene og sentrale faginstanser.*

*Arbeidet med programmet skal til 15.02.2020 munne ut i en rapport som oppsummerer sentrale faglige utfordringer og peker ut satsingsområder. Forslag til tiltak og virkemidler kan også inngå i denne rapporten. Det kan etter dette vurderes om det er behov for å fortsette arbeidet med programmet i en fase 2, med hovedvekt på videre vurdering av tiltak og virkemidler.*

Mandatet ble drøftet med LMD i møte 23.08.19, og det var enighet om å legge det til grunn i arbeidet videre slik det er gjengitt ovenfor.

Begrepet jordkvalitet er sentralt i oppdrag og mandat. Arbeidsgruppa har drøftet begrepene jordkvalitet og jordhelse, og valgt å bruke jordhelse som samlebegrep for det programmet bør rette seg mot. Drøfting og begrunnelse for dette framgår av rapportens kap. 2.2. Dette valget representerer til en viss grad en tolkning av mandatet, men i hovedsak ingen endring av innholdet.

I arbeidsgruppas diskusjon av mandatet ble det påpekt at programmet bør si noe om nåværende tilstand i dyrket jord i Norge og hvilke utfordringer klimaendringene kan gi når det gjelder jord. Videre ble det påpekt at jordas funksjoner knyttet til karbonbinding og lagring av karbon bør være med som del av bakgrunnsbildet for programmet.

I diskusjonene ble det også framhevet at programmet bør reflektere hva som er muligheter og potensial for forbedringer av jordhelsa, og også at rapporten formidler potensialet for gevinst for den enkelte produsent. Gevinst kan være knyttet til bondens økonomi på kort sikt, men kanskje i enda større grad til langsiktig ressursforvaltning i samfunnsperspektiv. Rapporten bør også – på den andre siden - belyse hva som er potensialet for tap dersom man ikke lykkes med å forbedre jordhelsa.

I det videre arbeidet med rapporten har arbeidsgruppa valgt å legge vekt på potensial for forbedringer. Det er ikke gått videre med analyse av tapspotensialet, da dette i hovedsak framgår indirekte.

Jordprogrammet skal i henhold til mandatet samordnes med utviklingsarbeidet innen jord og jordkultur i Norsk landbruksrådgiving (NLR), som er del av oppfølgingen av Foregangsfylke Levende Matjord. NLRs arbeid med dette bygger på aktiviteter og kompetanse NLR lenge har hatt innenfor jord og god agronomi. I mandatet NLR har fått er det presisert at kunnskapen skal komme både konvensjonelle og økologiske bønder til del. Samordningen mellom Jordprogrammet og arbeidet i NLR er ivaretatt gjennom NLRs deltakelse i arbeidsgruppa og de innspill NLR har gitt til denne rapporten.

Arbeidsgruppa har ikke gått inn i vurderinger av ansvar og roller innenfor kunnskapsutvikling og rådgiving på jordhelseområdet, blant annet fordi dette ikke inngår i mandatet. Målsettingen med programmet er, i henhold til mandatet, først og fremst å etablere noen faglige rammer for det videre arbeidet på området.

Rapporten foreslår faglige rammer for Jordprogrammet knyttet til jordhelse, der sentrale elementer er jordliv, organisk materiale og jordstruktur. Det er identifisert en del kunnskapsbehov og aktuelle virkemidler knyttet til dette. Forslagene er basert i stor grad på arbeidsgruppas kompetanse og kunnskap om den faglige utviklingen på området. Rapporten er til en viss grad også basert på litteraturreferanser, både primærreferanser og sekundærreferanser av typen NIBIO-rapporter og NORSØK-faginfo.

## **2.1 Arbeidsgruppas sammensetning og sekretariat**

Landbruksdirektoratet inviterte viktige faginstanser og faglagene til å oppnevne medlemmer til arbeidsgruppa. Arbeidsgruppa fikk etter dette denne sammensetningen:

Hellek Berge, Norsk Bonde- og Småbrukarlag  
Svein Guldal, Norges Bondelag  
Øystein Haugerud, Fylkesmannen i Oslo og Viken  
Jon Mjærum, Norsk landbruksrådgiving  
Trond Børresen, NMBU  
Reidun Pommeresche, NORSØK  
Jannes Stolte, NIBIO

Ola Christian Rygh, Landbruksdirektoratet, har ledet arbeidsgruppa. Sekretariatet har bestått av Ingrid Kongsvoll, Carl Erik Semb (sekretariatsleder) og Helge Vittersø, alle Landbruksdirektoratet.

## 2.2 Begrepsbruk i programmet

Det er to sentrale stikkord i oppdraget fra LMD; jordkvalitet og jordstruktur. Samtidig har Landbruks- og matministeren også brukt stikkordene jordhelse og jordliv i svar på spørsmål fra Stortinget. Stikkordene gir i stor grad en retning for innholdet i jordprogrammet. For det videre arbeidet er det likevel hensiktsmessig å avklare status når det gjelder bruk av, og innhold i, begrepene jordkvalitet og jordhelse. Formålet med dette er å avklare og etablere et begrepsmessig fundament for (1) diskusjonene i arbeidsgruppa og innholdet i program/rapport, og (2) kommunikasjon om jordprogram og jord generelt i næring og rådgivning, forvaltningen og mot samfunnet for øvrig.

«Jordstruktur» og «jordliv», de øvrige stikkordene LMD har gitt i forbindelse med oppdraget, har på den annen side i hovedsak et omforent meningsinnhold. Arbeidsgruppa har derfor ikke sett behov for utdyping av disse begrepene.

### 2.2.1 Kort historikk

Begrepet jordkvalitet har blitt brukt med litt ulikt innhold og betydninger innenfor jordfaget. På 1970-tallet oppsto det en diskusjon om innholdet i begrepet med utgangspunkt i denne definisjonen fra USA: «The ability of the soil to yield corn, soybeans and wheat under conditions of high level management» (Mausel 1971). Som det framgår rettet denne definisjonen seg utelukkende mot biomasse-/matproduksjon, og ikke andre jordfunksjoner, og bygger også på en i stor grad gitt driftspraksis. I senere diskusjoner (Bünemann m.fl. 2018) er dette betegnet som en statisk definisjon, i den forstand at den ikke åpner for vekselvirkninger mellom jordkvaliteten og driftspraksis.

I 1994 ble denne definisjonen på jordkvalitet foreslått: «*The capacity of a soil to function within ecosystem and landuse boundaries to sustain biological productivity, maintain environmental quality, and promote plant and animal health*» (Doran og Parkin 1994). Ifølge Bünemann mfl. (2018) har det i forlengelsen av dette forslaget utviklet seg en forståelse av at jordkvalitetsbegrepet omfatter både jordas iboende/naturgitte egenskaper og egenskaper som kan påvirkes og endres gjennom bruk, samt at kvaliteten/egenskapene må ses i forhold til hele spekteret av økosystemtjenester som jorda skal levere. Forvaltning/driftspraksis er etter dette blitt det sentrale temaet når det gjelder jordkvalitet ifølge Bünemann. Begrepet jordhelse ble fra rundt 1990 og utover en del av diskusjonen om jordkvalitet (Bünemann m.fl. 2018). «Jordhelse» har ifølge Bünemann sin opprinnelse i at det er observerte sammenhenger mellom jordkvalitet og plante-, dyre- og humanhelse. Begrepet skal også ha vært brukt analogt til helse hos et individ eller samfunn. Flere forfattere mener ifølge Bünemann at jordhelse i større grad (enn jordkvalitet) retter seg mot jordas natur som noe levende og dynamisk, og der jordlivet spiller en hovedrolle.

Det er noe ulike innfallsvinkler til begrepene jordkvalitet og jordhelse. Moebius-Clune m.fl. (2016) mener at «jordkvalitet» omfatter både iboende (statiske) og dynamiske kvalitetsegenskaper, og at jordhelse er ekvivalent til den dynamiske delen av jordkvaliteten. Lal (2016) har en liknende innfallsvinkel. Bünemann m.fl. (2018) konkluderer derimot med at «jordkvalitet» og «jordhelse» nå kan betraktes som likestilte begreper, men forutsetter samtidig at jordlivet og relaterte funksjoner er sentralt i begge.

Både i vitenskapelig litteratur og pågående jordfaglige diskusjoner internasjonalt får nå begrepet jordhelse en større plass. FAO har utarbeidet en bred definisjon av begrepet jordhelse, se tekstboks under.

**FAOs definisjon av jordhelse:**

*Soil health is the capacity of soil to function as a living system, within ecosystem and land use boundaries, to sustain plant and animal productivity, maintain or enhance water and air quality, and promote plant and animal health. Healthy soils maintain a diverse community of soil organisms that help to control plant disease, insect and weed pests, form beneficial symbiotic associations with plant roots; recycle essential plant nutrients; improve soil structure with positive repercussions for soil water and nutrient holding capacity, and ultimately improve crop production (FAO, 2008)*

En norsk oversettelse, i noe forenklet og tilpasset versjon, kan lyde slik:

*Jordhelse er jordas evne til å fungere som et levende system, som bidrar til å opprettholde plante- og dyreproduksjon, opprettholde eller forbedre vann- og luftkvalitet, og fremme plante- og dyrehelse. Frisk jord opprettholder et mangfold av jordorganismer som bidrar til å kontrollere plantesykdommer, insektangrep og ugras, danner gunstig samarbeid med planterøtter, resirkulerer næringsstoffer, forbedrer jordstrukturen med positive ringvirkninger for jordas evne til å holde på vann og næring; og der samlet effekt er bedre forhold for planteproduksjon.*

### **2.2.2 Bruk av begrepene jordkvalitet og jordhelse i Norge**

«Jordkvalitet» har lenge vært brukt innen NIBIOs jordsmonnskartlegging, der det produseres en egen karttype kalt jordkvalitetskart. Her deles jorda inn i tre kvalitetsklasser ut fra egnethet for planteproduksjon. Det er i første rekke jordas iboende/statiske egenskaper som ligger til grunn for denne inndelingen. Denne kartleggingen og inndelingen representerer dermed i hovedsak en statisk forståelse av begrepet jordkvalitet, der potensialet for påvirkning gjennom drift ikke er reflektert. NIBIO arbeider også med jordkvalitet ut fra en bredere forståelse av begrepet.

Begrepet brukes videre innenfor Norsk standard, der det er en rekke standarder<sup>1</sup> for ulike målinger og analyser under fellesbetegnelsen jordkvalitet; Her er det også noen analyser knyttet til jordliv, og implisitt ser det ut til at kvalitetsbegrepet her har et noe utvidet innhold sammenliknet med jordsmonns-kartleggingen. Jordkvalitet som begrep er også brukt innenfor miljøstatistikk, knyttet opp til tilsvarende arbeid innenfor Eurostats definisjon og indikatorer for jordkvalitet. Her har begrepet et bredere innhold og omfatter flere miljøindikatorer.

«Jordkvalitet» er også i økende grad brukt med et utvidet innhold i Norge, der statiske og dynamiske aspekter av jordkvaliteten ses i sammenheng, og der driftspraksis blir vektlagt.<sup>2</sup>

NORSØK har i sitt arbeid med jordfaglige spørsmål, herunder bl.a. utvikling av kurstilbudet «Jordlappen», brukt kvalitetsbegrepet i en bred forstand, i stor grad overlappende med slik begrepet jordhelse er i ferd med komme i bruk i andre land og i enkelte sammenhenger i Norge.

<sup>1</sup> <https://www.standard.no/no/Nettbutikk/produktkatalogen/?ProdCat=11343587>

<sup>2</sup> [Jord og jordkvalitet](#)

<https://www.agropub.no/nyheter/stikk-spaden-og-fingrene-i-jorda>

Begrepet jordhelse, har inntil for få år siden vært lite brukt i Norge. Søk på «jordhelse» på NIBIOs nettsider gir to treff, begge på rapporter om biokull. Her er biomasse av meitemark brukt som indikator for jordhelse, men jordhelse er ikke nærmere definert i rapportene.

«Jordhelse» er de siste årene benyttet i forbindelse med informasjonsmøter og rådgivning knyttet til Foregangsfylke levende matjord. Norsk landbruksrådgiving er også i ferd med å ta i bruk begrepet.

### **2.2.3 Valg av begrep i jordprogrammet - «Nasjonalt program for jordhelse»**

Arbeidsgruppa foreslår å bruke «jordhelse» som det primære begrepet for det som jordprogrammet retter seg mot, herunder at begrepet tas inn i tittelen på programmet. Begrepet imøtekommer føringene og mandatet for programmet på en hensiktsmessig måte etter arbeidsgruppas vurdering.

Arbeidsgruppa har lagt følgende vurderinger til grunn for dette forslaget:

1. Innholdet i begrepet jordkvalitet varierer med hvilke jordegenskaper og funksjoner man ser kvaliteten opp mot. I Norge brukes begrepet som navn på temakart med grunnlag i jordsmonnsskartleggingen, der jorda inndeles etter jordas iboende/statiske egenskaper som er viktige for den agronomiske bruken, samt hellingsgrad. For øvrig brukes begrepet også i bredere forstand i Norge, der dynamiske kvalitetsaspekter og sammenheng med driftspraksis integreres i varierende grad. I de ulike sammenhengene begrepet brukes i Norge er det i liten grad formulert eksplisitte definisjoner.
2. «Jordhelse» gir assosiasjoner til biologi og jordliv og har også i stor grad et slikt meningsinnhold, både internasjonalt og slik det er i ferd med å etableres i Norge. Begrepet peker mot de jordegenskapene som kan påvirkes gjennom driftspraksis. I dialog om jord, både mot næring, forvaltning og samfunnet for øvrig, oppfatter arbeidsgruppa begrepet som mer selvforklarende enn jordkvalitet opp mot det budskapet jordprogrammet bør ha. Arbeidsgruppa ser det også slik at jordprogrammet skal markere et utvidet og noe endret faglig fokus når det gjelder jord, og at begrepet jordhelse er egnet til å målbære dette.

Forslaget om jordhelse som det primære begrepet i jordprogrammet er gjort i forståelse av at begrepet jordkvalitet fremdeles vil bli brukt i ulike sammenhenger der det er naturlig å velge dette begrepet.

Arbeidsgruppa foreslår «Nasjonalt program for jordhelse» som full tittel på programmet, med «Jordprogrammet» som kortnavn.

## 3 Om jord, økosystemtjenester fra jord, og trusler mot jord

### 3.1 Jordsmonn og jordtyper i Norge

På Wikipedia er jord definert slik: Jord (pedosfæren) ligger i grensesnittet mellom litosfæren (berggrunnen), biosfæren, atmosfæren og hydrosfæren. Den består av mineraler og organisk materiale, blant annet levende organismer.

Jordsmonn inndeles primært ut fra

- (1) geologisk avsetningstype (morene, sediment, forvitring mv.),
- (2) opphavsmateriale (bergarter/mineraler/vegetasjonstype for organisk jord), og
- (3) mekanisk sammensetning (grus, sand, silt, leire mv).

«Jordsmonn» betegner den delen av jordskorpens løsmasser som er påvirket av jordsmonnsdannende prosesser. NIBIO beskriver jordsmonnet slik:

*«Jordsmonn er den delen av jordskorpenes løsmasser som er påvirket av de jordsmonndannende faktorene klima, organismer, topografi, opphavsmateriale og tid. Summen av disse påvirkningsfaktorene gir jordsmonnet på et sted en særegen karakter. Graver vi et loddrett snitt gjennom de øverste 1-2 meter av jordsmonnet, vil vi se mange tilnærmet horisontale lag med ulik farge, struktur, fysiske- og kjemiske egenskaper. Ved å observere og vurdere slike karakteristika kan jordsmonnet beskrives og klassifiseres.» (Jordsmonnkartlegging – Beskrivelse av metoder for klassifisering og avgrensning av jordsmonn, NIBIO Rapport, vol. 4, nr. 12, 2018)*

Ved NIBIOs program for jordsmonnkartlegging er det i alt ni ulike karakteregenskaper (blant annet egenskaper knyttet til opphavsmaterialet, jordas tekstur, hydrologiske forhold, jorddybde og jordsmonnutvikling) som vurderes og gis en verdi knyttet til et eget kodeverk basert på et internasjonalt system (World Reference Base for Soil Resources – WRB, 2014). Jordsmonnklassifiseringen vektlegger i hovedsak jordsmonnets stedegne og mer eller mindre iboende karakter, selv om større menneskelige inngrep (planering, fyllinger, jordflytting mv.) også tas hensyn til.

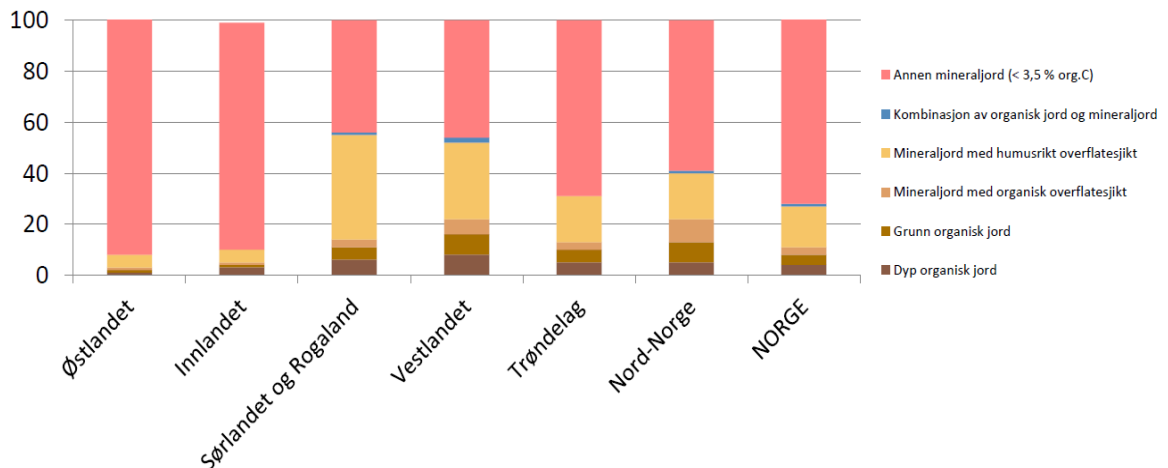
I sammenheng med jordhelse er innhold av organisk materiale i jorda et sentralt tema, jf. nærmere omtale i kap. 3.3 og 4.2. Innholdet av organisk materiale er vesentlig redusert i deler av norsk jordsmonn de siste 60-70-årene (Riley 2003). Dette gjelder i hovedsak på mineraljord, og mest i områder med åkerdrift (korn, potet, grønnsaker). I Norge har vi imidlertid også jordsmonn med høyt innhold av organisk materiale. Mye av denne jorda brukes til produksjon av gras til husdyrfôr. Figur 1 viser fordelingen av mineraljord og organisk jord i Norge.

Jordhelseutfordringer på hhv. mineraljord og organisk jordsmonn kan variere en del. På arealer med mineraljord er utfordringene (truslene) i stor grad knyttet både til lavt innhold av organisk materiale, tap av jordliv og dårlig struktur, jf. kap. 3.2. På arealer med jordsmonn med høyt innhold av organisk materiale (både organisk jord og mineraljord), spesielt i områder med mye nedbør, kan det høye innholdet av organisk materiale tvert imot utgjøre et problem for drifta. Under slike forhold har jorda ofte dårlig bæreevne, med påfølgende kjøreskader og jordpakking. Jordlivet er ofte dårlig eller lite aktivt, og et problem som kan oppstå dersom jordlivet får bedre betingelser gjennom tiltak for bedre jordhelse, er at mineralisering av det organiske materialet kan føre til økte CO<sub>2</sub>-utslipp.



Aktuelle tiltak for bedre jordhelse vil derfor variere en god del ut fra jordsmonn, klima og produksjon. Som omtalt i kap. 5.2 er det behov for å vurdere forutsetningene på det enkelte gårdsbruk for å finne fram til bedre løsninger for jordhelse. Jordas sammensetning og iboende egenskaper må inngå i grunnlaget for å vurdere tiltak.

## Organisk materiale (%)



Jordsmonnstatistikk Norge

14.02.2018

Figur 1. Andeler av mineraljord, organisk jord og blandingstyper i ulike landsdeler (S. Svendgård-Stokke, NIBIO)

Jord og jordsmonn kan også beskrives mer som et dynamisk fundament i økosystemet, der det legges større vekt på jordas prosesser enn beskrivelsene referert fra Wikipedia og NIBIOs jordmonnskartlegging ovenfor. Her er et eksempel på det:

«Soil is a dynamic interface between the lithosphere (rock), atmosphere (air), hydrosphere (water), and biosphere (living things). It is the zone in which rock and organisms, and the air and water that move in and through and around them, interact. Soil is not just the physical parts that make it up, but also the active interactions between its various physical, biological and chemical parts. A soil's characteristics determine how that soils functions as a foundation of the ecosystem it is part of» (Moebius-Clune m.fl. 2017)

En slik beskrivelse passer godt med begrepet og temaet jordhelse slik det brukes i denne rapporten.

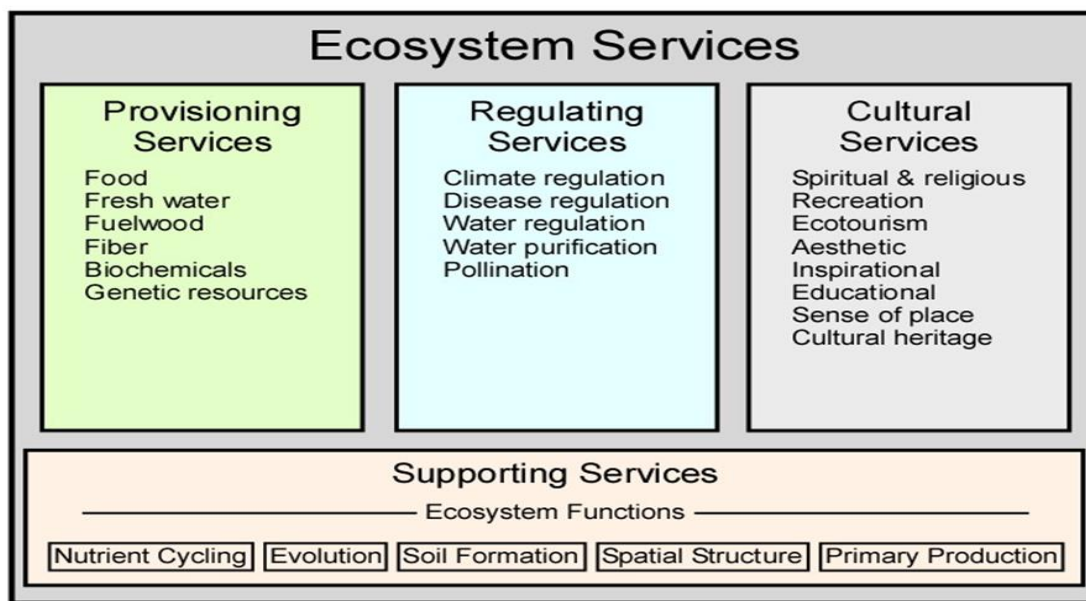
### 3.2 Økosystemtjenester, opphav og systematikk

I 2005 la FN fram sin globale økosystemstudie «Millenium Ecosystem Assessment (MA)», et arbeid som involverte 1300 forskere. Målet var å kartlegge konsekvensene av endringer i økosystemene, og å lage et vitenskapelig fundament for handling og bærekraftig forvaltning av økosystemene. Et av hovedfunnene i MA var at av klodens 24 definerte økosystemtjenester<sup>3</sup> var

<sup>3</sup> Med «**økosystemtjenester**» menes økosystemenes direkte og indirekte bidrag til menneskenes eksistens og velferd (NOU 2013 – 10: Naturens goder – om verdier av økosystemtjenester)

15 av disse i nedgang, mye pga menneskenes aktivitet som tærer på klodens biologiske mangfold og økosystemer.

Økosystemtjenestene er i henhold til MA gruppert i fire og disse tjenestene er; «støttende - supporting», «forsynende - provisioning» «regulerende- regulating» og «kulturelle - cultural»



Modified, with additions, from the Millennium Assessment

Figur 2 Økosystemtjenester, basert på Millenium Ecosystem Assessment (MA) 2005

Figur 2 viser de 24 økosystemtjenestene, fordelt på fire kategorier. Som vi ser er jord helt sentralt som en grunnleggende eller støttende økosystemtjeneste og noen ganger nærmest synonymt med tjenesten som beskrives. Jord er direkte eller indirekte relevant for alle de støttende, forsynende og regulerende økosystemtjenestene. Økosystemtjenester har i tillegg en fjerde dimensjon, en kulturell, der forhold som rekreasjon, økoturisme og spirituelle sider trekkes inn og jord anses å ha en funksjon også til flere av de kulturelle tjenestene, jf. omtale av jordfunksjoner i kap. 3.3.

### 3.3 Økosystemtjenester fra jord, jordfunksjoner

The European Academies Science Advisory Council (EASAC) består av de nasjonale vitenskapsakademiene i EU, Sveits og Norge. I 2018 publiserte EASAC rapporten «Opportunities for soil sustainability in Europe». Rapporten er basert på en omfattende gjennomgang av vitenskapelig litteratur på jordområdet og gir detaljerte beskrivelser av de økosystemtjenestene som leveres gjennom ulike funksjoner som jord og jordsmonnet har. Tabell 1 er en oversatt utgave av tabell hentet fra denne rapporten, og viser økosystemtjenestene med relaterte jordfunksjoner. Tabellen gir oversikt over en rekke funksjoner jordsmonnet har innenfor de fire kategorier av økosystemtjenester.

Jordforskere grupperte allerede på 80-tallet (Robinson m.fl. 2017) de ulike jordfunksjonene nevnt i tabell 1 i følgende syv hovedgrupper:

1. Biomasseproduksjon (mat, fiber og energi)
2. Lagring, filtrering og transport av næring og vann
3. Karbonlager (klimagasser)

4. Biodiversitet (habitat og genbank)
5. Plattform for menneskelig aktivitet og infrastruktur
6. Råmaterialer (jordmineraler, byggeråstoff, matjord)
7. Arkeologiske og geologiske verdier

Dette er referert til senere i rapporten som «jordfunksjoner».

Tabell 1 Økosystemtjenester fra jord– hentet fra rapporten *Opportunities for soil sustainability in Europe (EASAC, 2018)*.

Støttende tjenester	Jordfunksjoner
Jorddannelse	Forvitring av mineraler og frigjøring av næringsstoffer Omdanning og lagring av organisk materiale Dannelse av porestruktur som inneholder luft, vann og gir forhold for røtters vekst
Primærproduksjon	Dannelse av ladede overflater for lagring og utveksling av ioner Medium for frømodning og røtters vekst
Næringskretsløp	Forsyner planter med vann og næring Nedbryting av organisk materiale av jordorganismer som i neste omgang lagres og/ eller frigjøres til planter
Regulerende tjenester	
Vannkvalitet	Filtrering og buffring av partikler i jordvann Rensing av forurenset jord
Vannforsyning	Infiltrasjon og transport av vann i jorda Drenering av overflødig vann fra jordsmonnet til grunnvannet
Klima	Klimagasser (lagre karbon og forhindre tap av klimagasser)
Erosjon	Holde jordsmonnet fast til undergrunnen
Sykdom	Nedbryting av plante-, dyre-, og human patogener
Forsynende tjenester	
Matforsyning	Vanning-, nærings- og vekstmedium for planter til mennesker og/eller dyr
Vannforsyning	Lagring og rensing av vann
Fiber og energi	Vann, nærings- og vekstmedium for planter som gir oss fiber og energi
Jord og jordmineraler	Torv, matjord og jordmineraler
Overflatestabilitet	Stabilt fundament for infrastruktur
Tilholdssted	Habitat for jordorganismer, innsekter, fugler mm.
Genetiske ressurser	Kilde til unik, ukjent og potensielt nyttig genetisk materiale
Kulturelle tjenester	
Kulturlandskap og kulturminner	Bevaring av ulike natur- og kulturlandskap Kilde til pigmenter og fargestoffer Gravminner Bevaring av arkeologiske gjenstander

### 3.4 Trusler mot jord

Flere prosesser kan utgjøre en trussel mot jordas funksjoner og evne til å gi økosystemtjenester. De største truslene i Europa er beskrevet i rapporten «Soil threats in Europe: status, methods,

drivers and effects on ecosystem services» (Stolte m.fl. 2016). Tabell 2 oppsummerer truslene og effekt på jordfunksjoner slik de er omtalt i rapporten.

Truslene kan grupperes i fysiske, kjemiske og biologiske. Flere av truslene forsterker effekten av hverandre. For eksempel vil erosjon føre til større risiko for tørke og tap av organisk materiale og biodiversitet.

Trafikk, industriaktivitet, gruvedrift, langtransportert atmosfærisk forurensning og utbredt bruk av plantevernmidler kan forurense jordsmonnet og føre til akkumulering av skadelige stoffer i jordsmonnet og i næringskjeden. Dette er alvorlige trusler mot jordas evne til å levere økosystemtjenester, og kan påvirke human helse. Denne innledende fasen av jordprogrammet retter seg i første rekke mot driftspraksis i landbruket, og det har ikke vært mulighet til å gå inn på påvirkning fra andre sektorer. Landbruket selv kan forurense jordsmonnet gjennom gjødsel (tungmetaller, veterinærmedisinrester, mikrobiell resistens), biorest (plast), avløps slam (en rekke miljøfremmede stoffer, AMR), plantevernmidler og landbruksplast.

Det er flere viktige drivere som forsterker omfanget og effekten av truslene. Klima og driftsmetoder er sentrale når det gjelder trusler mot jordhelse i landbruket. Et endret klima med mer nedbør, ekstremvær og tørke vil forsterke omfanget av erosjon og tap av biomasse og organisk materiale. Våttere klima kan føre til mer jordpakking, dersom mer av jordarbeiding og høsting skjer i perioder med mye nedbør.

De fleste truslene forringer jordkvaliteten ved å forstyrre balansen mellom biologiske, kjemiske og fysiske prosesser i jorda. En god jordstruktur og aktivt jordliv er avgjørende for at jorda skal opprettholde sine jordfunksjoner. Jordas potensial for å lagre karbon vil for eksempel være avhengig av jordas struktur og tekstur, som påvirker binding og stabilisering av organisk materiale. Betydningen jordliv og organisk materiale har for disse aspektene og jordstruktur er nærmere omtalt i kap. 4.

Videre følger kortfattet gjennomgang av de de truslene som er mest gjeldende i Norge relatert til driftspraksis i landbruket.

### **3.4.1 Erosjon**

Jorderosjon oppstår når jordpartikler blir revet løs og transportert bort av vann eller vind. Erosjonsrisikoen er avhengig av nedbør, vindstyrke, jordas helningsgrad og struktur, vegetasjonsdekke, snø og tele.

Erosjon utgjør en trussel mot god jordhelse ved å transportere bort deler av det øverste jordlaget, vaske bort planter og rotsystemer og degradere jordstrukturen. Ved å fjerne deler av matjordlaget kan erosjon medføre redusert fruktbarhet, negativ karbonbalanse og redusert biologisk aktivitet. Når jordstrukturen degraderes, vil jordas buffer- og filtreringsevne reduseres og jordas sårbarhet mot flom og tørke øker. Erosjon kan også påføre skade på den innsatsen bonden har lagt ned i form av jordarbeiding eller tilførsel av gjødsel og næringsstoffer, samt redusere plantetilgjengelig vann og næringsstoffer. På sikt kan erosjon føre til redusert avling og produktivitet i jordbruket.

Det er størst risiko for vinderosjon i tørre regioner, men vinderosjon er ikke avgrenset til disse regionene. Store landbruksområder i Europa er utsatt for vinderosjon. I Nordvest-Europa forekommer vinderosjon i størst grad i områder med store åpne jorder med sandjord under tørre forhold i perioder med lite plantedekke om våren. I Norge er vinderosjon et problem langs deler av kyststripa og i utsatte landskapstyper. Vi ser en økende tendens til vinderosjon på sandig jord også i innlandet som f.eks. Solør. Det er behov for mer kunnskap om hvor og når vinderosjon

Tabell 2 En oppsummering av de største truslene mot jord i Europa og effekt på jordfunksjoner. Basert på rapporten «Soil threats in Europe: Status, methods, drivers and effects on ecosystem services» (Stolte m.fl. 2016)

Trusler	Effekt på jordfunksjoner
Erosjon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tap av organisk materiale og biodiversitet</li> <li>• Flom og jordskred</li> <li>• Forørkning</li> <li>• Forurensning</li> <li>• Redusert avling og produktivitet</li> <li>• Tap av jord og næringsstoffer til vann og luft</li> </ul>
Jordpakking	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Skader på jordstruktur</li> <li>• Redusert vanninfiltrasjon</li> <li>• Økt risiko for erosjon og flom</li> <li>• Avlingsreduksjon</li> <li>• Redusert biodiversitet</li> <li>• Tap av plantetilgjengelig nitrogen på grunn av anaerobe forhold</li> </ul>
Tap av organisk materiale og organisk karbon	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dårligere jordstruktur (svakere bindinger)</li> <li>• Færre og mindre variasjon i porer</li> <li>• Mer utsatt for erosjon og pakking</li> <li>• Mindre plantetilgjengelig næring (N, P, S mfl.)</li> <li>• Mindre plantetilgjengelig vann, mer utsatt for tørke</li> <li>• Mindre biologisk mangfold</li> </ul>
Tap av jordliv (biomasse og/eller biodiversitet)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dårligere jordstruktur</li> <li>• Større virkning av forurensning/dårligere nedbrytning av miljøgifter</li> <li>• Redusert vanninfiltrasjon</li> <li>• Høyere risiko for jordpakking</li> <li>• Lavere innhold av organisk materiale</li> </ul>
Flom og jordskred	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dårligere jordstruktur</li> <li>• Økt fare for jorderosjon</li> <li>• Redusert jordbiodiversitet</li> <li>• Mindre fruktbar jord og avlingsnedgang</li> <li>• Økt risiko for jordpakking</li> <li>• Forurensning (sediment, næringsstoff)</li> </ul>
Forurensning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Påvirkning på menneskers helse gjennom matkjeden</li> <li>• Tap av biologisk mangfold -&gt; mindre stabile jordaggregat og nedbrytning av organisk materiale -&gt; økt risiko for erosjon</li> </ul>
Jordforsegling (nedbygging)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tap av produktiv jord</li> <li>• Tap av biologisk mangfold</li> <li>• Oppdyrking av areal som er mindre egnet for matproduksjon og gir en større miljøbelastning</li> </ul>
Forørkning	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tap av biologisk mangfold</li> <li>• Økt risiko for erosjon og flom</li> <li>• Skader på jordstruktur</li> <li>• Tap av organisk materiale</li> <li>• Økt risiko for forsøling</li> </ul>
Forsøling	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tap av biologisk mangfold</li> <li>• Økt risiko på forørkning</li> <li>• Forurensning</li> <li>• Økt risiko for erosjon</li> </ul>

oppstår, effekt av klimaendringer og i hvilken grad vinderosjon utgjør en trussel mot produktiviteten i landbruket.

Det er størst risiko for vinderosjon i tørre regioner, men vinderosjon er ikke avgrenset til disse regionene. Store landbruksområder i Europa er utsatt for vinderosjon. I Nordvest-Europa forekommer vinderosjon i størst grad i områder med store åpne jorder med sandjord under tørre forhold i perioder med lite plantedekke om våren. I Norge er vinderosjon et problem langs deler av kyststripa og i utsatte landskapstyper. Vi ser en økende tendens til vinderosjon på sandig jord også i innlandet som f.eks. Solør. Det er behov for mer kunnskap om hvor og når vinderosjon oppstår, effekt av klimaendringer og i hvilken grad vinderosjon utgjør en trussel mot produktiviteten i landbruket.

På grunn av mangelfulle feltobservasjoner som er vanskelig å sammenligne, brukes ofte modeller for å si noe om erosjonsrisiko og sammenligne risiko mellom land og regioner. Det finnes flere ulike modeller som baserer seg på ulike beregningsmetoder og som gir ulike utslag med hensyn til erosjonsrisiko for et gitt areal. NIBIO har utviklet et nytt verktøy for vurdering av erosjonsrisiko, bestående av to kartlag – ett som viser risiko for flateerosjon som følge av overflateavrenning og grøfteavrenning, og ett som viser risiko for drågerosjon. Verktøyet publiserer og tas i bruk av forvaltningen i løpet av 2020.

Mens den gamle metoden for å beregne flateerosjon, jordtapslikningen, er en enkel, empirisk likning der faktorer multipliseres med hverandre, er den nye metoden, PESERA, prosessorientert, dvs. at den framstiller og simulerer selve prosessene som driver erosjonen: Nedbør og snøsmelting blir til infiltrasjon og overflateavrenning, der sistnevnte river med seg og transporterer jordpartikler. En fysisk basert modell blir mer «robust» i den forstand at prosessene er universelle, de virker på samme måte uansett hvor i verden man befinner seg. Teoretisk sett skal en slik modell gi mindre usikkerhet i resultatene når modellen brukes i områder der en har lite måledata å støtte seg på.

Tabell 3 viser andel jordbruksjord fordelt på erosjonsrisikoklasser i Norge som årlig blir rapportert til OECD. Erosjon blir beregnet ved en forenklet versjon av den universelle jordtapslikningen (USLE), Tallene er basert på erosjonsrisikokartet fra NIBIO og data fra SSB (tilskuddordning).

Tabell 3 Andel jordbruksjord i Norge fordelt på erosjonsrisikoklasser (NIBIO)

<b>%-vis fordeling av risikoklasser</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>
<b>Lav &lt;0.5 t/ha</b>	78	77	77	76	76	76
<b>Middels 0.5-2 t/ha</b>	17	17	17	18	18	18
<b>Høy 2-8 t/ha</b>	4	4	5	5	5	5
<b>Veldig høy &gt;8 t/ha</b>	1	1	1	1	1	1

JOVA-programmet (Program for jord- og vannovervåking i landbruket) er et nasjonalt overvåkingsprogram som ble startet i 1992 med det formål å dokumentere effekter av jordbrukspraksis og tiltak på avrenning og vannkvalitet. De høyeste gjennomsnittlige jordtapene fra starten av programmet til og med april 2016 er målt i overvåkingsfelt i Trøndelag (318 kg/daa), på Romerike (232 kg/daa) og i Grimstad (158 kg/daa). Feltene i Trøndelag og på Romerike ligger i områder med stor erosjonsrisiko og korndyrking er dominerende i de to overvåkingsfeltene. Overvåkingsfeltet i Grimstad har stor andel potet- og grønnsaksdyrking. Det jordarbeides på en stor del av arealet hvert år i de tre feltene. Erosjon gir tap av jordressurser, det vil si matjordlag med næringsstoffer etter gjødsling, kalking m.m. Fra de øvrige syv overvåkingsfeltene er det målt

gjennomsnittlige jordtap fra 9 kg/daa fra grasdyrking på Jæren til 113 kg/daa fra et overvåkingsfelt med korndyrking sør i Akershus.

Klimaendringer som forventes å gi økt nedbør og mer intens nedbør vil gi økt fare for erosjon og tap av jord. Data fra overvåkingsprogrammet viser at det har vært økt avrenning gjennom overvåkingsperioden i tre av feltene. Det har vært en oppadgående trend i både avrenning og jordtap fra overvåkingsfeltet sør i Akershus. Overvåkingsfeltene på Romerike og Hedmarken har imidlertid ikke gitt større jordtap som effekt av økt avrenning. Redusert jordarbeiding er et viktig tiltak for å redusere jordtap fra jordbruksarealene. Hydrotekniske tiltak som bidrar til å redusere overflateavrenningen kan også ha bidratt til reduserte jordtap. Det er også funnet noe jordtap fra overvåkingsfelt på Jæren og i Valdres, men jordtapene i disse feltene er svært lave og derfor har dette liten betydning. For øvrig er det ikke funnet signifikante trender for tap av jord fra overvåkingsfeltene.

### 3.4.2 Jordpakking

I det mekaniserte jordbruket har jordpakking blitt en stor trussel for jordhelsen og regnes som en viktig årsak til stagnasjon i avlinger globalt sett. Jordpakking påvirker jordstrukturen og dermed flere viktige jordfunksjoner som f.eks. infiltrasjon, drenering, ventilering, risiko for erosjon og flom. En god jordstruktur sikrer gode vekstvilkår både i tørre og fuktige år og er viktig for biologisk aktivitet i jorda. Med de klimaendringer som er ventet i Norge, så vil jordpakking bli et større problem fremover fordi vanninnholdet i jorda er en avgjørende faktor for jordas bæreevne.

Ved jordpakking er det særlig de store porene i jorda som bli ødelagt. Disse porene er helt avgjørende for jordas evne til å lede mye vann i perioder med stor nedbør samtidig som de er ventilasjonssystemet når det overflødig vannet er drenert ut. Mange av organismene som lever i jorda, trenger også relativt store porer for å ha det optimalt og i tillegg trenger de oksygen (ventilasjon). Jordpakking kan på den måten redusere den biologiske aktiviteten i jorda. For plantene vil kanskje rotveksten være det som lider mest pga stor jordmotstand, men dermed reduseres både opptak av vann og næringsstoffer. Enkelte næringsstoffer blir tyngre tilgjengelig, og nitratgjødsel kan i verste fall tapes som lystgass (drivhusgass).

Jordpakking er et resultat av jordas bæreevne og maskinens vekt og marktrykk. Jordas bæreevne er påvirket av vanninnholdet og under fuktige og våte forhold er bæreevnen liten. Når det gjelder maskinen så vil belastningen i dybden være styrt av maskinens vekt, mens belastningen i overflata er et resultat av marktrykket som er avhengig av hjuldimensjon og lufttrykk i dekk. En kan oppnå et lavt marktrykk og dermed liten skade i overflata selv med en tung maskin, men dessverre hjelper dette ikke tilsvarende mye for pakking i dypere sjikt. Tunge maskiner og mye nedbør øker dermed risikoen for jordpakking i dybden.

Ved vurdering av tiltak mot jordpakking er det viktig å skille mellom skader nær overflata, for eksempel ned til 25 cm og dypere skader, for eksempel under 40 cm. Pakkingsskader nær overflata kan gi stor avlingsnedgang, men er relativt enkle å reparere. Skader i dybden derimot er av langvarig karakter, tilnærmet varig under 40 cm. Det er mye som tyder på at det ikke er enkle grep for å rette opp dype pakkingsskader. Det er også viktig å påpeke at disse skadene ofte ikke gir stor nedgang i avlinger, men i ekstreme år med for mye eller lite nedbør, vil slike skader merkes.

Jordpakking er et dilemma i dagens jordbruk fordi det er ønskelig med stor kapasitet og få maskiner. Dermed ser vi en sterk økning i maskinstørrelsen. Tilgjengelig traktorstatistikk indikerer at gjennomsnittsvekten for nye traktorer økte med ca 37% i perioden 1986 til 2011. Stor kapasitet kan være viktig for å utnytte de tidspunktene der jorda er laglig eller lite utsatt for

pakking, men samtidig er det godt dokumentert at dess tyngre maskinen er dess større er risikoen for dyp pakking. I et endret klima med mer nedbør kan tiden der jorda er laglig bli veldig begrensende for når arbeidet kan utføres.

Å kvantifisere og måle virkningen av jordpakking på fysiske egenskaper i jord er krevende, spesielt for jordlag under plogsjiktet. Det finnes derfor få grundige undersøkelser av omfanget av jordpakking og de dekker kun avgrensede regionale områder. Oldeman et. al (1991) estimerte at totalt 68 millioner hektar jord er påvirket av jordpakking, men dette tallet er sannsynligvis mye høyere i dag. For Europa ble det estimert til å være 33 millioner hektar som var skadet pga jordpakking. I Sverige ble det anslått at avlingstapet i potet og sukkerbeteproduksjonen var ca 2% allerede for 25 år siden pga varig jordskade og dette tapet ville øke til 3% innen 15 -20 år ved bruk av samme maskinpark (Håkansson 2005). Dette kan være en indikasjon på pakkingsstatus i Norge i dag. I NIBIO- rapporten Økt norsk kornproduksjon gjennom forbedret agronomisk praksis (Uhlen m.fl. 2017) anslås avlingsreduksjonen i norsk kornproduksjon pga grunn pakking å være ca 15% mens dyp pakking anslås å gi et avlingstap på ca 4 prosent i gjennomsnitt per år. I tillegg kommer et ytterligere tap på vendeteiger. I rapporten pekes det på at med relativt enkle tiltak kan avlingstap som følge av jordpakking reduseres betydelig, men det er lite realistisk å se for seg at avlingstapene kan bli null.

### **3.4.3 Tap av organisk materiale og jordliv**

Tap av jordliv kan innebære både reduksjon av total biomasse og diversitet i former for jordliv. Et aktivt jordliv sammen med organisk materiale er helt sentralt for å opprettholde de jordfunksjonene som jordsmonnet gir. Jordsmonn med stor biodiversitet vil generelt være mer robust mot forstyrrelser og ha bedre jordhelse. En god matjord kjennetegnes av god grynstruktur, der røtter og jordliv bidrar til å binde organisk materiale, mineralpartikler og næringsstoffer. Dersom jorda ikke har plantedekke og jordliv vil grynstrukturen raskt forsvinne. Dette er nærmere omtalt i kapittel 4.

Som beskrevet tidligere forsterker flere av jordtruslene effekten av hverandre. Tap av organisk materiale og biodiversitet vil i stor grad påvirke hverandre. Andre trusler som kan forsterke tapet av jordliv er erosjon, forsaltning, forurensning og jordpakking. Driftsmetoder i moderne landbruk som jordarbeiding og bruk av plantevernmidler og ugressmidler kan også ha en negativ effekt på jordas innhold av organisk materiale og total biomasse.

Riley (2003) viser utviklingen i karbon og moldinnhold i åkerjord på Østlandet, både fra langtidsforsøk på ulike forskningsstasjoner og på gårdsbruk fra hele Østlandet. Notatet viser at det meste av åkerjorda har hatt en relativ nedgang i karboninnholdet på i underkant av 1 prosent per år. Nedgangen er størst når utgangspunktet av organisk materiale er høyt, og ved overgang til ensidig åkerkultur. Typisk har det på Østlandet etter krigen vært en overgang fra et allsidig vekstskifte med eng i omløpet til ensidig planteproduksjon som ensidig kornproduksjon. NIBIO rapport nr 87 – 2017 (Uhlen m fl.) anslår at lavt innhold av organisk materiale pga ensidig kornproduksjon gir et anslått avlingstap på ca 10 prosent i gjennomsnitt per år.



## 4 Jordliv, organisk materiale og jordstruktur

Jordliv, organisk materiale og jordstruktur er viktig, og til dels avgjørende, for god jordhelse og dermed for de fleste jordfunksjonene og økosystemtjenestene fra jord. Samtidig er dette forhold som i stor grad kan påvirkes av driftspraksis i jordbruket. Dette kapitlet gir noe utfyllende bakgrunn vedrørende betydningen av disse elementene og trekker fram noe av den nye kunnskapen på området. Framstillingen retter seg også mot å få fram hvordan disse elementene henger sammen og er gjensidig avhengig av hverandre.

### 4.1 Jordlivet

De fleste kjente organismegrupper som virus, bakterier, sopp, encella dyr (protister), leddyr (insekter, edderkoppdyr og krepsdyr), nematoder (rundormer) og leddormer (meitemark) er representert i jorda med et stort mangfold innenfor de ulike gruppene. Kun en mindre del av dette mangfoldet, 1-10 %, er kartlagt. F.eks. er det kartlagt omtrent 97 000 arter av sopp, mens faktisk antall arter er antatt å være i størrelsesorden 1,5 – 5,1 millioner (Biodiverse nr. 1 2018). Nye teknikker basert på DNA-sekvensanalyse bekrefter det høye mangfoldet og gir nye muligheter for å karakterisere mangfold og variasjon.

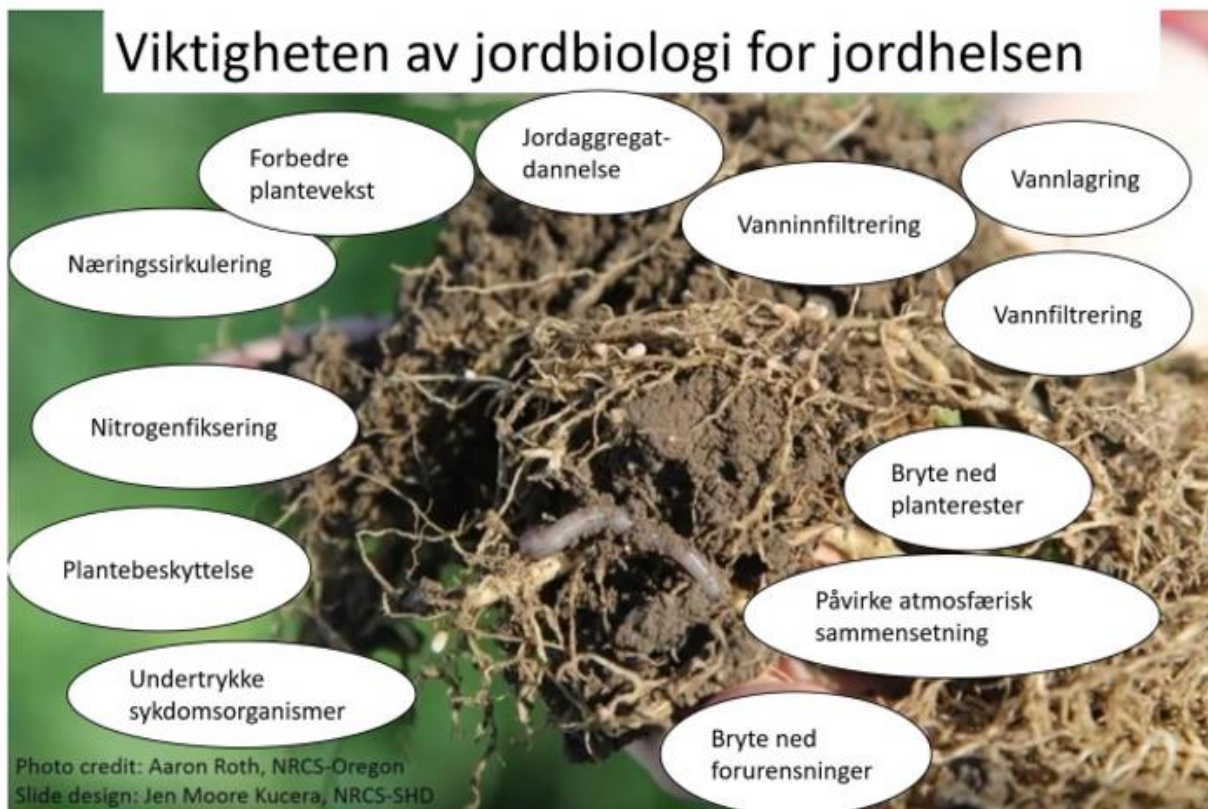
Nedbryting av organisk materiale fra planter og dyr avhenger av jordlivet. Jordlivet bidrar også til plantenes næringsopptak, binding av nitrogen fra luft, lagring av karbon i jorda og til frigjøring av næringsstoffer fra berggrunnen (forvitring). Jordlivet produserer en rekke ulike stoffer som er med og styrer prosesser i jorda, samt stoffer som limer sammen mineralpartikler og organisk materiale til jordaggregater. Mikroorganismer i jord er avgjørende for karbon- og nitrogenkretsløpet, de både frigjør og tar opp klimagassene N<sub>2</sub>O (lystgass), CH<sub>4</sub> (metan) og CO<sub>2</sub>. Jordlivet har gjennom alle disse prosessene en avgjørende rolle i næringsstoffenes kretsløp, og for flere andre viktige jordfunksjoner som avhenger av god jordhelse.

EASAC-rapporten (2018) løfter fram flere spørsmål knyttet til dokumenterte og mulige sammenhenger mellom jordhelse og forekomst av sykdommer hos planter, dyr og mennesker. Jord representerer på den ene siden en mulig smittevei for sykdommer på planter, dyr og mennesker. På den annen side er det også holdepunkter for at god jordhelse kan bidra til å redusere forekomst og smittepress av jordbårne sykdommer. Det er vel kjent at endringer i sammensetning av jordlivet knyttet til monokulturer kan gi økt forekomst av noen organismer som fører til sykdom på planter. Tap av biodiversitet i jord har også blitt knyttet til økt forekomst av enkelte sykdommer hos mennesker (Patz m. fl. 2004).

Videre ifølge EASAC-rapporten (2018) er det rapportert at kulturplanter i dag inneholder mindre mikronæringsstoffer enn tidligere. I noen studier er det iht. rapporten funnet korrelasjon mellom redusert innhold av mikronæringsstoffer og forekomst av enkelte sykdommer hos mennesker. Rapporten refererer at det er reist spørsmål om det kan være sammenhenger mellom jordhelse og plantenes opptak og innhold av mikronæringsstoffer, men at det gjenstår å få bedre dokumentasjon om slike eventuelle sammenhenger.

Jordlivet bidrar vesentlig til dannelse av jordstruktur. God jordstruktur er viktig for flere av jordfunksjonene, blant annet vannhusholdning og vannrensing. Videre har jordlivet stor betydning når det gjelder nedbryting og nøytralisering av potensielt giftige forbindelser fra plantevernmidler og forurensning. I EASAC-rapporten (2018) vektlegges også sterkt at det er nær sammenheng mellom mangfold i livet i jorda og mangfold i livet over jordoverflaten.

Jordlivets roller og betydning for jordhelse er illustrert i figur 3.



Figur 3 Betydning av jordbiologien for jordhelse. Oversatt fra USDA/NRCS

EASAC-rapporten (2018) peker på at mange forhold ved moderne driftspraksis i jordbruket har uheldige effekter på jordlivets biomasse og diversitet. Generelt nevner rapporten jordarbeiding, gjødsling, bruk av plantevernmidler og vanning. Spesifikt for engdyrking nevnes blant annet direkte injisering av husdyrgjødsel, høy husdyrtetthet, nullbeite og begrenset mangfold av grasarter i enga. Rapporten understreker samtidig at effektene kan være komplekse og ikke alltid helt entydige. F.eks. kan gjødsling generelt stimulere bakterier mer enn det stimulerer sopp. Som følge av dette kan effekten av symbiotiske forhold mellom mikroliv og planter bli redusert. Et annet eksempel er bruk av glyfosat, som kan stimulere noen deler av mikrolivet, men som reduserer etablering av sopprot (mykorhizza) med påfølgende negative konsekvenser bl.a. for infiltrering av vann (Zaller m.fl.2014).

*Resultater og rapporter basert på forskning og kartlegging i andre land, slik som referert ovenfor, er ikke nødvendigvis uten videre overførbare til Norge. Arbeidsgruppen mener likevel at utfordringene som er påpekt når det gjelder jordliv i EASAC-rapporten trolig er relevante også i Norge.*

*Arbeidsgruppen legger til grunn at etablert og ny kunnskap om jordlivet tilsier at det har avgjørende betydning for biologisk produksjon, miljø og helse i et langsiktig perspektiv. Dette gir etter arbeidsgruppens oppfatning grunnlag for å sette sterkere søkelys på hvordan driftspraksis i jordbruket kan legge bedre til rette for å ivareta jordlivet. Det er behov for både teoretisk og praktisk kunnskap, knyttet til grunnleggende mekanismer og effekter, og konkrete agronomiske tiltak. Mulige sammenhenger mellom jordhelse, plantenes næringsinnhold og helse er også noe som fortjener økt oppmerksomhet.*

## 4.2 Organisk materiale og karbon i jord

Karbon gir byggesteiner og energi til jordlivet, og er (ved siden av nitrogen) den viktigste driveren i økosystemet. Organisk materiale inneholder en stor andel karbon (45-60%), og forhold som bidrar til økt innhold av organisk materiale i jorda, vil derfor også øke karboninnholdet. Innhold av organisk materiale og karbon ses derfor som to sider av samme sak i dette kapitlet. Ved beregning av andel karbon av organisk materiale brukes ofte en faktor på 0,58, dvs. at man går ut fra et karboninnhold på 58 %.

Organisk materiale i jord (SOM, soil organic matter) består av rester av planter og dyr i ulike stadier av nedbryting, den mikrobielle biomassen og dens nedbrytningsprodukter, samt organiske molekyler som plantene skiller ut gjennom røttene (roteksudater) og deres nedbrytningsprodukter. Forskning og nyere analysemetoder viser at det organiske materialet er svært komplekst og at organiske molekyler i jorda inngår i interaksjoner og bindinger både med hverandre og med mineralpartikler (Pommeresche og Swensen, 2016). Kunnskapsutviklingen på dette området har de siste tiårene blitt mer systemorientert, dvs. med større fokus enn tidligere på prosessene knyttet til jordøkosystemet.

Karboninnholdet i jord globalt anslås til å være minst tre ganger så høyt som henholdsvis karboninnholdet i atmosfæren eller det som er bundet i planter (Schmidt m.fl., 2011). For jordhelse er det avgjørende med et visst innhold av organisk bundet karbon, Lal (2016) antyder 1,5-2 % som en nedre grense for god jordhelse i jorda rundt planterøttene (rotsonen). I tillegg til organisk bundet karbon (Soil Organic Carbon, SOC) inneholder jorda også uorganisk karbon (Soil Inorganic Carbon, SIC). Det er en flux av uorganisk karbon til og fra jord som kan være betydelig (Lal 2016), men i sammenheng med jordhelse, og i hovedsak også når det gjelder jord som karbonlager, er det organisk bundet karbon som er interessant.

Organisk bundet karbon har en gjennomsnittlig oppholdstid i jord på rundt 50 år (Lange m.fl. 2014). En del av dette karbonet kan likevel ha svært lang oppholdstid, ifølge Schmidt m. fl. (2011) flere tusen år. Dette har tidligere vært tilskrevet at karbonet inngår i stabile kjemiske forbindelser, vanligvis referert til som «humus». Studier de siste tiårene tilsier imidlertid at slike stabile forbindelser spiller en langt mindre rolle enn tidligere antatt (Schmidt m.fl., 2011). I stedet ser det ut til at mekanismene bak langvarig binding av karbon i jord er knyttet til jordøkosystemets egenskaper og prosesser, der fysisk-kjemiske og biologiske påvirkninger er avgjørende for stabiliteten til det organiske materialet. Iht. til Schmidt m.fl. (2011) har det bl. a. vist seg at selv enkle organiske molekyler (f.eks. enkle sukkerarter) kan ha lenger levetid i jord enn mer komplekse og i utgangspunktet tungt nedbrytbare organiske molekyler som f.eks. lignin.

Det har også vist seg at karbon som stammer fra planterøtter (roteksudater og nedbrutte røtter) utgjør en langt større del av karbonlagrene i jord – og av mikrobielt karbon - enn karbon fra plantedeler på jordoverflaten. Videre har det vist seg at karboninnholdet i dypere jordlag er høyere enn tidligere antatt, at dette karbonet utgjør en vesentlig del av lagrene av jordkarbon globalt, og at en større del av karbonet her er mikrobielt assosiert karbon enn det som stammer direkte fra planter (Schmidt m.fl., 2011). Mekanismene bak disse effektene er ikke klarlagt, men det er åpenbart at jordliv og samspill mellom jordliv og planter spiller en vesentlig rolle.

Generelt vil utarming av organisk materiale i mineraljord ha en negativ effekt på jordfunksjonene biomasseproduksjon, lagring, filtrering og transport, karbonlager og biodiversitet. Slike effekter er knyttet til blant annet redusert innhold av plantetilgjengelig næring, redusert ionebyttekapasitet, generelt tap av vann og næring med grøftevann og fordamping, reduksjon av biologisk aktivitet og tap av jordstruktur (Stolte m.fl., 2016).

*Økt innhold av organisk materiale er i mange tilfeller ønskelig. På noen norske jordarter er innholdet av organisk materiale svært høyt, mens jordhelsen fremdeles kan være dårlig. Utfordringer og tiltak må derfor identifiseres nærmere ut fra jordtype og driftsform.*

*Arbeidsgruppen mener at ny innsikt rundt opphav til det organiske materialet og karbon i jorda og samspillet mellom jordliv og planter bygger opp under at det er viktig å legge bedre til rette for god jordhelse i praktisk landbruksdrift,*

*Arbeidsgruppen mener det er gode grunner til å styrke kunnskapsutviklingen på området.*

Betydningen av organisk materiale i jorda er oppsummert i tekstboks nedenfor.

### Hva betyr innholdet av organisk materiale i jorda?

#### Fordeler med høyt innhold av organisk materiale

- Tilfører, tilgjengeliggjør og lagrer næringsstoffer for planter
- Immobiliserer giftige kjemikalier
- Gir bedre jordstruktur og laglighet
- Øker vannlagringsevne og luftveksling
- Reduserer trekkraftbehovet ved jordarbeiding
- Øker jordstabilitet og infiltrasjon av vann (mindre erosjon)
- Øker absorpsjon av solstråling (raskere oppvarming)
- Lager av atmosfærisk karbon

#### Ulemper:

- Nedsetter bæreevnen på noen jordarter
- Fører til kladding på veltefjølen under pløying

(Etter H. Riley, foredrag ØKO 2020)

#### 4.2.1 Potensial for karbonbinding i jord

Karbonlagring i jord, og evt. klimaeffekt knyttet til dette, er en av de mange økosystemtjenestene planter og jordliv kan bidra til. Innenfor jordprogrammet ses karboninnhold i jord i sammenheng med jordhelse, der karboninnhold i hovedsak er et middel for flere ulike tjenester, og ikke et mål i seg selv. Utredning av karbonlagring ligger ikke innenfor mandatet for arbeidet med programmet. Nedenfor er likevel dette aspektet ved organisk materiale i jord kommentert litt nærmere, og med et par eksempler. Eksempelene bruker grunnstoffet karbon som enhet, fordi det er dette som er mest interessant i jordhelsesammenheng. Omregningsfaktor fra karbon til CO<sub>2</sub> er 3,6.

Jordbruk har medført tap av karbon fra jord. Det historiske tapet er iht. Lal (2004) anslått til å være mellom 43 og 78 gigatonn karbon. I senere publikasjon av Lal (2016) er tapet nærmere tallfestet til om lag 66 gigatonn karbon. Dersom en skulle lagre dette karbonbidraget fra jord tilbake i jorda, ville det iflg. Lal (2016) kreve en økning i karboninnholdet i jorda globalt med 4 prosentenheter ned til tre meters dybde. Dette ville redusere innholdet av CO<sub>2</sub> i atmosfæren med 100 ppm, altså en vesentlig reduksjon som ville gitt en stor klimaeffekt.

*Karbonlagring i en slik skala er, etter arbeidsgruppas oppfatning, urealistisk i overskuelig framtid. Lal (2004) anslår at potensialet globalt for å lagre tilbake karbon i jorda er på 50-66 % av tapet. Arbeidsgruppa vil understreke at det, av både agronomiske og andre grunner, også vil være svært krevende å oppnå innlagring av karbon i en slik størrelsesorden. Sett i sammenheng med den betydningen jordkarbon har for jordhelse, er det likevel interessant å se på potensial for økt lagring av karbon i norsk landbruksjord.*

Følgende eksempel kan tjene som en bakgrunn for å belyse karbonlagringspotensial for norske forhold: Et nåværende nivå på ca 2,5% karbon i snitt i matjordlagets øverste 25 cm (Hohle, 2016) tilsvarer ca 7,5 tonn karbon per dekar på Østlandets åkerarealer. Kalkulerer man innholdet tilbake i tid med et tap på ca 0,8 prosent i gjennomsnitt per år, kommer man til et karboninnhold på ca 13,5 tonn i 1947, tilsvarende 4,5 % karbon eller 7,7 % organisk materiale (omregningsfaktor 0,58). Dette gir etter det vi vet et representativt bilde av nivåer og utvikling i denne perioden. Eksemplet innebærer at det i gjennomsnitt er tapt ca 85 kg karbon per dekar per år de siste drøye 70 år.

I NIBIO-rapport nr 4 2020 (Bøe m.fl., 2020) bruker NIBIO et estimat for karbonlagring på 24 kg/daa/år ved bruk av fangvekster i kornproduksjon. Går vi ut fra et innhold av organisk karbon på ca 2 % i norsk kornjord (Rasse m.fl., 2019), så tilsvarer 24 kg/dekar karbonlagring en økning på 4 promille. Altså et nivå tilsvarende det som er foreslått som målsetting i det franske s.k. fire-promille-initiativet til CPO21 i 2015<sup>4</sup>.

*Potensialet for karbonbinding som er lagt til grunn i NIBIO-rapport nr. 4 2020 er på et langt lavere nivå enn nivåene som antydes i de regneeksemplene Lal (2004, 2016) bruker på globalt nivå. Sett opp mot en beregning av gjennomsnittlig årlig karbontap på 85 kg/daa/år fra åkerjord på Østlandet siden 1947, utgjør imidlertid 24 kg/daa/år et godt bidrag i riktig retning. Arbeidsgruppa mener også det bør holdes åpent for at videre utvikling av god jordhelsepraksis kan resultere i at potensialet vil vise seg å være høyere enn dette under norske forhold.*

Det er ikke publisert resultater fra forsøk med fangvekster og binding av karbon i kornproduksjon i Norge. Estimater i NIBIO-rapport nr. 4 2020 (Bøe m.fl., 2020) er basert blant annet på svenske forsøk. I NIBIO-rapport 36 2019 (Rasse m.fl., 2019), som omhandler ulike muligheter for karbonlagring i jordbruksjord, er det i kap. 12 om regenerative metoder vist til publiserte resultater for karbonbinding i enkelttilfeller på langt høyere nivåer, fra 250 til 800 kg karbon per dekar og år. Disse tallene er fra USA.

*Arbeidsgruppa mener det er stor usikkerhet knyttet til hvorvidt tall publisert for enkelte gårdsbruk i USA kan si noe om potensial for karbonlagring i norsk landbruksjord. De oppgitte nivåene fra USA gir likevel grunn til å forfølge dette videre. Det er store kunnskapsbehov knyttet til potensial for karbonbinding i jordbruksjord i Norge gjennom driftspraksis som vektlegger jordhelse i større grad.*

---

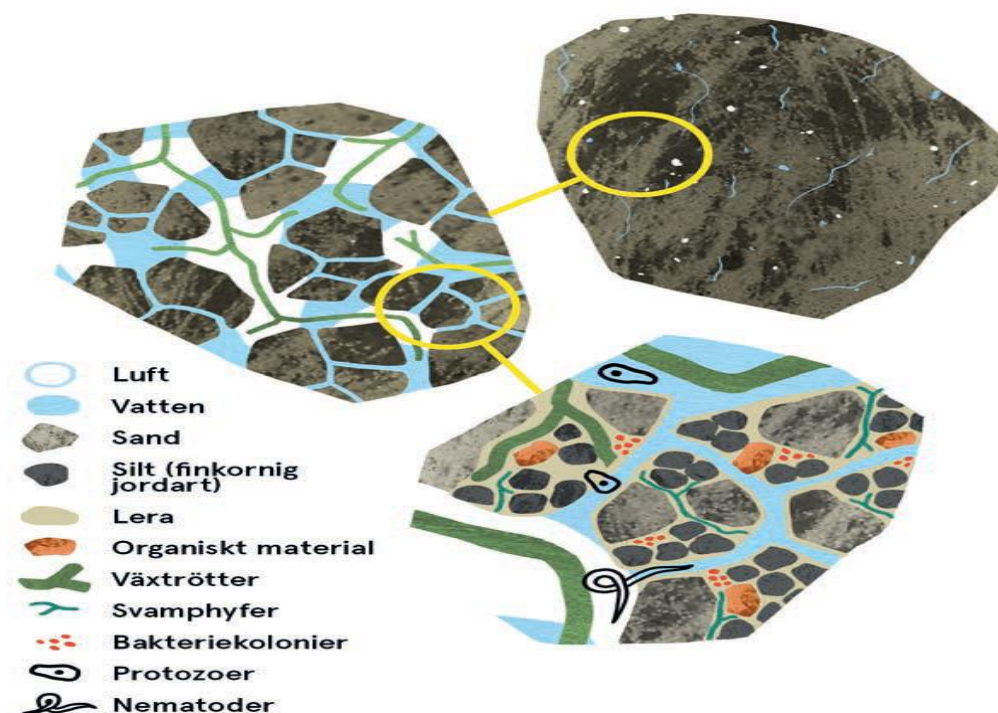
<sup>4</sup> Under klimaforhandlingene i Paris 2015 (COP21, Conference of the Parties, 21st session) lanserte Frankrike «[4 promille initiativet](#)». Ifølge initiativet vil en årlig økning av karboninnholdet i verdens jordsmønn på 4 promille kunne utligne de årlige menneskeskapte klimagassutslippene. Initiativet har blant annet som mål å øke bevisstheten om at selv en marginal økning på 4 promille vil forbedre jordas fruktbarhet, øke matsikkerheten og samtidig være et bidrag for å stabilisere klimaet. Initiativet er ikke en del av Parisavtalen, men stater, FOU- institusjoner og organisasjoner kan på frivillig basis støtte opp om initiativet og arbeid for å implementere konkrete karbonbindende tiltak i eget land.

### 4.3 Jordstruktur

Jordstruktur betegner hvordan individuelle partikler med ulike størrelser (sand, silt, leire, organisk materiale) er sammensatt og organisert i større aggregater i jorda. Aggregatene er av ulike størrelser og deles grovt inn i mikro- og makroaggregater. Aggregeringen fører til at det dannes luft- og vannfylte rom – porer – både inne i og mellom aggregatene. Jordstruktur kan ikke måles direkte, men bedømmes visuelt og karakteriseres etter stabilitet (styrke) og størrelse og form på aggregatene. Strukturen kan inndeles grovt i svak, moderat eller sterk. Det forekommer også at jord er praktisk talt uten struktur, blant annet etter mye kjøring med tunge maskiner på leirjord og myrjord som i utgangspunktet ofte er våt og tett.

Både fysisk-kjemiske (abiotiske) og biologiske prosesser er virksomme ved dannelsen av aggregater. Abiotiske prosesser betyr mer for dannelsen av de minste aggregatene (2-250 mikrometer) og i jord med mye leire, mens den biologiske aktiviteten som utøves av planterøtter, meitemark, sopp og bakterier betyr mer for dannelsen av større jordaggregater (0,25 – 5 mm) (Brady og Weil, 2008; Oades, 1993). Store aggregater, kalt grynstruktur, er oftest sammensatt av mindre aggregater. Biologisk aktivitet er helt nødvendig for utvikling av jordstruktur med makroaggregater (Brady og Weil, 2008; Oades, 1993). Jordstrukturen som dannes i et samspill mellom jord, planterøtter og jordlivet kan kalles biologisk jordstruktur (Pommeresche og Haugerud, 2017)

Figur 4 viser en illustrasjon av bestanddeler og oppbygging i ulike utsnitt av et jordaggregat.



Figur 4 Illustrasjon av bestanddeler og oppbygging i ulike utsnitt av et jordaggregat. Aggregatet opp til høyre er 1 mm i diameter. (Biodiverse nr. 1 2018, Illustrasjon av Isabel Fahlèn)

#### 4.3.1 Betydningen av jordstruktur

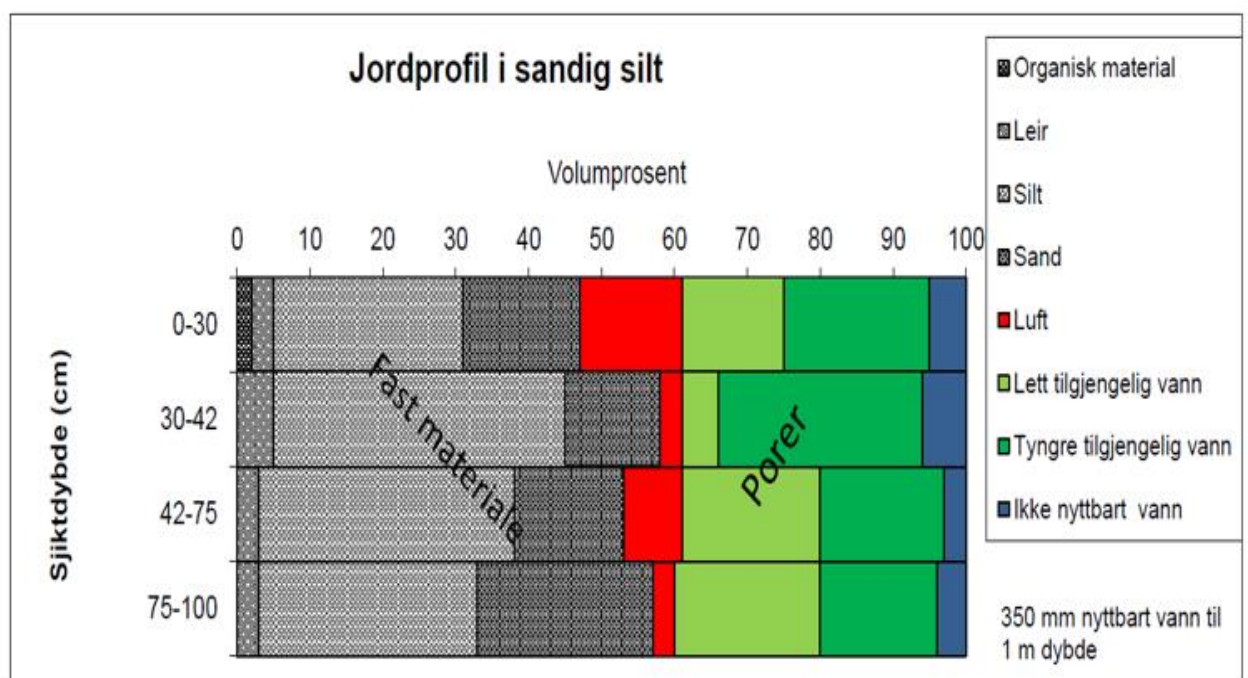
Jord med god struktur har et optimalt system av både aggregater og porer i passende størrelser, samt sammenhengende poresystemer mellom aggregatene. Dette gir optimale forhold for plantevekst og for de øvrige økosystemtjenester som jorda leverer. Dette har sammenheng med at god struktur;

- holder på næringsstoff og fungerer som en næringsbank
- gir nisjer/leveområder for de ulike delene av jordlivet og bidrar på denne måten til alle de økosystemtjenestene jordlivet leverer, bl.a. effektiv sirkulasjon av næringsstoffer, biologisk betinget nedbryting av plantevernmidler/kjemikalier, og biologisk betinget innlagring av karbon
- har et system av større porer som gir god utlufting (gassutveksling), god evne til å infiltrere vann og drenerer bort større vannmengder, og gode forhold for plantens rotutvikling
- har et system av mindre porer som binder vann som plantene kan bruke i perioder med lite nedbør (se tekstboks nedenfor)
- Binder jordpartiklene sammen og gjør jorda mer motstandsdyktig mot vann- og vinderosjon

I tekstboksen under er betydningen av jordstruktur for jordas vannhusholdning under våte og tørre forhold belyst og illustrert.

#### Lagring og transport av vann i jord

Jord med god struktur kan lagre betydelige vannmengder i jordaggregatenes mikroporer, samtidig med at de større porene er luftfylt og gir gode forhold for plantevekst og jordliv. Eksempelvis kan en siltjord med god struktur, der det også er en del sand, noe leire og organisk materiale, inneholde ca 35 volumprosent plantetilgjengelig vann (vist med grønne farger på figuren) i ulike jordlag ned til én meter. Dette kan gi en vannmengde som plantene kan bruke tilsvarende 350 mm nedbør, hvis det er normalt god rotutvikling. En slik vannmengde kan sikre god plantevekst i mange uker i en tørkeperiode, og kan få ytterligere betydning ved klimaendringer der vi forventer tørre og varme somre. De større porene (vist med rødt på figuren) er ventilasjon- og dreneringssystemet. Disse vil transportere vekk mye vann i perioder med stor nedbør. Et variert poresystem gir en robust jord som tåler både tørre og våte perioder



Figur: T. Børresen, NMBU

Jordstrukturen er i stor grad et produkt av plantenes og jordlivets måte å optimalisere sine egne livsbetingelser på. God jordstruktur, der organisk materiale og jordliv er viktige komponenter, er igjen en forutsetning for de fleste jordfunksjonene og økosystemtjenestene som jorda leverer, og dermed også for liv og mangfold over jordoverflaten jf. EASAC-rapportens fokus på slike sammenhenger.

*Mer ustabil klima vil etter alt å dømme medføre økt risiko for forringelse av matjord dersom det ikke settes inn tiltak for bedre jordstruktur. Arbeidsgruppa vil understreke den betydningen jordstruktur har for matjordens funksjoner generelt, og for å ivareta matjorda som produksjonsgrunnlag spesielt.*



## 5 Kunnskapsbehov, kunnskapsutvikling og formidling

Jordhelse, der jordliv, organisk materiale og jordstruktur er sentralt, kan påvirkes positivt eller negativt av driftspraksis. Dette er det både erfarings- og en del forskningsbasert støtte for. Men det er også stort behov for mer kunnskap om hvordan jordhelse kan ivaretas og forbedres, samtidig som avlingene opprettholdes eller øker.

Som et utgangspunkt for å vurdere hva som er gode driftstiltak mht. jordhelse er det referert noen prinsipper for dette i kap 5.1, med arbeidsgruppas vurderinger rundt dette. I kap 5.2 er det redegjort for noen generelle utviklingstrekk knyttet til kunnskapsutvikling og rådgiving på området, som kan være relevante for det videre utviklingsarbeidet. I kap 5.3 er det omtalt kunnskapsbehov som arbeidsgruppa har identifisert.

### 5.1 Prinsipper og praksis for god jordhelse

Flere tiltak som kan defineres som god agronomisk praksis i dagens jordbruksdrift, kan bidra til bedre jordhelse (jf. gjennomgang av aktuelle tiltak i kap 6). Driftspraksis for bedre jordhelse på det enkelte gårdsbruk kan derfor handle om økt vektlegging, eller innføring av, ett eller flere enkelttiltak som f.eks. drenering eller fangvekster. I land og miljøer som har arbeidet en stund med jordhelse er det utformet retningslinjer eller prinsipper for driftspraksis som skal ivareta jordhelsa best mulig. Slike prinsipper kan være nyttige som referanse for å utforme en bedre driftspraksis med hensyn til jordhelse.

National Resources Conservation Service (NRCS) i USA har publisert mye stoff om jordhelse og jordkvalitet. Blant annet har de publisert<sup>5</sup> sin definisjon av jordhelse og følgende fire nøkkelprinsipper for god jordhelsepraksis, i uprioritert rekkefølge:

1. Minimer forstyrrelser av jorda (fysisk, kjemisk, biologisk)
2. Maksimer jorddekke (minst mulig tid med bar jord)
3. Maksimer mangfoldet (vekstskifte, fangvekster, ulike typer dyr)
4. Maksimer tiden og mengden med levende planter (levende røtter i bakken)

*Kort utdyping av prinsippene, iht. NRCS:*

Ad 1: Med fysisk forstyrrelse menes alle former for jordarbeiding og kjøring på jordene. Kjemisk forstyrrelse er bruk av plantevernmidler og gjødsel (spesielt overforbruk eller misbruk). Med biologisk forstyrrelse menes monokulturer (mangel på mangfold) og overbeiting som kan medføre pakkeskader og redusert rotmasse på flerårige vekster, samt innførsel og utbredelse av invaderende arter.

Ad 2: Å maksimere jorddekke betyr i størst mulig del av året å holde jorda dekket, enten av planterester og/eller levende planter. Dette for å beskytte jordaggregatene og leveområdene til mikrolivet mot skader fra regn, vind og store temperatursvingninger.

Ad 3: Mangfold eller biodiversitet er viktig for å kunne gi mat til mange ulike typer mikroorganismer. Et mangfold av planter gir et mangfold av røtter som vil kunne utnytte en større del av jordvolumet. Videre innbefatter biodiversitet også andre livsformer enn planter, slik som insekter og dyr og deres sekreter.

---

<sup>5</sup> [https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA\\_NRCSConsumption/download?cid=nrcseprd1379658&ext=pdf](https://www.nrcs.usda.gov/wps/PA_NRCSConsumption/download?cid=nrcseprd1379658&ext=pdf)

Ad 4: Tiden med levende røtter i jorda er viktig for å utnytte sollyset mest mulig i løpet av året, og derigjennom holde mikrolivet med mat gjennom rotteksudater i en større del av året.

Prinsipp 1 og 2 handler mest om å beskytte jordaggregatene og porene, som er leveområdene til de ulike organismene. Prinsipp 3 og 4 handler om å stimulere til mest mulig ny dannelse av jordaggregater og å øke stabiliteten.

*De fire prinsippene referert ovenfor kan etter arbeidsgruppas oppfatning være nyttige som et utgangspunkt for å vurdere aktuelle jordhelsetiltak og virkemidler, og som overbygning for arbeid med utforming og tilpasning av gårdsspesifikke løsninger. Gjennomgangen av tiltak i kap 6 relateres derfor til en viss grad til disse prinsippene. Prinsippene dekker imidlertid ikke opp alle tiltak som kan være aktuelle å se i sammenheng med jordhelse. F.eks. dekker de ikke opp drenering og tilføring av organisk materiale til jorda (husdyrgjødsel, kompost, slam mv.).*

*Prinsippene henger sammen og utfyller hverandre. For å oppnå best mulig jordhelse er det en fordel å følge alle de fire prinsippene i størst mulig grad. I hvilken grad det er praktisk mulig å etterleve prinsippene fullt ut vil imidlertid variere. Prinsippene må balanseres opp mot flere andre hensyn som må tas i jordbruket, særlig behovet for tilstrekkelig avlingsnivå.*

*Eksempelvis dette med minst mulig forstyrrelse av jord; for i det hele tatt å greie å etablere korn etter eng, så må jorda forstyrres til en visse grad. Målet bør da være å forstyrre så lite som mulig, så sjelden som mulig og i så lite omfang som mulig, men tilstrekkelig til at etterfølgende vekst etablerer seg best mulig. Hva som er mulig og ikke mulig her under norske forhold er ennå ikke kjent. Men en slik tankegang kan stimulere til at nye metoder utvikles slik at forstyrrelsen blir mindre enn hva som er vanlig nå.*

*Arbeidsgruppa vil understreke at mindre endringer knyttet til enkelttiltak også kan føre til forbedringer av jordhelsen i mange tilfeller. Det kan i en viss utstrekning etableres noen felles (nasjonale) standarder for hva som er god jordhelsepraksis innenfor ulike planteproduksjoner, klima og andre forutsetninger. Imidlertid bør vurderinger og tilpasninger mht. hva som gir størst uttelling for jordhelse, og som er praktisk og økonomisk gjennomførbart, også i stor grad gjøres for den enkelte gård. Økt vektlegging av jordhelse øker (etter arbeidsgruppas oppfatning) betydningen av gårdsspesifikke tilpasninger. Dette innebærer også at bonden og det enkelte gårdsbruk får en større betydning som driver og arena for kunnskapsutviklingen, jf. kap 6.1.*

*Det kan være både praktisk utfordrende og kostnadskrevende å innpasse endringer i etablerte driftsopplegg. Ved økt vektlegging av jordhelse må det derfor også tas høyde for kostnadene og risikoen som er knyttet til nødvendige omlegginger.*

### **5.1.2 Helhetlige systemer for driftspraksis som retter seg mot å forbedre jordhelsen**

Økologiske driftsmetoder har jordhelse som del av sin målsetting. Økologisk landbruk baserer seg på prinsippene helse, økologi, rettferdighet og varsomhet<sup>6</sup>. Særlig innen to av prinsippene, helse- og økologiprinsippet, er jordkvalitet, jordhelse og jordbiologi viktige områder som gårdbrukeren og forskerne jobber etter. I IFOAMs prinsippdokument heter det bl.a. «Økologisk landbruk skal opprettholde og fremme helsa til jord, planter, dyr, mennesker og jordkloden som en udelelig helhet», og «Økologisk landbruk skal bygge på levende økologiske systemer og kretsløp, arbeide

---

<sup>6</sup> IFOAM <https://www.ifoam.bio/en/organic-landmarks/principles-organic-agriculture>

*med dem, etterligne dem og hjelpe til å bevare dem*». Økologiske driftsmetoder har lenge vært en del av norsk landbruk og praktiseres nå på om lag 5 % av norsk jordbruksareal.

I noen andre land og miljøer er det utformet ulike helhetlige driftssystemer som retter seg mot å ivareta jordhelse. Disse systemene baserer seg i stor grad på de fire prinsippene som er referert ovenfor, selv om vektleggingen av prinsippene kan variere noe. Systemene sammenfattes gjerne under betegnelsen regenerative landbruksmetoder, og omfatter bla. retninger som «conservation agriculture» og helhetlig beiteplanlegging (Holistic management). I NIBIO-rapporten «Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord» (Rasse m.fl., 2019) er det et eget kapittel om disse driftsmetodene, med vekt på helhetlig beiteplanlegging. Det konkluderes her med at metodene kan innebære økt karbonbinding i jord, men at det trengs en bedre forståelse og kvantifisering av effektene. Noen norske bønder er i ferd med å prøve ut og ta i bruk ulike regenerative metoder.

Det er store kunnskapsbehov om jordhelse og økologiske og regenerative metoder.

## **5.2 Kunnskapsutvikling og rådgiving innenfor jordhelse i Norge**

Vi har en del kunnskap om hvordan driftspraksis kan virke inn på jordhelse under norske forhold. Som oppsummert i kapittel 4 er det de siste tiårene kommet til ny kunnskap og perspektiver som setter utfordringene inn i ny sammenheng. Det er derfor store kunnskapsbehov, både for grunnleggende kunnskap om ulike sider ved jordhelse og om driftspraksis for god jordhelse.

Problemstillinger knyttet til jordhelse i Norge er aktualisert de siste årene gjennom Foregangsfylke levende matjord, prosjekter i ulik regi<sup>7</sup>, samt gjennom utprøvinger som enkelte bønder har satt i gang på sine gårdsbruk. Utgangspunktet for initiativene som er i gang er at bønder, rådgivere og forskere både i Norge og andre land ser økende utfordringer med å opprettholde god driftstilstand i jorda. Blant annet på grunn av rask og omfattende informasjonsdeling på internett har oppmerksomheten rundt dette økt raskt de siste årene. I Norge startet NLR prosjektet Jordkarbon i 2016 facebook-gruppa Jordkarbon som nå har 1 250 medlemmer. Flere av medlemmene er aktive bønder og det er mye aktivitet i gruppa. NLR har også overtatt oppgaver fra Foregangsfylke levende matjord.

Det europeiske samarbeidsprosjektet SoilCare samarbeider nært med enkeltbønder om gårdsspesifikke løsninger. På rådgivingsiden er nå økt interesse og aktivitet når det gjelder jordhelse, blant annet gjennom NLR-prosjektet Grupperåd jord. Det har også vært mye formidlingsaktiviteter knyttet til Foregangsfylke levende matjord og gjennom NORSØKs Faginfo-serie og kurs.

Landbruksdirektoratet forvalter prosjektmidler til praktisk rettet kunnskapsutvikling og -formidling på miljøområdet gjennom Klima- og miljøprogrammet (KMP). Prosjektet Jordkarbon er et av de prosjektene som er finansiert herfra. Etter at Jordkarbon ble satt i gang i 2016 har det vært en vesentlig økning i søknader innenfor jordhelse, både til KMP og andre av de ordningene for prosjektfinansiering som Landbruksdirektoratet forvalter. Flere videregående skoler (landbruksskoler) har satt i gang utprøving av regenerative metoder, blant annet med midler fra KMP.

<sup>7</sup> Noen eksempler på prosjekter med jordhelse som tema

<https://nibio.no/nyheter/jobber-for-bedre-jord-i-europa>

<https://ostafjells.nlr.no/prosjekter/jordkarbon/>

<https://www.norsok.no/prosjekter/2016/jordfruktbarhet-i-okologiske-dyrkingssystem-fertilcrop>

<https://www.norsok.no/prosjekter/2018/helhetlig-jordvurdering-heljord>

Praktisk utprøving, rådgiving og informasjon er viktige forutsetninger for å lykkes med en satsing på jordhelse. Det er behov for enkeltvis rådgiving, grupperådgiving og tradisjonelle rådgivingsarenaer som fagmøter og markdager. Erfaringsutveksling mellom praktikere som har tatt i bruk nye metoder på eget initiativ er svært vesentlig for god implementering.

Forskning og rådgiving knyttet til praktisk drift har lange tradisjoner i landbruket. Oppmerksomheten rundt jordhelse øker på flere måter betydningen av at forskning og rådgiving samhandler nært med det praktiske jordbruket om innfallsvinkler og løsninger. Dette fordi driftsmetodikk for god jordhelse har et stort behov for gårdsspesifikke tilpasninger og løsninger. Mange bønder har høy bestillerkompetanse til forskning og rådgiving og etterspør raskest mulige løsninger for sin drift og sine behov for endringer.

Oppmerksomheten om jordhelse bidrar på denne måten til at det praktiske landbruket og det enkelte gårdsbruk får en enda mer sentral rolle i innovasjonen.

*Arbeidsgruppa oppfatter at det er stort engasjement blant forskere, rådgivere og bønder rundt disse problemstillingene. Det er viktig å ivareta og bygge opp under det engasjementet som nå vokser fram i de ulike miljøene. Økt fokus på jordhelse øker landbrukets betydning som leverandør av flere viktige økosystemtjenester til samfunnet. Derfor er det etter arbeidsgruppas oppfatning viktig å støtte opp det engasjementet som er under utvikling.*

*Topografi, jordtyper og driftsformer varierer mye i Norge, og det er stort behov for individuelle tilpasninger og løsninger dersom man skal gjøre endringer i et standardisert driftsopplegg for å ivareta jordhelsen bedre. Dette bidrar ytterligere til at en økt satsing på jordhelse i vesentlig grad må ta utgangspunkt i det enkelte gårdsbruk.*

*For å ivareta disse hensynene kan det være aktuelt med nye typer virkemidler. I kap. 7 er det omtalt et mulig nytt virkemiddel i form av et utviklingstilskudd for jordhelsevennlig driftspraksis.*

### **5.3 Kunnskapsbehov**

Nedenfor er omtalt de kunnskapsbehovene arbeidsgruppa har identifisert. Oversikten er ikke å betrakte som uttømmende.

Det er knyttet både grunnleggende og praktisk rettede kunnskapsbehov til svært mange av problemstillingene som er nevnt nedenfor. Aktuelle problemstillinger vil også variere mye med jordart, produksjon og klima, jf. omtale i kap. 3.1. Dette ligger implisitt og er ikke nærmere spesifisert.

Arbeidsgruppa har ikke kompetanse innenfor dyrehelse og humanhelse. Blant annet fordi EASAC-rapporten (2018) reiser noen spørsmål som går inn på dette, er det likevel tatt med enkelte problemstillinger også rundt dette.

#### **5.3.1 Kartlegging av status for jordhelse**

Verktøy og indikatorer for jordhelse er nærmere omtalt i kap. 5.4.

Aktuelle problemstillinger:

- Vurdere nærmere behov for, og evt. rammer for, overvåking av jordhelse etter mønster av JOVA

- Videreutvikle og standardisere jordhelseindikatorer for norske forhold, til bruk i forskning, overvåkning og oppfølging av utviklingsprosjekter for god driftspraksis
- Vurdere behov for komplettering av praktiske verktøy som Jordlappen og Helsekort Jord som grunnlag for etablering av slike verktøy til bruk på det enkelte gårdsbruk og i rådgivning

### **5.3.2 Sammenhenger mellom jordhelse, jordfunksjoner og økosystemtjenester**

Aktuelle problemstillinger:

- Kvantifisering av omfang/betydning av erosjon og jordpakking
- Hvordan påvirker truslene mot jord hverandre
- Hvilken betydning har jordhelse for avlingsstabilitet og avlingsnivå
- Betydningen av ulike jordhelseindikatorer for erosjon, jordpakking og andre trusler
- Hvilken betydning har ulike jordhelseindikatorer for andre jordfunksjoner/ økosystemtjenester

### **5.3.3 Betydningen av jordliv for plantenes næringsopptak, næringsinnhold, plantehelse, dyrehelse og humanhelse**

Det er vel kjent at monokultur kan føre til oppformering av jordboende skadegjørere på planter. EASAC-rapporten stiller flere andre spørsmål knyttet til mulige sammenhenger mellom jordliv, næringsopptak og helse, noe av dette er kort omtalt i kap 4 i denne rapporten. Det er noe vitenskapelig støtte for å reise disse spørsmålene, men store kunnskapsbehov. Aktuelle problemstillinger:

- Hvilken betydning har jordorganismene for plantenes næringsforsyning
- Betydningen av interaksjoner mellom planter og mikroorganismer for næringsopptak og plantehelse
- Betydningen av mikrobiologisk diversitet og forholdet mellom bakterier og sopp for utvikling av gunstige interaksjoner mellom planter og jordliv
- Mulige sammenhenger mellom diversitet i jordlivet og dyrehelse/humanhelse

### **5.3.4 Jordarbeiding og jordpakking**

Aktuelle problemstillinger:

- Beregningsmodeller for jordas bæreevne; spesielt mangler mekanisk styrke for ulik myrjord ved forskjellig vanninnhold.
- Utvikling og utprøving av lettere maskiner for jordarbeiding, gjødsling og såing.
- Presisjonslandbruk – vurdering av potensial ift. jordhelse og utvikling av metoder
- Jordløsning – biologiske metoder, og i kombinasjon med mekaniske metoder
- Planter og jordliv sin betydning for robust jordstruktur i vått klima
- Betydningen av planter med ulike rotsystemer for å bedre jordstruktur og infiltrasjon i åker og eng

### **5.3.5 Husdyrgjødsel, jordforbedringsmidler og andre tilførte driftsmidler**

Ulike typer gjødsel, jordforbedringsmidler, kjemikalier og biologiske preparater som tilføres jord og planter kan virke inn på jordhelsen ved å tilføre organisk materiale og hemme eller stimulere jordlivet på forskjellige måter.

Tilførsel av nitrogen øker planteveksten og øker nedbrytingshastigheten av organisk materiale. Gjødsling generelt påvirker biomasse, diversitet og balanser i jordlivet. Hoveddelen av husdyrgjødsel, samt råtnerest (biorest), har overveiende anaerobe lagringsforhold, noe som kan påvirke disse gjødselvarenes egenskaper ift. jordhelse. Flere andre forhold når det gjelder kvalitet og mikrobiologiske egenskaper ved gjødsel- og jordforbedringsmidler som brukes, og er i ferd med å bli tatt i bruk, kan være aktuelle å vurdere nærmere ut fra effektene ift. jordhelse.

Kompost er en velkjent metode for resirkulering av organisk materiale og tilføring av næringsstoffer. Ulike typer metoder for kompostering gir ulike sluttprodukter (kompostjord), som det trengs mer kunnskap om. Kompost stimulerer også jordlivet, og det er et spørsmål hvorvidt ulike typer kompost virker primært gjennom tilførsel av organisk materiale/næringsstoffer eller som stimulant for jordlivet. Mikroorganismer og ulike stoffer tilbys som «biostimulanter», bla. for å få bedre plantevekst og økt karbonlagring. Det er behov for mer dokumentasjon på hva disse produktene inneholder og hvordan de virker i praksis.

Når det gjelder produkter basert på avfall og restråstoffer, bl.a. biorest, kloakkslam og slam fra havbruksnæringen og fiskeoppdrettsanlegg, så kan dette representere betydelige ressurser av organisk materiale og næringsstoffer. Mye fosfor, plast og ulike miljøgifter er på den annen side utfordringer knyttet til slike produkter

Aktuelle problemstillinger:

- Virkninger av mineralgjødsel, bløtgjødsel, kompost, biorest og slam på jordhelse, jordliv og samspill mellom jordliv og planter
- Effekter av ulike spredemetoder, nedmolding og mengder av bløtgjødsel på jordhelse
- Metoder for mer jordhelsevennlig gjødselspredning
- Tiltak som kan bidra til å oppveie eventuelle uheldige effekter av mineralgjødsel, bløtgjødsel og andre gjødsel- og jordforbedringsmidler
- Effekter av kompost og biologiske preparater mht. jordliv, plantenes næringsopptak, avrenning og sykdomskontroll
- Virkning av ulike typer kompostjord og komposteringsmetoder på jordhelse
- Videre forsøk og utprøving av flatekompostering på jordet (Grunn innarbeiding av eng eller fangvekst med eller uten tilsatte mikroorganismer)
- Utprøving av tilsatte mikroorganismer og/eller biostimulanter
- Virkning av plantevernmidler og nedbrytingsprodukter av plantevernmidler, evt. kompenserende tiltak
- Virkning av fremmedstoffer i avløpsslam, råtnerest og slam for oppdrettsanlegg, evt. kompenserende tiltak

### **5.3.6 Kulturspesifikke jordhelsetiltak (korn, potet, gras og fôrvekster, frukt og bær)**

Tiltak må ses i sammenheng med hvilken produksjon/kultur de skal brukes i. Det er en rekke mer kulturspesifikke problemstillinger som det kan være aktuelt å se på, blant annet tiltak for vekstskifte og diversitet. Her kan det tenkes ulike løsninger i ulike kulturer. Innenfor rammene

av denne rapporten har det ikke vært mulig og hensiktsmessig å gå inn på alle mulige alternativer, og kunnskaps- og erfaringsgrunnlaget er også under utvikling og vil raskt kunne gi nye ideer og alternativer. Det må derfor spesielt understrekes at det er kun er noen eksempler på mer overordnede problemstillinger som er satt opp nedenfor.

Aktuelle problemstillinger:

- Vekstskifte og diversitet i vekstsesongen
- Jordboende skadegjørere og jordhelse
- Fangvekster og annen metodikk for grønt plantedekke og diversitet utenom vekstsesongen
- Samdyrking, arter/sorter og metoder
- Direktesåing, med lite eller ingen jordarbeiding
- Stripedyrking

### **5.3.7 Helhetlige driftssystemer for bedre jordhelse**

Helhetlige driftssystemer kombinerer flere ulike driftstiltak for bedre jordhelse, i stor grad basert på de fire prinsippene som er omtalt i kap. 5.1. I tillegg til ulike systemer knyttet til planteproduksjon er det også utviklet et system for helhetlig beiteplanlegging. Dette systemet er omtalt nærmere i NIBIO-rapport 36 2019. Noen bønder er i gang med å prøve ut slike systemer, og kunnskapsbehovet når det gjelder helhetlige systemer knytter seg særlig til praktiske tilpasning og iverksettelse av slike systemer under norske forhold, samt hvilke effekter de vil ha på jordhelse og karbonbinding på lengre sikt. Det kan være aktuelt med utprøvinger i større og mindre skala, samt systematisk oppfølging og kartlegging av resultater. Også for økologisk landbruk kan det være aktuelt å se på om det er behov for justeringer av driftspraksis for å oppnå enda bedre resultater mht. jordhelse.

## **5.4 Indikatorer**

For å vurdere hvordan ulike driftsformer, trusler og tiltak påvirker jordhelsen over tid, er det nødvendig å utvikle et sett med indikatorer for jordhelse under norske forhold. Disse bør relateres til jordforhold og ulike utfordringer i Norge, og reflektere jordas evne til å ivareta de sentrale jordfunksjonene som er definert i tidligere kapittel. Det gjøres allerede mye med å utvikle verktøy og jordhelseindikatorer både til bruk i praktisk vurdering på gården, og til forsknings- og overvåkningsformål, men det er ytterligere behov for utvikling og standardisering i forbindelse med oppfølging av Jordprogrammet.

Videre følger en kort gjennomgang av utført og pågående arbeid med utvikling av indikatorer.

### **5.4.1 Verktøy for undersøkelse av jordhelse i felt**

Jordhelse kan vurderes praktisk og visuelt ved hjelp av enkle verktøy etter gitte indikatorer. Dette gjøres allerede nasjonalt i dag og det er utarbeidet metoder for dette av Foregangsfylket levende matjord, Vitalanalyse, NLR og NORSØK på Tingvoll. Det tilbys kurs i bruk av disse verktøyene, og de er i bruk til rådgivingsformål.

## **Jordlappen**

Jordlappen består av følgende 10 indikatorer og sjekkpunkter som gjøres ute på jordet:

- Jordstruktur
- Jordart
- Moldinnhold (organisk materiale)

- Omdanning av planterester
- Jordpakking
- Vanninfiltrasjon
- Plantevekst
- Rotvekst
- Biologisk aktivitet
- Antall og arter meitemark

Ved hjelp av enkelt utstyr undersøkes jorda og det føres notater for hver indikator i et jordkvalitetskort. Det som undersøkes sier noe om lufttilgang, vanntransport, biologisk aktivitet, plantevekst og rotutvikling i jorda. Praktiske indikatorer gir bonden mulighet til å gjøre enkle og praktiske vurderinger av jordhelsen på gården sin og hvordan maskinbruk, vekstskifte og gjødsling påvirker jordstrukturen og jordbiologien innenfor de rammene som er gitt ut ifra topografi og jordart.

NORSØK arrangerer kurs i jordlappen for gårdbrukere, landbruksrådgivere, studenter og andre.

## Helsekort jord

Helsekort jord er en annen variant av jordlappen og skal være et praktisk verktøy for bedømmelse av jordhelse på skiftenivå. Vurderingen går ut på å grave ut et stykke jord fra skiftet og lukte, kjenne, måle, se, notere og vurdere jorda. Indikatorer som undersøkes er lukt, pakking, infiltrasjonsevne, rotutvikling, struktur og telling av meitemark.

Jordlappen og Helsekort jord erstatter ikke kjemiske, fysiske og biologiske jordanalyser, men kan være et nyttig tillegg og til hjelp når det skal lages gjødselplaner, vekstskifteplaner og vurderes hvilke tiltak som er nødvendig på det enkelte skifte for å bedre jordhelsen. Dersom man gjennomfører undersøkelsene flere ganger, er verktøyene egnet til å gi et bilde av om jordhelsen er i framgang eller tilbakegang. Både for jordlappen og helsekort jord kan det være nyttig å utføre undersøkelser også i randsonen av skiftet. Dette kan gi informasjon om referansetilstand – hvordan jordkvaliteten ville vært uten påvirkning fra jordarbeiding og dyrking.

### 5.4.2 Indikatorer for forskning og overvåkning

Det kan ta tid før man ser effekten av tiltak på jordlivet. Derfor er det nødvendig med indikatorer som kan måles for å vurdere utvikling over tid. Praktisk erfaring viser at synlig grynstruktur kan utvikles på en sesong eller to, mens for innlagring av karbon, økt vannlagringsevne og endring av biodiversiteten vil det trolig ta lengre tid før målbare effekter kan registreres. For å kunne gi relativt sikre råd om hvilke driftsmetoder som gir god jordhelse er vi avhengig av å følge driftseksempler over tid. Det vil være behov for å gjøre dette regionsvis og for ulike typer produksjoner.

Indikatorer bør være:

1. effektive (sensitive for drift og lette å tolke)
2. praktisk anvendbare (lett tilgjengelige, billig, kort analysetid)
3. nøyaktige på det nivået som defineres som hensiktsmessig for formålet

Terskelverdier eller skalering for indikatorer, er avhengig av jordtype (leire, sand, myr), jordforhold (f.eks. jordfuktighet), klima, og feltvariabilitet.

Indikatorer burde også velges i lys av jordtrusler. De største fysiske truslene for jordhelsen i Norge er jordpakking, erosjon og dreneringskapasitet (infiltrasjon) og er nærmere omtalt i kapittel 3.

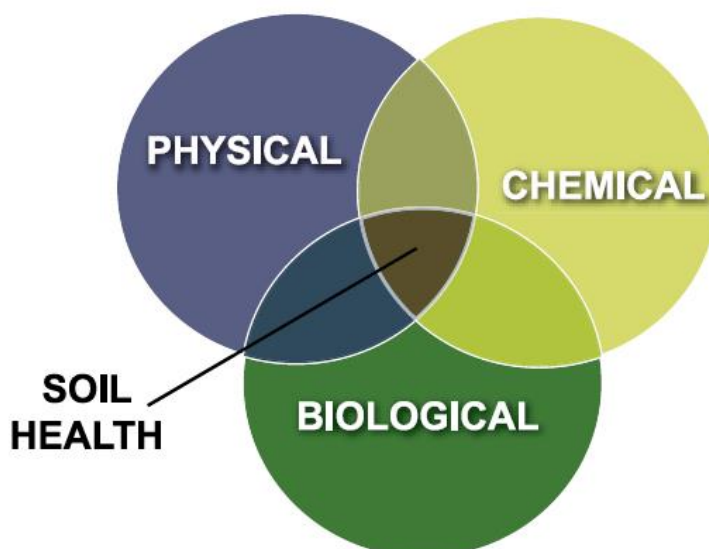


Kjemiske trusler er tap av organisk materiale, og høyt/lavt nivå av næringsstoffer. For biologiske indikatorer er det litt mer komplisert, siden flere jordtrusler påvirker jordbiodiversitet negativt (RECARE prosjektet). I tillegg er jordbiodiversitet veldig kompleks, som innebærer at det er mange indikatorer som kan være aktuelle. I et nasjonalt overvåkingsprogram i Nederland ble det allerede fra 1997 målt på 50 indikatorer. Programmet ble avsluttet i 2014. Her bør vi se på hva som er gjennomførbart i Norge, og hvilke biologiske indikatorer som er best egnet for å undersøke organisk materiale i jord og jordstruktur.

Å komme frem til og vurdere indikatorer for jordhelse er en trinnvis prosess. Første steg er å identifisere riktige indikatorer, deretter bør det rangeres og skilles mellom nødvendige indikatorer og addisjonelle indikatorer. Etter det bør måle-/overvåkningsmetoder identifiseres, hvor vi kan skille mellom forskningsrelaterte metoder og metoder som enkelt kan gjøres av grunneiere. Til slutt bør en Jordhelse Indeks (JHI) settes sammen av terskelverdier (eller kategorier, skalering) for indikatorene som er satt opp i overvåkingsprogrammet.

Begrepet jordhelse integrerer fysiske, kjemiske og biologiske komponenter av jorda, jf. fig x. Tilsvarende er indikatorer for jordhelse delt in i tre grupper: fysiske, kjemiske og biologiske indikatorer. Ved å kombinere relevante indikatorer fra disse tre gruppene kan man komme fram til et godt og hensiktsmessig bilde av jordhelsa.

Studier i Nederland (van den Elsen m. fl. 2019) og USA/CASH (Moebius-Clune m.fl., 2017) har satt sammen indikatorlister for jordhelse. Begge studiene har først satt sammen en lang liste med indikatorer (42 i CASH og 45 i det nederlandske systemet), og så valgt ut de viktigste indikatorene basert på målemetode, relevans og-, kost-effektivitet. Begge studiene har også beskrevet hvordan de forskjellige indikatorene bør måles. Størst forskjell mellom CASH og Nederland er de biologiske indikatorene. I CASH er få biologiske indikatorer identifisert, og de er hovedsakelig biokjemiske. Det nederlandske systemet har inkludert rene biologiske indikatorer (nematoder, sopp, bakterier, meitemark).



Figur 5 Jordhelse integrerer fysiske, kjemiske og biologiske komponenter i jorda (Moebius-Clune m.fl. 2017)

Tabell 4 viser en forenklet utgave av indikatorer i den nederlandske studien. Fremover vil det være behov for å utvikle og standardisere indikatorer for forskningsformål i Norge, jamfør kapittel 5.3.1.

Tabell 4 Indikatorer fra nederlandsk studie:

Fysisk	Plante-tilgjengelig vann	A
	Aggregatstabilitet	A
	Kornfordeling	A
	Trykkfasthet	A
	Vannledningsevne eller infiltrasjon	+
	Tørr jordtetthet	+
Kjemisk	Organisk materiale SOM/OC	A
	pH	A
	Næringsstoffer N,P,K	A
	Elektrisk ledningsevne	+
	Metaller	+
	Tilleggs makro- og mikronæringsstoff	+
Biologiske	Potensielt mineraliserbart N	A
	Aktivt C	A
	Nematoder (mengde og diversitet)	A
	Sopp biota	+
	Bakterier biomasse	+
	Mark (mengde og diversitet)	+

A = basisparameter, +=valgfri

## 6 Tiltak for bedre jordhelse

Dette kapitlet oppsummerer en del mulige tiltak i praktisk landbruksdrift som kan bidra til å forbedre jordhelsen. Det dreier seg i stor grad om kjente agronomiske tiltak som, innenfor mange kombinasjoner av jordart, klima og produksjoner, åpenbart vil kunne bidra til bedre jordhelse, blant annet vurdert på bakgrunn av de fire prinsippene fra USDA/NRCS som er omtalt i kap. 5.1. Det er også store muligheter til å utvikle disse tiltakene videre og eventuelt knytte flere eller mer differensierte virkemidler til dem.

Tiltakene som er omtalt i dette kapitlet er aktuelle for implementering på kort og mellomlang sikt. Tiltakene er gruppert etter agronomi.

Oversikten over tiltak er basert på innspill fra medlemmene i arbeidsgruppa, og dermed basert på den kompetansen og praktiske erfaringen den samlede arbeidsgruppa har. Oversikten er ikke basert på en mer grundig gjennomgang av kunnskapsstatus. Slik gjennomgang ville blitt svært tidkrevende, og har ikke vært mulig og hensiktsmessig innenfor arbeidet med denne rapporten. Det er mest hensiktsmessig å gjennomgå kunnskapsstatus nærmere i forbindelse med oppfølgende arbeid med kunnskapsutvikling, enkelttiltak eller driftssystemer.

Arbeidsgruppa vil understreke at en viktig bakgrunn for oversikten over aktuelle tiltak også er truslene mot jord (jf. beskrivelse i kap 3.4). Det er implisitt her at god jordhelse vil bidra mye til å redusere flere av disse truslene, herunder jordpakking og erosjon. Ut fra denne forutsetningen er framstillingen nedenfor relatert primært til jordhelse.

### 6.1 Oversikt over aktuelle tiltak

#### Drenering

Drenering er et grunnleggende tiltak for å opprettholde jordhelsen. God drenering gjør et større jordvolum tilgjengelig for planterøtter og andre organismer. Dette er viktig i perioder med mye nedbør og i tørkeperioder. I tillegg blir jorda tidligere laglig for eventuell bearbeiding og for kjøring. Det er et betydelig etterslep på dreneringsvedlikehold. Ved vurdering av jordhelsetilstand og aktuelle jordhelsetiltak på enkeltbruk vil dreneringstilstand alltid være et tema som bør inngå i en helhetsvurdering sammen med andre tiltak.

*Virkemidler:* Det ble etablert tilskuddsordning til drenering i 2013 (Forskrift om tilskudd til drenering).

#### Kalking

Kalking er viktig for å holde pH på et nivå som er gunstig for tilgjengeligheten av næringsstoffene plantene trenger. Dette gir bedre forhold for plantevekst og dermed en mulig positiv effekt på jordstruktur. Kalk kan også ha en direkte effekt på jordstrukturen ved at det inngår i aggregatenes bindinger og gir dermed bedre aggregering og mer stabile aggregater. Under norske forhold er det nok først og fremst på leirjord vi kan forvente en slik effekt.

*Virkemidler:* Ingen per i dag.

## **Utbedring av pakkingskader, biologiske og mekaniske tiltak**

Isåing og dyrking av vekster som kan bidra til å løse opp pakkingskader og gi bedre jordstruktur er et aktuelt tiltak, og vil også gi en grønningsgjødningseffekt og tilførsel av organisk materiale. Dyrking av slike vekster kan være aktuelt i et eller flere «hvileår», men også ved isåing etter høsting før ny hovedkultur neste vår når det klimatisk ligger til rette for det. Mekanisk jordløsning har vist seg å ha begrenset effekt når det brukes alene, og bør bare utføres der det er påvist store pakkingskader og når jorda er relativt tørr. Kombinasjoner av mekaniske og biologiske tiltak kan være aktuelt. Mer kunnskap og utprøving er nødvendig når det gjelder disse tiltakene.

*Virkemidler:* Tilskudd til fangvekster i regionale miljøtilskudd, se omtale av fangvekster nedenfor, vil til en viss grad bidra ift. jordløsning i toppjordlaget. Etablering av et tilskudd knyttet til fangvekster som er mer målrettet mot jordløsning kan vurderes.

## **Tilføring av husdyrgjødsel, organisk materiale, kompost, biokull, og produkter basert på avfall og restråstoffer.**

Tilføring av organisk materiale er generelt et positivt tiltak for jordhelsa. Effekten ift. jordliv kan kanskje avhenge noe av hvorvidt materialet er hygienisert/sterilisert. Kompost har ikke stor utbredelse i jordbruket, men er obligatorisk innenfor noen økologiske driftsmetoder. De siste årene er det etablert virksomheter rundt kompostering av restråstoffer bl.a. fra husholdninger. Disse ønsker å levere produkter til landbruket. Biokull kan ha en effekt på jord med lite organisk materiale, og den største effekten når det gjelder en økning av karbon i langvarig form. Når det gjelder produkter basert på avfall og restråstoffer, bl.a. biorest, kloakkslam og slam fra fiskeoppdrettsanlegg, så kan dette representere betydelige ressurser av organisk materiale og næringsstoffer. Mye fosfor og miljøgifter er på den annen side utfordringer knyttet til slike produkter.

*Virkemidler:* Det er juridiske virkemidler innenfor gjødselvareregelverket mht. kvalitetssikring av produkter basert på avfall og restråstoffer. Det er i dag ingen økonomiske stimulerings tiltak til slike tiltak, med unntak av at avløpsslam tilbys gratis til jordbruket. Noen bønder ønsker å utvikle kompostering basert på lokale verdikjeder, bl.a. for å ha kontroll på råvarene. Tilskudd til dette er noe som kan vurderes.

## **Endret/reduert/ingen jordarbeiding (inkl. vårpløying)**

Dette omfatter et stort spekter av mulige tiltaksvarianter som innebærer redusert forstyrrelse av jorda (jf. prinsipp 1). Slike tiltak har lenge vært anbefalt og inkludert i virkemiddelsystemet som erosjonsreducerende tiltak. Et grunnleggende og godt kjent dilemma her er ugrasproblematikken og økt bruk av ugrasmidler. Dersom hensyn til jordhelse skal vektes opp bør det antakelig likevel legges mer innsats i videreutvikling, både mht. generelle anbefalinger og gårdsspesifikke løsninger. Løsninger kan også innebære direktesåing, både i stubb, etter jordarbeiding og kjemisk brakking, og for etablering av fangvekster etter høsting. Under denne tiltakskategorien kan det være aktuelt med utprøving/utvikling av nye maskiner som er bedre tilpasset driftsmetodikk for redusert/ingen jordarbeiding, eller som bidrar til at flerårige kulturer holder lenger slik at det blir lenger mellom hver gang det er behov for pløying.

*Virkemidler:* Innenfor regionale miljøtilskudd er det mulig å gi tilskudd til ingen jordarbeiding om høsten, ingen jordarbeiding på flomutsatte arealer og direktesåing av høstkorn og høstoljevekster. Dette er gjennomført i flere fylker. Virkemidler på flere tiltaksvarianter kan vurderes og det kan være aktuelt å oppjustere eksisterende tilskudd. Informasjon kan være et viktig virkemiddel for å få større implementering.

## Jordas kjørbarhet og laglighet – jordpakking

Den virkningen kjøring og bearbeiding har på jorda (jordpakking) er sterkt relatert til vanninnholdet i jorda, antall kjøringar og vekt på maskinen (i nevnte rekkefølge)

Lettere maskiner gir generelt mindre risiko for pakking og påfølgende dårligere jordstruktur nedover i jordprofilen. Likevel er de slik at selv lette maskiner kan skade jordstrukturen høyt opp i jordprofilen og på den måten gi betydelig avlingsreduksjonar. Dette kan skyldes flere overkjøringar, kjøring på våt jord pga mindre kapasitet og høyt marktrykk. Skader på jordstrukturen i dypere sjikt er av langvarig karakter og vanskelig å utbedre. Dette er også skader som kommer til å bli mer tydelig i et mer ekstremt klima med sterk tørke eller mye nedbør. Traktor med gjødselvogn er svært tungt utstyr, og her er det utviklet et alternativ med bruk av slepeslange.

Dekk, belter og lufttrykk er tilpasningar en kan gjøre på landbruksmaskinene for at de skal gjøre mindre skade på jorda. Store dekk med lavt lufttrykk eller belter vil gi stor anleggsflate mellom jord og maskin og dermed lavt marktrykk. Dette er spesielt viktig for skadene på jordstrukturen nær overflata. I dag er det vanlig at arealer ligger ganske langt fra gården pga jordleie. Kjøring på vei i stor hastighet krever høyt lufttrykk i dekkene enn kjøring på jordet der hastigheten er begrenset. Det er ofte relativt tidkrevende å endre lufttrykket så det blir ofte kjørt med unødvendig høyt lufttrykk i dekkene på jordet. Da øker marktrykket og skadene blir større.

Faste kjøregater/spor. Et system med kontrollert trafikk er i dag mulig pga nøyaktig posisjonskontroll med GPS. Særlig med større maskiner ser dette ut til å bli mer og mer aktuelt. I grønnsaksproduksjonar er det nå i bruk og vi ser en utvikling mot at det tas i bruk i korndyrkingen også. I litteratur om jordpakkingen er det generelt en holdning at det lønner seg å konsentrere pakkingskadene i stedet for å fordele dem utover. Dette er trolig enda viktigere for tunge sammenlignet med lette maskiner

Kjøretidspunkt vs. vanninnhold – vanninnholdet bestemmer både jordas bæreevne og bearbeidbarhet. Ved økende vanninnhold avtar jordas bæreevne og belastningen blir større nedover i jordprofilen sammenlignet med en tørr jord. Leirjord med høyt vanninnhold får også plastiske egenskaper. Pakking eller bearbeiding under slike forhold gir plastiske deformasjonar i jorda og dette er i skader som blir av varig karakter særlig hvis de er i dypere sjikt.

*Virkemidler:* Det er ingen tilskuddsordningar rettet direkte mot tiltak i denne kategorien, men enkelte andre tiltak der det er etablert tilskudd, bla drenering, vil ha effekter i forhold til dette. I Regionale miljøtilskudd er det tilskudd til miljøvennlig spredning av husdyrgjødsel, som dekker spredning med slepeslange. Faste kjørespor er allerede på vei inn i noen produksjonar, men det kan være aktuelt å vurdere tilskudd for ytterligere stimulering. Rådgiving og informasjon, herunder bruk av rådgivingsverktøy som beregner risiko for jordpakking (TERRANIMO)<sup>8</sup> kan være et viktig virkemiddel her.

## Vekstskifte

Vekstskifte er langt på vei en betingelse for god jordhelse, både for å unngå oppformering av skadeorganismar og for generelt å legge til rette for vekst og mangfold i jordlivet (jf. prinsipp 3). Utviklingen har ført til mindre god praksis for vekstskifte i mange tilfeller. Videre utvikling av tiltak bør vurderes, generelt og spesielt for henholdsvis korn- og grasområdene. Samdyrking av

---

<sup>8</sup> *Terranimo er et dataverktøy som beregner pakkingsrisiko under ulike landbruksmaskiner på norske jordarter ved ulike vanninnhold i jord. Modellen driftes fra Århus Universitet.*

to eller flere kulturer for høsting kan være en annen måte å oppnå samme effekt som ved vekstskifte. Mangfold i fangvekster (se pkt. nedenfor) kan veie helt eller delvis opp for behovet for vekstskifte.

*Virkemidler:* Ingen per i dag. Tilskuddsordninger og informasjonstiltak bør vurderes.

### **Fangvekster (Underkultur/forkultur/etterkultur i åkervekstkulturer)**

Dette er en tiltakskategori som etter alt å dømme kan bidra mye til bedre jordhelse, jf. prinsipp 2, 3, og 4. Tiltakene kan gjennomføres på flere ulike måter. Kunnskapsnivået på området er på et nivå som gjør at flere løsninger kan anbefales for utprøving i praktisk gårdsdrift. Samtidig er det stort behov for mer kunnskap, gjennom videre utvikling og utprøving mht. hva som fungerer i Norge. Det er også et kunnskapsbehov om hvordan ulike løsninger faktisk virker inn på jordhelseparametre. Diversitet er et sentralt tema her, spesielt når dette tiltaket iverksettes innenfor helhetlige driftssystemer. Tiltakene ses også nå i større grad i sammenheng med biologisk jordløsning, jf. dette punktet ovenfor. I denne tiltakskategorien kan også stripedyrking av gras/grønngjødslingsvekster i åpen åker være et aktuelt tiltak.

*Virkemidler:* Innenfor regionale miljøtilskudd er det i dag mulig å gi tilskudd til isåing av fangvekst som underkultur og til fangvekster sådd etter høsting i grønnsaker, potet og rotvekster. Dette er gjennomført i flere fylker. Disse virkemidlene er etablert som erosjonsreducerende tiltak, men vurderes i tillegg å ha god virkning på jordhelse. Økologiske bønder med åkerareal får tilskudd til grønngjødsling, der arealet ikke høstes i grønngjødslingsåret. Ytterligere utbygging av virkemidler knyttet til fangvekster bør vurderes som ledd i oppfølging av jordprogrammet.

## 7 Videre arbeid og oppfølging av programmet

Det har vist seg i praksis at tiltak for bedre jordhelse ofte kan gi gunstige effekter ganske raskt. Et første steg i videre arbeid er derfor å bidra til at «lavterskeltiltak» innpasses i dagens driftspraksis i større omfang. Dette er tiltak som i stor grad vil være innenfor de tiltakskategoriene som er omtalt i kap. 6. Noen slike tiltak er omfattet av virkemidler i dag, og det er aktuelt å bygge videre på dette med supplerende virkemidler.

Arbeidsgruppa vil understreke at det langsiktige perspektivet er helt sentralt for det videre arbeidet med jordhelse og oppfølging av programmet. Grunnen til dette er blant annet at god jordhelse i stor grad handler om økt vektlegging av jordas biologiske prosesser. Disse biologiske prosessene er dynamiske, og de krever løpende vedlikehold i form av god driftspraksis. Det langsiktige perspektivet innebærer derfor at det arbeides over lengre tid for å oppnå hensiktsmessige og varige endringer i driftspraksis. Det langsiktige perspektivet kan også innebære at det satses mer på å utvikle kombinasjoner av tiltak og på utprøving og tilpasning av helhetlige driftssystemer. Løpende oppfølging med kartlegging og overvåking av resultater av endringer i driftspraksis bør vurderes for deler av satsingen.

Tiltak og løsninger for bedre jordhelse må i stor grad tilpasses for det enkelte gårdsbruk ut fra jordtype, klima og produksjon. Arbeidsgruppa har også lagt vekt på at det bør bygges videre på interessen rundt jordhelse som nå er i ferd med å bygge seg opp i landbruket. En vesentlig del av utviklingsarbeidet bør ta utgangspunkt i produsenten og gården. Forskning, rådgivning, informasjon og formidling er viktige elementer i dette arbeidet.

Bedre jordhelse har et ressurs- og samfunnsøkonomisk perspektiv. For den enkelte produsent vil god jordhelse bidra til å ivareta gårdens produksjonsgrunnlag på lang sikt. Arbeidsgruppa vurderer også at tiltak for bedre jordhelse i en del situasjoner kan gi bedre og mer stabile resultater og bedre økonomi. I den nåværende fasen av arbeidet, der det først og fremst er snakk om utprøving og kompetanseoppbygging, vil det for de fleste være økte kostnader og økt risiko knyttet til utprøving og omlegging av driftspraksis. Dette må legges til grunn for utforming av virkemidler.

Nedenfor er det punktvis satt opp noen konkrete forslag til videre arbeid med oppfølging av programmet. Forslagene gjelder til dels videre utredninger, men bør likevel kunne utformes og settes ut i livet innenfor ett år.

Arbeidsgruppa vil understreke at det må gis rom for å finne fram til nye tiltak og virkemidler i det videre arbeidet, i takt med opparbeiding av kompetanse og erfaringer på området.

Jordprogrammet kan evt. revideres og oppdateres etter perioder på fem år. Det foreslås at nåværende arbeidsgruppe fortsetter som referansegruppe for videre arbeid.

Arbeidsgruppas forslag:

1. Jordprogrammet legges til grunn for vurderinger og prioriteringer av prosjektsøknader innenfor (1) grunnleggende problemstillinger knyttet til jordhelse i hht. rapportens kap. 5.3.2 og 5.3.3, og (2) prosjektsøknader knyttet til kunnskapsutvikling, rådgivning og informasjon innenfor agronomi og driftspraksis for bedre jordhelse iht. rapportens kap 5.3.4 – 5.3.7.

Arbeidsgruppen mener at Jordprogrammet kan/bør inkluderes i det faglige grunnlaget for innretning og vurdering av søknader opp mot forskningsmidler generelt (NFR), forskningsmidler over jordbruksavtalen, Klima- og miljøprogrammet, Utviklingsmidler

til økologisk landbruk og midler knyttet til Handlingsplan for redusert risiko ved bruk av plantevernmidler. Problemstillinger knyttet til jordhelse og biodiversitet/genressurser kan evt. også være aktuelle innenfor genressursmidlene.

Forslag til oppfølging: Rapporten oversendes Norges forskningsråd, styrene for fondet for forskningsavgift på landbruksprodukter og for forskningsmidler over jordbruksavtalen. Rapporten legges videre til grunn for forvaltning av øvrige relevante prosjektmidler under jordbruksavtalen.

Arbeidsgruppa ser behov for økte tildelinger til forskning, rådgiving og informasjon på jordhelseområdet.

2. Det gis støtte til etablering av møteplasser og jordhelseforum for bønder, og der også rådgivere og forskere kan inviteres/delta. Arbeidsgruppa vurderer at slike forum for erfaringsutveksling kan ha stor betydning.

Forslag til oppfølging: Møteplasser kan inkluderes og dekkes innenfor ulike prosjekter. Det kan også vurderes å legge inn øremerkede midler innenfor tilskuddet til NLR til dette formålet.

3. Programmet legges til grunn for styrking og videreutvikling av eksisterende virkemidler innenfor drenering, jordarbeiding og fangvekster. Det bør gjøres en nærmere utredning/vurdering av om det skal inkluderes flere varianter innenfor disse tiltakskategoriene.

Forslag til oppfølging: Videre utvikling av allerede eksisterende virkemidler utredes fram mot jordbruksforhandlingene 2021.

4. Det gjøres en nærmere vurdering/utredning av om det bør etableres virkemidler mht. jordhelse for tiltak der det ikke er virkemidler i dag. Dette kan f.eks. være for vekstskifte og verdikjeder for organisk avfall. Vurderingen bør også omfatte hvorvidt evt. forslag om nye virkemidler kan gjennomføres innenfor regionale miljøtilskudd, eller om det bør være egne ordninger. Det bør også utredes om det bør knyttes noen jordhelse relaterte krav til PT.

Forslag til oppfølging: Etablering av nye virkemidler utredes fram mot jordbruksforhandlingene 2021

5. Det opprettes et utviklingstilskudd for god jordhelsepraksis. Bakgrunnen for dette forslaget er at tilskudd som under pkt. 3 og 4 ovenfor, normalt er basert på etablert kunnskap. På jordhelseområdet vil det imidlertid være en stor fordel å kunne støtte gårdsbasert utprøving av nye tiltak, driftsmåter og systemer. Slik utprøving bør være knyttet til den enkelte gårdens forutsetninger og mål for drifta. Det bør være vide rammer for hva som kan prøves ut av enkelttiltak eller helhetlige løsninger, og i hvilken skala det skal foregå. Flere typer ordninger kan tenkes innenfor et utviklingstilskudd. Nedenfor er satt opp to eksempler på ordninger som kan inngå i et slikt program.

- I. Tilskudd til utprøving av tiltak for bedre jordhelse på gårdsnivå. Tilskudd etter faste satser pr. dekar til utprøving av endringer i driftspraksis (nye tiltak/kombinasjoner av tiltak/helhetlige systemer) på deler av eller hele gårdens areal.



Et «lavterskeltilskudd», uten krav om særskilt rapportering, men underlagt samme kontrollregime som i produksjonstilskudd/RMP. Et utprøvingstilskudd bør ses i sammenheng med pkt. 2 ovenfor om forum for erfaringsutveksling.

- II. Prosjektbaserte utprøvinger, for utprøving/utforming av gårdsspesifikke løsninger. Elementer i slike prosjekter kan f.eks. være:
- Utprøving av gårdsspesifikke kombinasjoner av tiltak, eller utprøving av helhetlige tilnærminger for mer jordhelsevennlig praksis. Varighet 3-5 år med mulighet for forlengelse.
  - Regionale og langsiktige utprøvinger med flere gårdsbruk.
  - Utprøvingen gjennomføres med bistand fra rådgiving og/eller forskning.
  - Prosjektene kan/bør knyttes til følgeforskning og kartlegging/overvåking av resultater.

Dersom det etableres et slikt utviklingstilskudd, bør det samtidig utvikles og standardiseres verktøy og indikatorer for vurdering av resultater. Opplegg for innsamling og systematisering av erfaringer bør også vurderes som ledd i programmet.

Kostnader som kan påløpe for bonden i forbindelse med prosjektbaserte utprøvinger iht. alternativ II ovenfor, og som må vurderes dekket opp innenfor programmet, er bl.a.

- dekning av kostnader for ekstra arbeidsinnsats
- investeringer i ny/alternativ teknologi og lettere maskiner
- evt. lavere avlingsnivå og redusert inntekt.

Forslag til oppfølging: Arbeidsgruppa foreslår at det besluttes å utrede innholdet i et utviklingstilskudd for god jordhelsepraksis i løpet av 2020, med sikte på et forslag legges fram til jordbruksforhandlingene 2021.

## Litteratur:

Biodiverse, Centrum för biologisk mångfald, Årg. 23, nr 1, 2018, s. 5-7.

Brady, N.C. & Weil, R.R. 2008. The nature and properties of soils. Pearson Prentice Hall, USA

Bünemann, E.K., Bongiorno, G., Bai, Z., Creamer, R.E., De Deyn, G., de Goede, R., Fleskens L., Geissen, V., Kuyper, T.W., Mäder, P., Pulleman, M., Sukkel, W., van Groenigen, J.W., Brussard, L. Soil quality – A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, Volume 120, May 2018, Pages 105-125.

Bøe, F., Sturite, I., Lågbu R., Hegrenes, A., Ring, P. H, 2020. Fangvekst som klimatiltak i Norge. NIBIO RAPPORT, Vol. 6, Nr. 4, 2020.

Doran, J.W., Parkin, T.B., 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W. (Ed.). Defining soil quality for a Sustainable Environment. Soil Science Society of America Special Publication No. 35. Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI.

EASAC, 2018. Opportunities for soil sustainability in Europe. German National Academy of Sciences Leopoldina, Teutschenthal, Germany.

Hohle, E. E., 2016. Landbrukets utfordringer i møtet med klimaendringene. Rapport fra arbeidsgruppe

Håkansson, I., 2005. Machinery-induced compaction of arable soils. Incidence – consequences – counter-measures. Reports from division of soil management no 109, SLU, Uppsala.

Lal, R., 2004. Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security. *Science* 304, 1623.

Lal, R. 2016. Soil health and carbon management. *Food and Energy Security*; 5(4); 212-222

Lange, L., Eisenhauer, N., Sierra, C.A., Bessler, H., Engels, C., Griffiths, R. I., Mellado-Vázquez, P.G., Malik, A.A., Roy, J., Scheu, S., Steinbeiss, S., Thomson, B.C, Trumbore, S.E., Gleixner, G. 2014. Plant diversity increases soil microbial activity and soil carbon storage. *Nature communications*, DOI:10.1038/ncomms7707.

Mausel P. W., 1971. Soil quality in Illinois – An Example of a Soil Quality Geography Resource Analysis. *The Professional Geographer*, Volume 23, Issue 2, 127-136.

Moebius-Clune, B.N., D.J. Moebius-Clune, B.K. Gugino, O.J. Idowu, R.R. Schindelbeck, A.J. Ristow, H.M. van Es, J.E. Thies, H.A. Shayler, M.B. McBride, K.S.M. Kurtz, D.W. Wolfe & G.S. Abawi. 2017. Comprehensive Assessment of Soil Health – The Cornell Framework, Edition 3.2, Cornell University, Geneva, NY, USA.

Oades, J.M. 1993. The role of biology in the formation, stabilization and degradation of soil structure. *Geoderma*, 56 (nett).

Oldeman, L.R., Hakkeling, R.A. and Sombroek, W.G., 1991. Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD). World Map of the Status of Human-Induced Soil Degradation: an explanatory note, 2nd. rev. International Soil Reference and Information Centre, Wageningen.

Patz, J.A., Daszak, P., Tabor, G.M., Alonso Aguirre, A., Pearl, M., Epstein, J., Wolfe, N.D., Marm Kilpatrick, A., Fofopoulou, J., Molyneux, D., Bradley, D. J., 2004. Unhealthy Landscapes: Policy Recommendations on Land Use Change and Infectious Disease Emergence. *Environmental Health Perspect.* 2004 Jul; 112(10): 1092–1098.

Pommeresche, R., Haugerud, Ø., 2017. Biologisk jordstruktur. NORSØK FAGINFO Nr 5 2017.

- Pommeresche, R., Swensen, B., 2016. Organisk materiale i jord-fra stoff til økosystem. NORSØK FAGINO Nr 1 2016.
- Rasse, D., Økland, I., Bárcena, T. G., Riley, H., Martinsen, V., Sturite, I., Joner, E., O´Toole, A., Øpstad, S., Cottis, T., Budai, A., 2019. Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord. NIBIO RAPPORT, Vol. 5, Nr. 36, 2019.
- Riley, H., 2003. Mold i jord. Grønn forskning 1 2003, s. 260-273.
- Robinson, D.A. Seaton, F., Sharps, K., Thomas, A., Roberts, F.P., van der Ploeg, M., Jones L., Stolte, J., Puig de la Bellacasa, M., Harrison, P., Emmet, B. 2017. Soil Resources, the Delivery of Ecosystem Services and Value. In: Oxford research Encyclopedia of Environmental Science. Oxford University Press. DOI: 10.1093/acrefore/9780199389414.013.375.
- Schmidt, M.W.I., Torn, M.S., Abiven, S., Dittmar, T., Guggenberger, G., Janssens, M.K., Kögel-Knabner, I., Lehmann, J., Manning, D.A.C., Nannipieri, P., Rasse, D.P., Weiner, S, Trumbore, S.E, 2011. Persistence of soil organic matter as an ecosystem property. Nature 478, 49-56.
- (Editors) Stolte, J., M. Tesfai, L. Øygarden, S. Kværnø, J. Keizer, F. Verheijen, P. Panagos, C. Ballabio, R. Hessel, 2016. Soil threats in Europe; EUR 27607 EN; doi:10.2788/488054 (print); doi:10.2788/828742 (online)
- Uhlen, A.K., Børresen, T., Kværnø, S., Krogstad, T., Waalen, W., Strand, E., Bleken, M.A., Seehusen, T., Deelstra, J., Sundgren, T., Lillemo, M., Riley, H., Abrahamsen, U. og Øygarden, L., 2017. Økt norsk kornproduksjon gjennom forbedret agronomisk praksis. NIBIO RAPPORT, Vol. 3, Nr. 87, 2017.
- Van den Elsen, H.G.M., M. Knotters, M. Heinen, P.F.A.M. Römkens, J. Bloem, G.W. Korthals. 2019. Noodzakelijke indicatoren voor de beoordeling van de gezondheid van Nederlandse landbouwbodems; Selectie van fysische, chemische en biologische indicatoren voor het meten van de bodemgezondheid. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 2944.
- Zaller, J.G., Heigl, F., Ruess, L., Grabmaier, A., 2014. Glyphosate herbicide affects belowground interactions between earthworms and symbiotic mycorrhizal fungi in a model ecosystem. Scientific reports 4, Article number: 5634 (2015)

## **LANDBRUKSDIREKTORATET OSLO**

POSTADRESSE:  
Postboks 1450 Vika, 0116 Oslo

BESØKSADRESSE:  
Stortingsgt. 28, 0161 Oslo

TELEFON: 78 60 60 00

E-POST: [postmottak@landbruksdirektoratet.no](mailto:postmottak@landbruksdirektoratet.no)

## **LANDBRUKSDIREKTORATET ALTA**

BESØKSADRESSE:  
Løkkeveien 111, 9510 Alta

[www.landbruksdirektoratet.no](http://www.landbruksdirektoratet.no)