



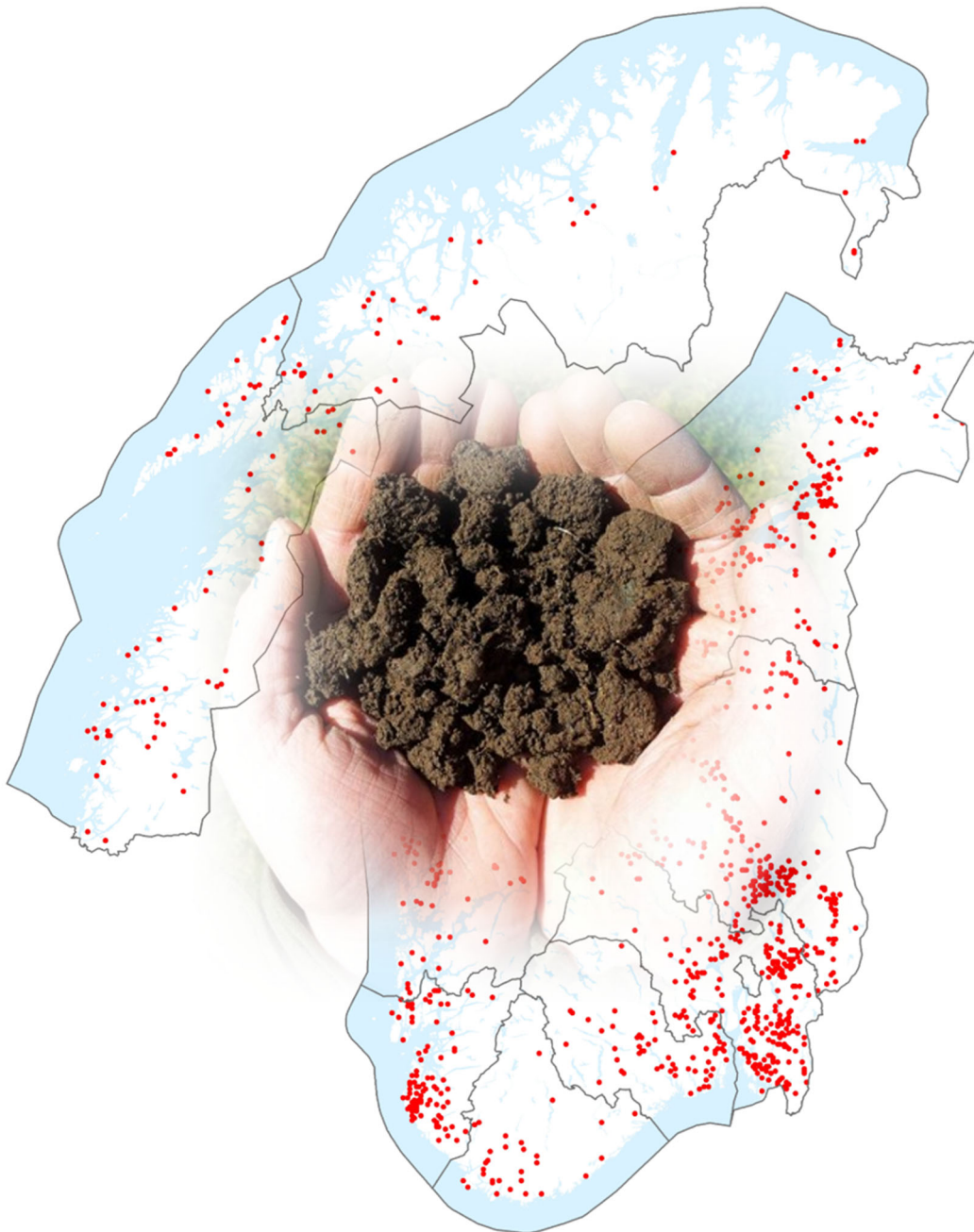
**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Jordsmonnet vi lever av

Forslag til system for dokumentasjon og rapportering av jordsmonnets tilstand og endring

NIBIO RAPPORT | VOL. 7 | NR. 14 | 2021



Siri Svendgård-Stokke, Dorothee Kolberg, Rebecca Cannell, Roar Lågbu, Ove Klakegg, Hege Ulfeng, Åge Nyborg, Arne Bardalen og Geir-Harald Strand

Divisjon for kart og statistikk

**TITTEL/TITLE**

Jordsmonnet vi lever av. Forslag til system for dokumentasjon og rapportering av jordsmonnets tilstand og endring

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

Siri Svendgård-Stokke, Dorothee Kolberg, Rebecca Cannell, Roar Lågbu, Ove Klakegg, Hege Ulfeng, Åge Nyborg, Arne Bardalen og Geir-Harald Strand

<b>DATO/DATE:</b>	<b>RAPPORT NR./ REPORT NO.:</b>	<b>TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:</b>	<b>PROSJEKTNR./PROJECT NO.:</b>	<b>SAKSNR./ARCHIVE NO.:</b>
01.02.2021	7/14/2021	Åpen	52019	21/00102
<b>ISBN:</b>	<b>ISSN:</b>	<b>ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:</b>	<b>ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:</b>	
978-82-17-02747-8	2464-1162	67	4	

**OPPDRAUGSIVER/EMPLOYER:**

Landbruks- og matdepartementet

**KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:**

Anders Tronstad

**STIKKORD/KEYWORDS:**

Jordsmonn, utvalgssystem, overvåkingssystem, jordtrusler, indikatorer

**FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:**

Jordsmonn

**SAMMENDRAG/SUMMARY:**

Denne rapporten beskriver et forslag til et jordovervåkingssystem for dokumentasjon og rapportering av jordsmonnets tilstand og endring. Rapporten inneholder en behovsanalyse for et jordovervåkingssystem og redegjør for utvalgte eksisterende overvåkingssystemer i jord. I det anbefalte jordovervåkingssystemet inngår indikatorer, rapporteringsmuligheter, datafangst, dataforvaltning, utvalgssystem, organisering av overvåkingssystemet og kostnadsestimat. Systemet er avgrenset til jordsmonn på jordbruksareal, men kan utvides til å omfatte andre arealer ved behov.

**LAND/COUNTRY:**

Norge

**FYLKE/COUNTY:****KOMMUNE/MUNICIPALITY:****STED/LOKALITET:****GODKJENT /APPROVED**

Hildegunn Norheim

NAVN/NAME

**PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER**

Siri Svendgård-Stokke

NAVN/NAME

**NIBIO**NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# Forord

I tildelingsbrev fra Landbruks- og matdepartementet for 2020 ble NIBIO gitt i oppdrag å foreslå et system for jordovervåking.

*«Instituttet skal i 2020 utvikle forslag til helhetlig resultatrapporteringssystem for jordvern-politikk og jordforvaltning. Formålet er å supplere KOSTRA-rapporteringen med informasjon som synliggjør arealenes verdi for matsikkerhet og økosystemtjenester ut fra klima og jordegenskaper. Med utgangspunkt i behovsanalyse skal det foreslås et system for dokumentasjon og rapportering av jordsmonnets tilstand og endring.» (Statsbudsjettet 2020 – Tildelingsbrev til Norsk institutt for bioøkonomi).*

Bestillingen er todelt og omfatter både et resultatrapporteringssystem for jordbruksareal og beskrivelse av et system for overvåking av jordsmonnets tilstand. Denne rapporten omhandler siste del av oppdraget: Et overvåkingssystem for jordsmonnet.

Oppgaven ble lagt til avdeling jordkartlegging i Divisjon kart og statistikk. Oppgaven ble inndelt i to hoveddeler: en behovsanalyse for et rapporteringssystem for jordsmonnets tilstand og endring, og en beskrivelse av et forslag for et jordovervåkingssystem. Det ble angitt følgende føringer for forslaget:

- Behovsanalyse gjennomføres før arbeidet med overvåkingssystemet starter
- Landbruksdirektoratets Rapport nr. 13/2020 om nasjonalt program for jordhelse legges til grunn
- Forslaget til system koordineres med behov for lignende systemer for skog, myr og fjell
- Systemet skal være statistisk representativt for jordbruksarealet i Norge
- Systemet som beskrives må være realistisk å operasjonalisere
- Antatt usikkerhet må beskrives
- Behovet for oppdateringsfrekvens skal diskuteres
- Det skal utarbeides kostnadsanslag for drift av systemet

Rapporten er utarbeidet som et resultat av involvering av en rekke personer i NIBIO. Følgende personer har vært rådført i utarbeidelsen av kapittel 5: Marit Almvik, Teresa G. Bárcena, Claire Coutris, Erik Joner, Till Seehusen, Marianne Stenrød, Jannes Stolte, Lillian Øygarden og Anders Bjørnsgaard Aas.

Følgende personer har vært rådført i utarbeidelsen av vedlegg 1: Robert Barneveld og Svein Solberg. Teresa G. Bárcena har forfattet vedlegg 2.

Arne Bardalen er forfatter av kapittel 2, og har sammen med Geir-Harald Strand og undertegnede bistått med en helhetlig kvalitetssikring av rapporten og de anbefalingene som gis.

Ås, 01.02.2021

Hildegunn Norheim

# Innhold

Sammendrag .....	6
1 Innledning.....	8
2 Behovsanalyse for et jordovervåkingssystem .....	10
2.1 Oppdraget i tildelingsbrevet.....	10
2.2 Hva begrunner et behov?.....	10
2.3 Den globale konteksten.....	11
2.4 Nasjonale behovsindikasjoner.....	12
2.5 Oppsummert .....	14
3 Eksisterende overvåkingssystemer for jord .....	15
3.1 Jordovervåkingssystem i Danmark.....	15
3.2 Jordovervåkingssystem i Sverige .....	16
3.3 Jordovervåkingssystem i Finland.....	17
3.4 EU-kommisjonens anbefalinger og retningslinjer .....	18
3.5 LUCAS (Land Use/Cover Area frame statistical Survey) Soil Component.....	19
4 Rapportering fra et jordovervåkingssystem.....	20
4.1 Trusler mot jordressursen .....	20
4.2 Rapporteringsnivåer .....	20
4.2.1 Administrativ inndeling.....	21
4.2.2 Differensiering for naturgitte og driftsrelaterte forhold.....	21
5 Indikatorer i overvåkingssystemet .....	23
5.1 Erosjon.....	24
5.1.1 Indikatorer for erosjon.....	24
5.1.2 Datafangst for indikatorer erosjon.....	25
5.2 Tap av organisk materiale.....	26
5.2.1 Indikatorer for tap av organisk materiale .....	26
5.2.2 Datafangst for indikatorer tap av organisk materiale .....	28
5.3 Tap av biodiversitet .....	29
5.3.1 Indikatorer for tap av biodiversitet.....	29
5.3.2 Datafangst for indikatorer tap av biodiversitet.....	31
5.4 Jordpakking.....	32
5.4.1 Indikatorer for jordpakking .....	32
5.4.2 Datafangst for indikatorer jordpakking.....	34
5.5 Forurensning.....	35
5.5.1 Indikatorer for forurensning .....	35
5.5.2 Datafangst for indikatorer forurensning .....	37
6 Datafangst .....	39
6.1 Grunnlagsdata .....	39
6.2 Datafangst på lokalitetene .....	40
7 Utvalgssystem for jordovervåking.....	43
7.1 Metode for vurdering av utvalgssystem.....	43

7.2	Alternative utvalgssystemer .....	44
7.2.1	SSBs 1x1 km rutenett .....	44
7.2.2	2x2 km rutenett .....	44
7.2.3	Tilfeldig punktsverm.....	44
7.2.4	Utvalgsflater jordkartlegging (basert på 9x9 km rutenett) .....	44
7.2.5	Overvåking av jordbrukets kulturlandskap: 3Q (4SAU-flatene) .....	44
7.2.6	Landsskognettet.....	45
7.3	Resultater .....	45
7.4	Drøfting av resultatene.....	48
7.4.1	SSBs 1x1 km rutenett, 2x2 km rutenett og tilfeldig punktsverm .....	48
7.4.2	Utvalgsflater jordkartlegging, overvåking av jordbrukets kulturlandskap og landsskognettet..	49
7.5	Anbefalt utvalgssystem .....	50
<b>8</b>	<b>Dataforvaltning.....</b>	<b>53</b>
8.1	Generelt om dataforvaltning.....	53
8.2	Dataforvaltning og informasjonssikkerhet .....	53
8.3	Roller .....	54
8.4	Datainnsamling.....	55
8.5	Eierskap og rettighet, tilgang til bruk .....	55
8.6	Kostnader til etablering og vedlikehold av teknologi og data .....	56
8.7	Jordovervåkingsdatabase .....	56
<b>9</b>	<b>Anbefalt jordovervåkingssystem .....</b>	<b>57</b>
9.1	Organisering av et jordovervåkingssystem.....	57
9.1.1	Etablering av et programstyre .....	57
9.1.2	Faglig organisering .....	57
9.1.3	Formalisering av forholdet til LUCAS Soil.....	57
9.1.4	Hjemmel for datafangst .....	57
9.2	Informasjonsskjede for overvåkingsprogrammet .....	58
9.2.1	Datafangst.....	58
9.2.2	Dataforvaltning .....	58
9.2.3	Bearbeiding/analyse.....	59
9.2.4	Formidling .....	59
9.3	Kostnader .....	60
	<b>Litteraturreferanse.....</b>	<b>64</b>
	Vedlegg 1.....	68
	Vedlegg 2.....	72
	Vedlegg 3.....	73
	Vedlegg 4.....	74

# Sammendrag

I tildelingsbrevet til NIBIO for 2020 fra Landbruks- og matdepartementet ble NIBIO gitt i oppdrag å foreslå et system for dokumentasjon og rapportering av jordsmonnets tilstand og endring.

En behovsanalyse inngikk også i dette oppdraget. Den konkluderer med at det er behov for et jordovervåkingssystem i lys av globale og nasjonale utfordringer vedrørende matproduksjon og klimaendringer (behovsanalysen inngår som kapittel 2 i denne rapporten). Flere av FNs bærekraftsmål er knyttet opp mot jordsmonn og jordbruk. Norge har et lite jordbruksareal. Fulldyrka og overflatedyrka jord utgjør kun 3 % av landarealet, innmarksbeite kommer i tillegg med 0,7 %. For å finne gode og langsiktige løsninger knyttet til matsikkerhet, klimaendringer og miljø, må vi vite mer om hvordan driftspraksis og klimaendringer påvirker jordsmonnets produksjonspotensial og funksjon. Denne rapporten beskriver et anbefalt jordovervåkingssystem i Norge som kan gi informasjon om jordsmonnets tilstand og endring. Rapporten gir også et budsjett for hva dette vil koste.

En rekke fagpersoner i NIBIO har vært rådført i arbeidet og kommet med verdifulle innspill. Mulige synergieffekter og samarbeidsmuligheter med andre overvåkingssystemer og forskning er vurdert. Erfaringer fra ulike jordovervåkingssystemer i våre naboland og i EU har også påvirket konklusjonene. Alle disse systemene baserer seg på registrering av gitte parametere på tilfeldig valgte lokaliteter som er representative for jordbruksarealet. Denne rapporten foreslår et overvåkingssystem basert på 1000 tilfeldig utvalgte punkter på norske jordbruksarealer.

EU-kommisjonens anbefalinger gjennom rapportering fra ENVASSO<sup>1</sup> (ENVironmental ASsessment of Soil for mOnitoring) er lagt til grunn for arbeidet med valg av indikatorer. Indikatorene i ENVASSO tar utgangspunkt i en beskrivelse av ulike jordtrusler og hvordan man best kan overvåke disse. Den europeiske overvåkingen av jordsmonn innenfor rammene av European Soil Data Centre (ESDAC)<sup>2</sup> og deres bruk av LUCAS<sup>3</sup> (Land Use and Coverage Area Frame Survey), et overvåkingssystem for arealbruk og arealdekke, som rammeverk om ESDACs egen jordovervåking har også gitt et godt grunnlag for forslaget til et norsk jordovervåkingssystem.

Med utgangspunkt i jordtruslene som er beskrevet av ENVASSO, er følgende trusler identifisert som aktuelle i Norge: erosjon, tap av organisk materiale, tap av biodiversitet, jordpakking og forurensing<sup>4</sup>. 21 indikatorer har blitt identifisert som best egnet for å overvåke disse. Indikatorene varierer mellom å være analysebasert, observert, estimert og modellert. I tillegg bør det gjøres analyser og registreringer som er viktige for tolkning av resultatene. Til sammen vil dette gi et helhetlig bilde av jordsmonnets tilstand og endring. Det vil være mulig å se resultatene på nasjonalt og regionalt nivå og sette dem i sammenheng med naturgitte betingelser og ulike driftssystemer. Slik kan systemet brukes til å vurdere effekt av driftssystemer og eventuelle igangsatte tiltak for de indikatorene som er representert ved et tilstrekkelig antall lokaliteter. På lang sikt kan det også si noe om effekten av klimaendringer og endrede værforhold.

Resultatene fra systemet vil kunne bli brukt for å sette inn tiltak for å bedre jordsmonnets funksjoner, produktiviteten i jordbrukets planteproduksjon, for internasjonal rapportering og for å identifisere framtidige forskningsbehov. Forslaget imøtekommer de høyest prioriterte informasjonsbehovene om jordsmonnet.

---

<sup>1</sup> EU-prosjektet ENVASSO ble gjennomført i årene 2006-2008 under ledelse av EUs Joint Research Center. Prosjektets sluttrapporter er tilgjengelige på web-siden <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/envasso>

<sup>2</sup> ESDAC er en løpende aktivitet ved EUs Joint Research Centre <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/>

<sup>3</sup> LUCAS drives av det Europeiske statistikkbyrået EUROSTAT <https://ec.europa.eu/eurostat/web/lucas>

<sup>4</sup> Tap av jordbruksareal er også en trussel, men denne ivaretas av avdeling Landbrukskart (i henhold til første del av avsnittet der dette beskrives i tildelingsbrevet for 2020) og behandles i egen rapport som er under arbeid.

Det finnes mange ulike systemer for utvalg av lokaliteter til bruk i arealstatistikk. Et utvalgssystem for jordovervåking må være representativt for det norske jordbruksarealet. Dette betyr at lokalitetene må være fordelt på en slik måte at de fanger opp den geografiske variasjonen ved jordsmonnet, jordbruket og klimaet i Norge. Vi anbefaler å bruke 2x2 km-nett og LUCAS (se kapittel 3.5) metodikk som utvalgssystem for lokalisering av prøvepunkter i jordovervåkingsprogrammet. Utvalg av prøvepunkter basert på et 2x2 km-nett gir generelt en god representasjon av det norske jordbruksarealet ved valg av ca. 1 000 punkter. For de fleste indikatorer vil punktene oppsøkes hvert niende år. Noen indikatorer har et omdrev på tre år, men med færre lokaliteter.

Ved å knytte det nasjonale jordovervåkingsprogrammet opp mot LUCAS-programmet kan vi dra nytte av standardisert prøvetaking og analysemetodikk. Ved å bruke LUCAS-programmets utvalgsmetodikk i lokalisering av prøvepunkter vil 10 % av de norske prøvepunktene inngå i LUCAS. Jordprøver fra disse lokalitetene vil kunne bli analysert og bekostet av LUCAS, og disse analyseresultatene vil inngå som del av rapporteringen på europeisk nivå.

Et overvåkingssystem forutsetter også at det finnes et gjennomtenkt og effektivt system for dataforvaltning. Dataforvaltning omfatter alle aktiviteter relatert til å forvalte data som en verdifull ressurs. Dataforvaltning har både organisatoriske og teknologiske aspekter. Rapporten legger fram et forslag til dataforvaltning der informasjonssikkerhet, klare definisjoner av roller og eierskap, effektive rutiner for datafangst og lagring, dokumentasjon, rettigheter til bruk og kostnader er beskrevet.

For implementering av et jordovervåkingssystem er det nødvendig å tenke langsiktig. Utvikling av både styringssystemer, teknisk og operasjonelt rammeverk og metodeutvikling vil være omfattende. En solid prosess i implementeringsfasen vil gi et godt grunnlag for et velfungerende og kostnadseffektivt jordovervåkingssystem. Noen av elementene som må på plass er en styringsgruppe og en programgruppe som står for gjennomføring. Rekruttering, opplæring, tilrettelegging for bearbeiding og analyse av data og gode kanaler for formidling til ulike brukergrupper er også sentralt.

Et jordovervåkingssystem vil levere data av stor betydning for bærekraftig jordbruk, kunnskapsbasert forvaltning og forskning. Kostnadene må derfor vurderes i et langsiktig perspektiv og med tanke på den nytteverdi dataene vil ha også i et lengre tidsperspektiv.

Det er angitt to kostnadsestimater for jordovervåkingssystemet. Forskjellen mellom de to er knyttet til antall indikatorer som er inkludert. I alternativ B, det dyreste forslaget, er indikatorer som er ekstra ressurskrevende med hensyn til feltarbeid og analyse av jordprøver inkludert. Forslag til system for jordovervåking vil ha en total kostnad<sup>5</sup> for et omdrev på ni år på ca. 44,5-49,5 millioner 2020-kroner i alternativ A, og 55 millioner 2020-kroner i alternativ B. Dette tilsvarer en årlig kostnad 5,0-5,6 mill. 2020-kroner for alternativ A, og 6,1 mill. 2020-kroner for alternativ B. I tillegg kommer implementeringskostnader på kr. 2,5 mill. 2020-kroner første år.

Forslaget til overvåkingssystem, med tilhørende budsjett, er basert på at undersøkelsen skal være representativ for alt jordbruksareal i Norge og dekke behovene gitt i føringene. Systemet er likevel skalerbart. Det er imidlertid lite hensiktsmessig å utrede alternativer for skalering (med tilhørende budsjetter) før det foreligger føringer som valg av alternativ kan støtte seg på. Den utredningen som foreligger bør gi godt grunnlag for å peke ut veien videre.

**Det foreslåtte jordovervåkingssystemet vil gi en god dokumentasjon og rapportering for jordsmonnets tilstand og endring. Programmet vil vesentlig forbedre Norges forutsetninger for å oppnå bærekraftsmålene. Kostnader vil, etter vår vurdering, forsvares selv med marginale bidrag til forbedringer i jordbrukets arealproduktivitet i tillegg til bedret beskyttelse av øvrige jordfunksjoner.**

---

<sup>5</sup> Kostnadene er basert på kroneverdi 2020. Med en produsentprisindeks for tjenester på 2,8 % vil et prosjekt som koster 5 mNOK per år i 2020 forventes å koste 6,6 mNOK per år i 2030.

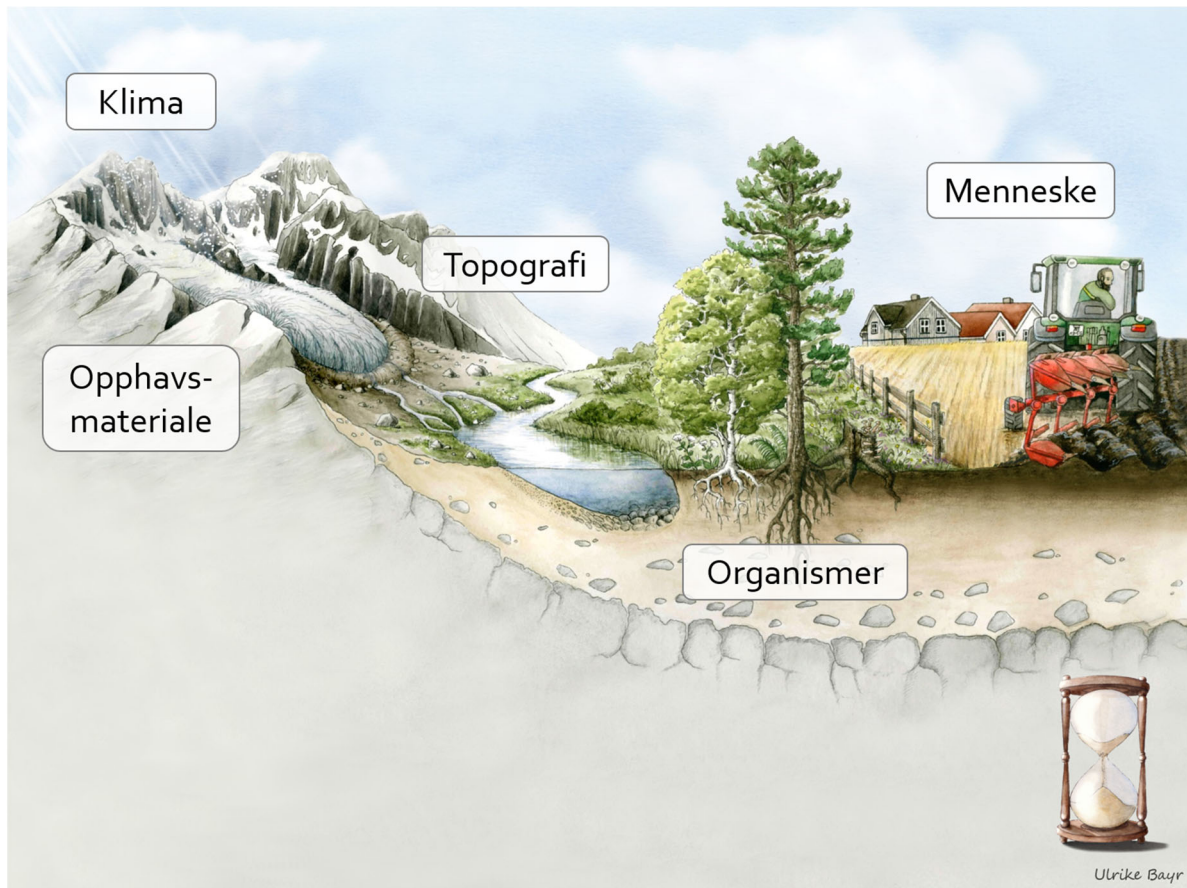


# 1 Innledning

Jordsmonnet er grunnlaget for livet på jorda og vår matsikkerhet. Kunnskap om jordsmonnets tilstand og utvikling er nødvendig for bærekraftig forvaltning av jord, og for bærekraftig jordbruk.

Jordsmonnet er et resultat av hvordan de jordsmonndannende faktorene temperatur, nedbør, opphavsmateriale (både berggrunn og løsmasse), topografi og organismer virker sammen over tid.

Dette omtales gjerne som jordsmonndannende prosesser. Figur 1 er en skjematisk framstilling av de jordsmonndannende faktorene. Jo lengre tid disse faktorene får virke, jo mer preger de jordsmonnet.



Figur 1. Illustrasjon av de jordsmonndannende faktorene (Ulrike Bayr)

Norge har, globalt sett, et ungt jordsmonn, i og med at de jordsmonndannende prosessene kun har foregått etter siste istid. Jordsmonnet på et sted er preget av hvilke faktorer som gjør seg mest gjeldende på nettopp dette stedet. Norge er et land med stor variasjon i de jordsmonndannende faktorene, dermed vil jordsmonnets egenskaper være forskjellige fra sted til sted. Disse ulikhetene har betydning for hvordan jordsmonnet må forvaltes for å sikre en god matproduksjon og for at jordsmonnet skal opprettholde sine funksjoner.

## Formål

Rapporten beskriver hvordan et system for overvåking og rapportering av jordsmonnets tilstand og endring kan utformes. Norge har et pågående jordkartleggingsprogram for jord på fulldyrka og overflatedyrka jord. I 2020 ble de første 40 år med systematisk jordkartlegging i Norge markert med et jubileumsseminar. Det pågående nasjonale jordkartleggingsprogrammet stedfester og dokumenterer jordsmonnets egenskaper på et overordnet nivå og baserer seg i all hovedsak på egenskaper som lar seg bestemme in situ. Det tas få jordprøver for analyse på laboratorium. Jordkartleggingen er ikke et overvåkingssystem, men en engangskartlegging. Denne engangs-



kartleggingen er relevant for de stabile egenskapene til jordsmonnet og gir grunnlag for å utarbeide temakart som beslutningsstøtte for både forvaltning, næring og politikere.

Et jordovervåkingssystem vil inkludere flere og mer dynamiske egenskaper ved jordsmonnet, slik som biodiversitet, jordpakking og forurensning, samt mer informasjon om organisk materiale i jord. De dynamiske egenskapene er påvirket både av driftspraksis på stedet og ytre faktorer som for eksempel værforhold. Et jord-overvåkingssystem vil gi stedsspesifikke data om egenskaper ved jordsmonnet som har betydning for jordsmonnets evne til å opprettholde sine funksjoner, og det vil kunne gi informasjon om eventuell endring over tid, geografisk og mellom ulike driftssystemer. Rapporteringen kan gi grunnlag for målrettede tiltak for å sikre en god forvaltning av jordressursen framover.

Det har gjennom årene vært gjort flere forsøk på å igangsette et overvåkingssystem for jordsmonn, blant annet beskrevet i NIJOS Rapport 10/2003 EUs jordpolitikk – Utvikling av et norsk opplegg for jordsmonnovervåking (Arnoldussen & Grønlund, 2003). I 2020 ble rapporten «Nasjonalt program for jordhelse - Faggrunnlag og forslag til utvikling av tiltak og virkemidler for økt satsing på jordhelse» (Landbruksdirektoratet, 2020) publisert.

Det er mange hensyn som må avveies ved utformingen av et overvåkingsprogram for jordsmonn. Et system for jordovervåking må gi relevant og tilstrekkelig informasjon om jordsmonnets tilstand og endring. Systemet bør være så enkelt som mulig, både med hensyn til opprettelse, implementering, drift, dataforvaltning, beregninger og rapportering. Samtidig må overvåkingssystemet være fleksibelt for å kunne ta opp i seg framtidige behov, både med hensyn til eventuell fortetting, utvidelse og endring av indikatorer og endring av antall år mellom hvert gjentak. Endringer må vurderes nøye i hvert tilfelle, slik at endringene ikke reduserer sammelikhbarhet over tid for systemet som helhet.

Et jordovervåkingssystem innebærer ressurskrevende feltarbeid og analyser, og vil være kostnadskrevende i sin helhet. Prioriteringer må derfor gjøres for at det skal være så kostnadseffektivt som mulig, uten at det forringer kvaliteten på resultatene i for stor grad. Utformingen av slike systemer er alltid en avveining mellom detaljeringsgrad og kost/ nytte.

Norge har overvåkingsprogrammer for skogens tilstand (Landsskogtakseringen), for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA), for jordbrukets kulturlandskap (3Q) og for økonomien i det norske jordbruket (Driftsgranskingene i jord- og skogbruk). Disse ble igangsatt fordi man evnet å se hvordan resultater fra overvåkingssystemene ville komme til framtidig nytte for samfunnet og fordi nødvendige finansielle tiltak ble gjort ut ifra en langsiktig kost-nyttevurdering. NIBIO har ansvaret for disse overvåkingsprogrammene og har dermed kompetanse og systemer for å etablere og drifte overvåkingsprogrammer. I tillegg har NIBIO en solid kompetanse på de jordfaglige aspektene som er inkludert i det foreslåtte jordovervåkingssystemet.

Denne rapporten er utarbeidet som grunnlag for beslutning om å etablere et program for dokumentasjon av tilstand og endringer i jordsmonnet. Rapporten omhandler komplekse faglige spørsmål. I videre forberedelser til iverksetting av programmet, vil det også være behov for å arbeide videre med mer detaljerte avklaringer av de faglige problemstillingene.

Forslaget til overvåkingssystem, med tilhørende budsjett, er basert på at undersøkelsen skal være representativ for alt jordbruksareal i Norge og dekke behovene gitt i føringene, i behovsanalysen (kap. 2) og i tidligere utredninger fra bl.a. Landbruksdirektoratet (Landbruksdirektoratet, 2020). Systemet er likevel skalerbart, men det forutsetter at man enten a) begrenser undersøkelsen til deler av jordbruksarealet; b) begrenser undersøkelsen til mindre et utvalg av jordegenskaper; eller c) aksepterer høyere usikkerhet i resultatene. Det er imidlertid lite hensiktsmessig å utrede slike alternativer (med tilhørende budsjetter) før det foreligger føringer som valg av alternativ kan støtte seg på. Den utredningen som foreligger bør gi godt grunnlag for å peke ut veien videre.

## 2 Behovsanalyse for et jordovervåkingsystem

Av Arne Bardalen

### 2.1 Oppdraget i tildelingsbrevet

NIBIO er i tildelingsbrev fra LMD for 2020 gitt følgende oppdrag:

*«Instituttet skal i 2020 utvikle forslag til helhetlig resultatrapporteringssystem for jordvernpolitikk og jordforvaltning. Formålet er å supplere KOSTRA-rapporteringen med informasjon som synliggjør arealenes verdi for matsikkerhet og økosystemtjenester ut fra klima og jordegenskaper. Med utgangspunkt i behovsanalyse skal det foreslås et system for dokumentasjon og rapportering av jordsmonnets tilstand og endring.»*

Oppdraget er todelt, men de to delene må sees i sammenheng når systemer utvikles. **Del (1)** er å utvikle et forbedret resultatrapporteringssystem for jordvernpolitikken som inkluderer arealenes kvalitet og produksjonspotensial. **Del (2)** er å foreslå et system for dokumentasjon og rapportering av jordsmonnets tilstand og endring. Noen av de mange «jordutfordringer» som begrunner behov for bedret kunnskap om tilstand og endringer i norsk jordsmonn er omtalt nedenfor, men ikke nødvendigvis fullstendig og tilstrekkelig detaljert.

### 2.2 Hva begrunner et behov?

Behov kan forankres i antatt nytte innen aktuelle eller potensielle bruksområder for forbedret kunnskap om tilstand og endringer i jordsmonnet. Nytte/kostnadsvurderinger innen ulike bruksområder bør vurderes ut fra en samlet avveining av faglige, økonomiske og administrative hensyn. Resultatet av slike avveininger kan gi ulike utfall om man (1) vurderer kun avgrensede bruksområder/sektorer, eller også (2) inkluderer nytte/synergier når informasjonen legges til rette for bredere anvendelse. I dette oppdraget bør det kun være alternativ (2) som er aktuelt å legge til grunn, selv om det gjør vurderingen mer krevende.

Når problemstillingen er kompleks bør løsninger for metodikk presenteres i alternativer. Det vil f.eks. være nødvendig å vurdere nytte ved å inkludere ulike kombinasjoner av egenskaper, parameterutvalg, teknologi, dataoppløsning og gjentakfrekvens. Et utgangspunkt for å utvikle løsningsforslag, kan derfor være å identifisere de grunnleggende egenskaper/parametere/indikatorer som kan inngå i ulike alternativer og avveie disse mot nyttevurderinger på tvers av bruksområder og sektorer. Avveiningen bør inkludere vurdering av løsningers potensial i forhold til ukjente, framtidige problemstillinger og som samtidig imøtekommer de høyest prioriterte og kortsiktige informasjonsbehovene. Med en slik tilnærming vil behov ikke være detaljert begrunnet gjennom en direkte kobling mellom kunnskap om enkelte egenskaper og nytte isolert sett, men basert på helhetsforståelse av den nytte som oppnås ved forbedret kunnskap og informasjon om jordsmonnets tilstand og endring.

Ut fra markedsmessig forståelse er et behov ikke reelt uten betalingsvilje utløst hos noen som vil betale for å få del i nytten av at produkt eller tjeneste tilbys. Men er betalingsvilje i dag et godt uttrykk for behov i en kontekst hvor tradisjonelle markeder ikke finnes? Når vi argumenterer for nytte av forbedret kunnskap om jordsmonnets tilstand og endringer, er det primært utgangspunkt i en forståelse av behov og nytte i framtida. I en slik kontekst er det relevant å gjøre antakelser om økt nytte og økende betalingsvilje i framtida, særlig når forutsetningen for å imøtekomme framtidige behov forutsetter at investeringer gjøres nå.

Det er en vel dokumentert erfaring at det i dag er høyt prioriterte kunnskapsbehov som kun kan dekkes fordi det for lang tid tilbake ble etablert en baseline og deretter gjentatte, representative målinger for dokumentasjon av endringer (tidsserier, f.eks. Landsskogtakseringen). Dette bør også

være relevant for vurdering av behov/nytte av forbedret kunnskap om jordsmonnets tilstand og endringer da dette i stor grad også dreier seg om gradvise endringer over lengre tidsintervall.

Dagens prioriteringer er resultat av etablert politikk, forvaltningens prioriteringer, næringslivets etterspørsel og samfunnets vilje til finansiering av tiltak der nytten høstes i dag. Men å definere behov for nye satsinger bør altså vel så mye bygge på forståelse av framtidige kunnskapsbehov sett i lys av de utviklingstrender og utfordringer som dagens etterspørsel gir. Bakteppet for slike vurderinger er både globale og nasjonale utfordringer.

## 2.3 Den globale konteksten

Internasjonalt er det bred og økende forståelse for betydningen av å beskytte jordsmonnets økosystemfunksjoner, øke arealproduktiviteten, unngå forringelse av jordsmonn, stoppe ekspansjon av jordbruksarealer på bekostning av myr, våtmarker, skog og verdifulle naturområder samtidig som matproduksjon, jordsmonn og karbonlageret i jord beskyttes (Kilde: FAO, flere internasjonale rapporter, IPCC m fl).

***Mange solide fagmiljøer og internasjonale organisasjoner legger gjennomgående stor vekt på forbedret informasjon om jordsmonnets tilstand og utvikling, både for å overvåke endringer, implementere tiltak for å stanse forringelse eller restaurere forringet jordsmonn og evaluere effekter av tiltak.***

Landrapporten fra FNs klimapanel (IPCC, 2019) er en sentral kilde og beskriver tydelige utfordringer knyttet til klima og landarealer i globalt perspektiv men som også er relevante for Norge. Utfordringene er like relevant i Norge som globalt, og det dreier seg om behov for å

- øke og endre matproduksjonen
- øke arealproduktiviteten
- øke C-opptak i jord og skog og øke biomasseproduksjon
- stoppe arealendringer på bekostning av naturområder, våtmarker og skog
- redusere avlingstap, matsvinn, og endre konsum
- opprettholde jordfunksjoner og øke karboninnhold i jord

***Oppdatert kunnskap om jordsmonnets tilstand og endringer er en forutsetning for å sette inn tiltak og gi råd om agronomisk praksis for å håndtere de utfordringene FNs klimapanel beskriver.***

FNs bærekraftsmål<sup>6</sup> forplikter Norge og angår både direkte og indirekte norsk jordforvaltning:

- Mål nr 2 er å oppnå matsikkerhet og bedre ernæring, og fremme bærekraftig landbruk
- Mål nr 6 gjelder vann, herunder sørge for bedre vannkvalitet ved å redusere forurensning og bedre utnyttelsen av vann i alle sektorer
- Mål nr 12 handler en bærekraftig forvaltning og effektiv bruk av naturressurser, forbruks- og produksjonsmønstre, herunder minske ressursbruken, miljøødeleggelser og klimautslippene i alle sektorer
- Mål nr 13 er å stoppe klimaendringene ved bl.a. å innarbeide tiltak mot klimaendringer i politikk, strategier og planlegging der jordkarbon er et viktig element
- Mål nr 15 adresserer mål om livet på land, og inkluderer å bekjempe jordforringelse og gjenopprette forringet land og matjord.

---

<sup>6</sup> FNs bærekraftsmål: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals/>

***Kunnskap om jordsmonnets utfordringer, tilstand og utvikling er en avgjørende forutsetning for å oppnå flere bærekraftsmål – også i Norge.***

I rapporten *Opportunities for soil sustainability in Europe* (EASAC, 2018), retter The European Academies' Science Advisory Council (EASAC) søkelyset mot et bredt spekter av utfordringer knyttet til forståelsen av jord som en ikke-fornybar ressurs. Rapporten har helhetlig perspektiv på trusler mot jordsmonnet og dets rolle i bevaring av biologisk mangfold, samspill mellom jordbruk og matkvalitet, jordsmonnets betydning for menneskers, dyrs og planters helse, samt jordsmonnets interaksjoner i forhold til klimagasser og klimaendringer.

***Behov for bedre informasjonsgrunnlag for å håndtere disse utfordringene er tydelig påpekt av EASAC; «There are shortcomings to available data arising from different national monitoring systems which should be addressed».***

*Status of the World Soil Resources* report 2015 (FAO; ITPS, 2015) fra FAO dokumenterer at verdens jordsmonn forringes raskt, men denne trenden kan snus dersom det tas i bruk mer bærekraftig forvaltningspraksis og tilpasset teknologi. Rapporten fokuserer på de ti viktigste truslene mot jordfunksjoner: jorderosjon, tap av organisk karbon, ubalanse i næringsstoffer, jordforsuring, jordforurensning, vannmangel, jordpakking, nedbygginga av jord, forsaltning og tap av jordbiodiversitet. Ikke alle trusler er like relevante i Norge, men kunnskapen om truslenes påvirkning på norsk jordsmonn er også begrenset. Rapporten identifiserer fire prioriterte tiltak:

- Minimer ytterligere forringelse av jord og gjenopprette produktiviteten til jord som er forringet
- Stabilisere globale lagre med organisk jordsmonn, både organisk karbon og jordorganismer
- Stabilisere eller redusere global bruk av nitrogen og fosforgjødsel
- Forbedre kunnskapen om tilstanden og utviklingstrender for jordsmonnet

***FAO peker på at tiltak må støttes av målrettede virkemidler, inkludert utvikling av jordinformasjonssystemer for å overvåke endringer, forutsi framtidige endringer og evaluere effekter av forebyggende eller forbedrende tiltak.***

The Assessment report on *LAND DEGRADATION AND RESTORATION* (IPBES, 2018) gir omfattende evaluering og oversikt over status og trender for arealforringelse og -restaurering etter region og arealtype, effekter av jordforringelse på biologisk mangfoldverdier, økosystemtjenester og menneskers velferd.

***Evalueringen understreker betydningen av at landene styrker kunnskapsgrunnlaget for å adressere forringelse av areal og jordsmonn, og restaurering av forringet areal.***

ITPS (Intergovernmental Technical Panel on Soils)<sup>7</sup> har utarbeidet kriterier til hjelp for å avgjøre om et landskap fungerer optimalt, og om jordsmonnet blir forvaltet på en bærekraftig måte.

***ITPS påpeker at måloppfyllelse ikke kan følges opp uten informasjonssystemer for overvåking av jordsmonnets tilstand og endring.***

## 2.4 Nasjonale behovsindikasjoner

**Arealknapphet og produktivitet** er sentrale problemstillinger for norsk jordbruk både i forhold til klima, arealendringer, jordhelse og matsikkerhet. Bærekraftig jordbruk og matproduksjon i Norge må innrettes slik at alle innsatsfaktorer utnyttes optimalt. Vi må få mest mulig matproduksjon ut av

---

<sup>7</sup> ITPS består av 27 jordeksperter fra hele verden og fungerer som vitenskapelig og rådgivende organ for Global Soil Partnership, organisert under FAO/FN. Mer informasjon her: <http://www.fao.org/global-soil-partnership/intergovernmental-technical-panel-soils/en/>

knappe arealressurser for å unngå arealekspansjon, for å optimalisere bruk av gjødsel og energi, for å redusere utslipp av klimagasser og for å unngå negativ påvirkning av vann og miljøverdier.

***Forbedret kunnskap om jordsmonnets tilstand og endring er en avgjørende forutsetning i utvikling av bærekraftig jordbruk i Norge, jf også omtalen av FNs bærekraftsmål ovenfor.***

**Avlingsgapet og jordsmonnet.** En NIBIO rapport fra 2019 *Analyses of Yield Gaps for the production of wheat and barley in Norway* (Seehusen & Uhlen, 2019) illustrerer produktivitetsutfordringen. Rapporten peker på at siden 1990-tallet har vi hatt både synkende kornareal og stagnerende avlinger. Avlingsgapet i Norge er større enn både europeisk gjennomsnitt og i de fleste andre nordiske land. Rapporten peker på at det trengs mer kunnskap om (a) hvor store avlinger vi potensielt kan ta i ulike regioner ut fra naturgitte vilkår, og (b) effektiviteten av ulike agronomiske tiltak og samspill mellom disse. Avlingsøkningen i perioden mellom 1960 og 1990 var i stor grad basert på økt bruk av mineralgjødsel og kjemisk plantevern. Dette vil antagelig ikke være mulig i samme grad i dag. Å lukke avlingsgapet er et spørsmål om å forbedre utnyttelse av innsatsfaktorer ved en mer presis anvendelse og en bedre utnyttelse av gjødsel og plantevern. Agronomiske tiltak som har en positiv effekt på utbyttet vil ofte også ha positive miljøeffekter i tillegg til å redusere avlingsgapet, f.eks. ved å unngå jordpakking, ved forbedret drenering og bedre utnyttelse av gjødsel.

***Kunnskap om jordsmonnets tilstand og utvikling er av vesentlig betydning for å forstå årsaker til avlingsgapet, og for å måle effekter av agronomiske tiltak på makronivå.***

**Nasjonalt program for jordhelse.** En arbeidsgruppe har nylig utarbeidet et faggrunnlag og forslag til utvikling av tiltak og virkemidler for økt satsing på jordhelse (Landbruksdirektoratet, 2020). 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.

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. Det pekes på store kunnskapsbehov knyttet til potensial for karbonbinding i jordbruksjord i Norge gjennom driftspraksis som vektlegger jordhelse i større grad. Arbeidsgruppa sier at 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.

***Kunnskap om jordsmonnets tilstand og utvikling i Norge, både på gårdsnivå, men også i makroskala, vil være et viktig grunnlag for å prioritere, gjennomføre og evaluere effekter av de tiltak som inngår i et nasjonalt jordhelseprogram.***

**Jordbruksrelaterte klimagassutslipp** er omhandlet i rapporten *Gjennomgang av klimagassregnskapet og vurdering av forbedringer* (TBU, 2019). Det vises til at mesteparten (93,4 prosent) av jordbruksproduksjonen foregår på mineraljord, at det har vært relativt små endringer i dyrkningspraksis siden 1990, men i noen fylker har det vært en økning i tilførsel av husdyrgjødsel, som resulterer i at det rapporteres positive jordkarbonendringer, altså karbonopptak i jorden. Det er også identifisert flere potensielle tiltak for økning av karbonlagring i jord, slik som bruk av biokull og fangvekster, hvor det kreves et mer langsiktig arbeid med å oppdatere kunnskapsgrunnlag, metodikk og/eller etablere tilstrekkelig datafangst før en kan fange opp effektene. Beregningsmetodikken for karbonendringer i mineraljord på dyrket mark er en Tier 2-metode. Det er mulig at Tier 1- og Tier 2-metoder overestimerer karbonendringen sammenlignet med en dynamisk Tier 3-metode. Det vurderes som viktig å få testet ut forskjellen i karbonestimater ved Tier 2- og Tier-3 metoder, også selv om en



rigid modellevaluering mot målte data i Norge ikke er mulig på nåværende tidspunkt. Å utvikle en Tier 3-metodikk for å beregne endringer i karboninnhold i mineraljord, samt etablere godt nok datagrunnlag til å verifisere modellen slik at den kan implementeres, vil kunne gi et bedre grunnlag for å inkludere effekter av ulike tiltak, som for eksempel fangvekster, i klimagassregnskapet.

***Forbedret kunnskap om karboninnhold, karbonendringer og jordsmonnegenskaper og jordprosessers påvirkning på dette, basert på et langsiktig program for måling av jordsmonnets tilstand og endringer, kan øke presisjonen i klimagassregnskapet for utslipp og opptak i jordbruksjord.***

**Kunnskapsstatus for jordsmonn** i Norge er NIBIOs databaser for kartlagt areal og nasjonal jordsmonnstatistikk<sup>8</sup>. Jordsmonnkartleggingen gir informasjon om status på kartleggingstidspunktet, men vil ikke i overskuelig framtid bli heldekkende og er heller ikke egnet metodikk for å måle endringer. Den utvalgsbasert jordsmonnstatistikken kan være mer aktuell for tilpasning til et system for overvåkning og endringsrapportering. Private jordprøvedata er foreløpig ikke tilgjengelig for annet enn grunneiers egen bruk. JOVA<sup>9</sup>-programmet dekker ikke de behov som er beskrevet i dette notatet.

Det finnes ikke helhetlig, dokumentert kunnskap om jordsmonnets tilstand og endringer i Norge. Vi vet for lite om status og dermed mangler vi også kunnskap som grunnlag for å velge tiltak, for å måle effekter av tiltak og for å rapportere jordsmonnets utvikling på makronivå.

For jordvernrapportering er det en vesentlig svakhet at rapporteringen er begrenset til arealtall. I mangel av system for å overvåke og rapportere om utviklingen av jordarealenes tilstand/produktivitet, kan det ikke rapporteres representativt om kvalitet i tillegg til arealtall.

## 2.5 Oppsummert

Det følger av dette at det er behov for mer helhetlig og fullstendig kunnskap om tilstanden og utviklingen av jordsmonnet på norske jordbruksarealer. I henhold til den todelte bestillingen i tildelingsbrev fra Landbruks- og matdepartementet for 2020 bør følgende dimensjoner inkluderes:

**Del (1):** utvikle et forbedret resultatrapporteringssystem for jordvernpolitikken:

- Arealendringer i dekar (omdisponering av jordbrukareal)
- Indikator for arealets produksjonspotensial ut fra klima og jordkvalitet

**Del (2):** foreslå et system for dokumentasjon og rapportering av jordsmonnets tilstand og endring:

- Rapportering av jordbruksarealenes tilstand basert på jordparametere som inkluderer jordsmonnets evne til å levere økosystemtjenester
- Jordegenskaper som ikke registreres i det nasjonale jordkartleggingsprogrammet; jordkjemi, jordmekaniske egenskaper (pakking), jordbiodiversitet, andre jordhelsefaktorer

***Det er dokumentert behov for et forbedret resultatrapporteringssystem for jordvernpolitikken og et overvåkingssystem for jordsmonnets tilstand og endring i Norge. Slik kunnskap er en forutsetning for å sikre bærekraftig forvaltning av jord og bærekraftig matproduksjon i norsk jordbruk og vil dermed også være et viktig bidrag til Norges oppfølging av FNs bærekraftsmål og målene for norsk landbrukspolitikk.***

---

<sup>8</sup> Mer informasjon om jordsmonnkart og jordsmonnstatistikk:

<https://www.nibio.no/tema/jord/jordkartlegging/jordsmonnkart?locationfilter=true> og <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/handle/11250/2484038>

<sup>9</sup> JOVA står for «Program for jord og vannovervåking i landbruket»: <https://www.nibio.no/tema/miljo/jord-og-vannovervaking-i-landbruket?locationfilter=true>



## 3 Eksisterende overvåkingssystemer for jord

I flere europeiske land er det etablert overvåkingssystemer for jord på alle areal typer. Endringer i jordsmonnets egenskaper registreres, inklusiv eventuell grad av menneskelig påvirkning. Mange systemer ble etablert på 1980- og 1990-tallet, og resultater av langsiktige trender begynner nå å bli synlige. Samtidig er det noen overvåkingssystemer som ikke er kontinuerlige, og i noen land har nasjonale overvåkingssystemer blitt erstattet av LUCAS Soil (Land Use/Cover Area frame statistical Survey, Soil Component, se mer nedenfor) eller fungerer parallelt med LUCAS.

Jordovervåkingssystemer er langsiktige investeringer, derfor er stabilitet i struktur og metodikk essensielt for sammenligning av data. Utover dette er også internasjonal kompatibilitet ønskelig for å utnytte potensialet for framtidig forskning og å kunne bidra til internasjonale overvåkingssystemer. Under presenteres systemene som er i bruk i Danmark, Sverige og Finland. Til slutt vil de europeiske anbefalingene fra det avsluttede ENVASSO-prosjektet og det nåværende LUCAS Soil-systemet bli sett på som mulige rammeverk for et overvåkingssystem i Norge.

### 3.1 Jordovervåkingssystem i Danmark

Ved oppstart i 1985-86 var hovedmålet med det danske systemet en overvåking av nitrat og karbon i jord. Det var bekymring for den stadig tydeligere eutrofieringen av vann fra intensivt drevne jordbruksarealer. Parallelt med andre tiltak, ble overvåkingssystemet igangsatt.

Det danske systemet har hatt tre omdrev: 1986-87, 1997-98 og 2009-10. Det siste omdrevet ble gjort i samarbeid med SINKS klimagass-prosjekt. Rutesystemet som brukes er 7x7 km, og hver prøveflate er 50 m<sup>2</sup>. Dette gir 830 potensielle prøveflater, hvorav 590 er på jordbruksareal. Prøver ble tatt fra 590 prøveflater i 1986-87, men i påfølgende omdrev i 1997-98 ble tallet redusert til 336 prøveflater. I 2009-10 inngikk 504 prøveflater (Taghizadeh-Toosi, et al., 2014) (Gyldenkerne & Frederiksen, 2015).

Overvåkingssystemet dekker beiter og fulldyrka jord. Både system (Taghizadeh-Toosi, et al., 2014) et og rutenettet sammenfaller med andre forvaltningsprosjekter, for eksempel Danmarks jordprofil-database (Krogh, et al., 2003), DKjord, Danmarks database over jordforurensing, samt NATURDATA.dk. NATURDATA.dk er en database over artsmangfold og plantehelse osv. Rutenettet gir derfor mulighet for sammenligning med andre eksisterende datasett.

#### Prøvetakingstrategi

I 1986-87 ble det på hvert av de 590 prøvestedene, tatt 16 prøver langs tre parallelle transekter ved bruk av et jordbor. Prøver ble tatt på dybdene 0-25 cm, 25-50 cm, 50-75 cm og 75-100 cm. For å øke representativiteten ble prøvene fra hver dybde blandet til en samleprøve, altså én samleprøve per dybde (for eksempel 0-25 cm) for videre analyse.

I 1997-98 ble en lignende metodikk brukt. Alle prøver ble tatt innen 40 meter fra utvalgte prøveflater i omdrevet fra 1986-87. Analysen ble bare utført på prøver fra dybdene 0-25 cm og 25-50 cm. I tredje omdrev, 2009-10, ble prøvemethodikken forandret. I stedet for å bruke transekter for å ta prøver innenfor et prøveareal, ble en ytterligere inndeling av rutenettet brukt. Innenfor rutenettet på 7x7 km ble prøvearealene på 50 m<sup>2</sup> delt inn i flater på 5 m<sup>2</sup>, og i 16 tilfeldig valgte flater ble det tatt en prøve på hver dybde.

#### Data om arealbruk

Det danske systemet for rapportering av arealbruk ble i 1996 flyttet til et EU-system for tilskudd. Bøndene rapporterer om arealbruk etter følgende kategorier (Gyldenkerne & Frederiksen, 2015): grasmark/beite, høstsådd korn eller raps med fjerning av halm, høstsådd korn eller raps hvor halmen pløyes ned i jorda, ensilasje av mais, vårsådd korn eller raps med fjerning av halm, vårsådd korn, mais eller raps hvor halmen pløyes ned i jorda og vårsådde radavlinger. I tillegg oppgir bøndene om det

dyrkes korn med gjenlegg, om jorda ble pløyd, om det ble tilført storfegjødsel, svinegjødsel eller andre typer organisk materiale (Taghizadeh-Toosi, et al., 2014).

### **Jordanalyser**

Kun innhold av nitrat og organisk karbon ble analysert i overvåkingssystemet i 1986-87, for de fire nevnte dybdene i jorda. I de etterfølgende omdrevene ble det kun analysert for organisk karbon.

### **Evaluering av det danske systemet**

Det danske systemet ble igangsatt for å bekjempe eutrofiering, og er derfor svært begrenset i antall målte indikatorer. Dette betyr at det er mange trusler mot jordsmonnets funksjoner som ikke inngår. Fordi de bruker et nasjonalt nett som også benyttes i andre overvåkingssystemer, kan resultatene fra jordovervåkingssystemet knyttes opp mot for eksempel overvåkingen av artsmangfold og forskning på klimagasser (Gyldenkerne & Frederiksen, 2015).

Det danske systemet har vært underfinansiert, noe som medførte færre prøveflater i andre omdrev. Det er også analysert jord fra færre jorddybder. Dette begrenser den samlede verdien av resultatene. Det danske systemet registrerer ikke innhold av grove fragmenter (partikler > 2 mm). Det gjør det vanskelig å beregne total mengde organisk karbon i jorda (Taghizadeh-Toosi, et al., 2014). I dansk jordsmonn er det generelt lavere innhold av grovt materiale enn det er i norsk jordsmonn. Manglende registrering av grovt materiale i Danmark er derfor mindre problematisk enn det ville ha vært i et norsk system, men det representerer allikevel en svakhet i datasettet.

Det danske jordovervåkingssystemet gir kun informasjon om tilstand og endring av innhold av organisk karbon og organisk materiale. Det målte karboninnholdet i dansk jord falt i overvåkingsperioden. Jordklassifisering ble brukt i tolkning av resultater. Nedgangen var knyttet til jordsmonnets tekstur (Taghizadeh-Toosi, et al., 2014), og det hadde vært en stor fordel om også sjiktene under overflatesjiktet hadde inngått i systemet. I tillegg var endringen i karboninnholdet i jorda relatert til arealbruk og jordtype. Innholdet økte på grasarealer og på arealer som ble tilført storfegjødsel. På arealer med korndyrking hvor halmen ble fjernet ble det målt en reduksjon av karboninnholdet i jorda.

Danmark deltar nå i LUCAS Soil-programmet (se nedenfor) og det er uklart om det nasjonale systemet fortsatt er i drift.

## **3.2 Jordovervåkingssystem i Sverige**

Det svenske systemet for overvåking av jordbruksjord er omfattende både med hensyn til hvilke indikatorer som inngår og i antall analyserte prøver. Systemet omfatter jord på dyrka mark. Selv om mange av de valgte indikatorene er relatert til jordtrusler, er det også trusler mot jordsmonnets funksjoner som ikke belyses av dette overvåkingsprogrammet. Systemet ble igangsatt i 1988. I første omdrev ble prøvetaking gjort i årene 1988-1997, med flest prøver i 1994 og i 1995. I første omdrev ble totalt 3108 lokaliteter oppsøkt og prøvetatt. Det andre omdrevet omfatter 2034 prøver, og ble utført i årene 2001-2007, med prøveuttak i 2001, 2003, 2005 og 2007. Omdrev tre har blitt utført, men det er foreløpig ingen rapport tilgjengelig.

### **Prøvetakingsstrategi**

Prøvetakingen var basert på et nasjonalt rutenett og antall punkter ble valgt ved å justere avstanden i rutenettet slik at ønsket antall lokaliteter havnet på dyrket mark. Arealbruk ble definert av tilskuddsregisteret (Jordbruksverkets administrativa register). En seks meter bred sirkel ble brukt til å ta ni prøver fra overflatesjiktet, og fem prøver fra undergrunnen (40-60 cm), ved bruk av jordbor. I tillegg ble det på mange steder også tatt korn- og avlingsprøver på 500 av lokalitetene, spredt over landet og fordelt på havre, vårsådd og høstsådd bygg og hvete, samt gras.

## Data om arealbruk

Informasjon om arealbruk ble hentet fra det nasjonale tilskuddsregisteret, som ga informasjon om både vekstvalg og drift. I dette systemet skjules den nøyaktige plasseringen av lokalitetene under rapportering for å ivareta personvernet.

## Analysen

Jordsmonnet ble analysert for lett-tilgjengelige næringsstoffer, kornstørrelse, innhold av organisk karbon, total-karbon, pH, sporstoffer og tungmetaller. I plante- og kornprøver ble opptaket av mikro- og makroelementer målt. Resultatene ble behandlet statistisk og romlig på regionalt og nasjonalt nivå, med vekt på nasjonal rapportering og langsiktige endringer.

## Evaluerings av det svenske systemet

Den omfattende rapporten fra 2010 (Eriksson, Mattsson, & Söderström, 2010) antyder at det var liten forandring i pH og innhold av organisk materiale i de fleste jordtypene på jordbruksarealer. Det ble registrert en reduksjon i innhold av mikro- og makronæringsstoffer, som for eksempel kobber. Nedgangen var spesielt stor i de intensivt drevne jordbruksområdene, for eksempel Skåne. Resultatene reiser spørsmål om langsiktig bruk og produktivitet i disse områdene, og behovet for fremtidige tiltak. Rapporten understreket også viktigheten av et langsiktig perspektiv på jordovervåking. For å sette kortsiktige endringer i jordsmonnets egenskaper inn i en sammenheng er det behov for langsiktige strategier for datainnsamling.

Teknologien har endret seg i løpet av overvåkingssystemets levetid, og ny teknologi er tatt i bruk i systemet. Endringer i typer analyse og instrumentering kan imidlertid skape problemer med sammenlignbarhet mellom datasett. Rapporten peker på at den brede svenske tilnærmingen, knyttet opp mot avlingspotensial på dyrka mark har gitt et datagrunnlag for kunnskapsbaserte framtidige tiltak.

Sverige har videreført dette jordovervåkingssystemet, selv om de nå også er en del av LUCAS Soil-prosjektet (se nedenfor).

## 3.3 Jordovervåkingssystem i Finland

I likhet med det svenske systemet, er det finske systemet opprettet for å samle inn data om avlingspotensial og næringsstatus på jordbruksareal. Årsaken til at det ble igangsatt var bekymring over eutrofiering av vann, samt virkningene i form av endringer i arealbruk grunnet en kanaliseringpolitikk som likner den norske. Finland etablerte et overvåkingssystem for jordbruksarealer allerede i 1974. Fire omdrev er gjennomført, men for hvert omdrev er antall prøvesteder redusert. Dette har flere årsaker, blant annet redusert finansiering. Omdrevene ble gjort i 1974 (n = 2042), 1987 (n = 1362), 1998 (n = 720) og 2009 (n = 611) (Keskinen, et al., 2016).

### Prøvetakingsstrategi

Et forhåndsbestemt nasjonalt rutenett ble brukt, designet for å dekke alt jordbruksareal. I 1974 ble prøvestedene avmerket på et kart i målestokk 1:200 000 og stedet beskrevet. Senere omdrev benyttet mer nøyaktige beskrivelser av prøvestedene og i 2009 ble prøvestedene koordinatfestet ved bruk av GPS.

Ved hvert prøvetakingspunkt ble det valgt ei flate på 10x10 m. I 1974 og 1987 ble det tatt én prøve kun fra dybden 0-15 cm i hvert hjørne av området og jorda samleprøve. I 1998 og 2009 ble 10 prøver tatt med jordbor (2 cm i diameter), og deretter ble jorda samlet i en samleprøve (Heikkinen, Ketoja, Nuutinen, & Regina, 2013). I tillegg til jordprøver, ble det i et begrenset antall lokaliteter også tatt prøver av kulturvekstene.

## Data om arealbruk

Prøveområdene ble klassifisert etter arealbruk og jordtyper. Det ble angitt om arealene ble brukt til ettårige- eller flerårige vekster (hvis vekst i over 80 % av årene), og om vekstskifte ble praktisert eller ikke. Beitearealer ble også inkludert i overvåkingssystemet.

## Jordanalyse

Jordprøvene ble analysert for makronæringsstoffer, pH, jordstruktur, tungmetaller og karboninnhold. Bruk av analyseinstrumenter er endret etter hvert som ny teknologi ble tilgjengelig. (Heikkinen, Ketoja, Nuutinen, & Regina, 2013) (Keskinen, et al., 2016)

## Evaluering av det finske systemet

Det finske systemet har gjennomført fire omdrev. Dette gjør at datasettet kan vise langsiktige trender. Datasettets verdi for dette formålet svekkes imidlertid av den kraftige reduksjonen i antall prøvesteder. Kun 475 av prøvestedene var konsekvente og sammenlignbare nok til at de ble brukt i studien av karboninnholdet i finsk jord mellom 1974 og 2009 (Heikkinen, Ketoja, Nuutinen, & Regina, 2013). Dette er kun 23 % av lokalitetene fra 1974.

Data fra overvåkingen har allikevel blitt brukt til omfattende forskning om tema som plantehelse, klimaendring, miljøforurensning og dyrehelse. Siden systemet overvåker både miljøforurensning fra tungmetaller, retensjon/tap av næringsstoffer og karbon, har dataene større nytteverdi enn rene jordsmonndata.

Rapporteringsnivået er hovedsakelig nasjonalt, men regional rapportering er gjort ved å dele landet inn i fire regioner med ulikt klima og ulik arealbruk. Det finske systemet er svekket på grunn av redusert finansiering, men på den positive siden er systemet opprettholdt i en form som kan ha verdi for å overvåke jordfunksjoner og plantevekst, og gi en uvurderlig datakilde for forskning.

## 3.4 EU-kommisjonens anbefalinger og retningslinjer

I 2008 ble en serie rapporter utarbeidet av EU-prosjektet ENVASSO (ENVironmental ASsessment of Soil for mOnitoring). Hensikten med disse rapportene var å definere aktuell kunnskap om de identifiserte risikofaktorer mot jordfunksjonene, og deretter anbefale gode vitenskapelige virkemidler for å overvåke jordtruslene. Jordtruslene kategoriseres som erosjon, tap av organisk materiale, forurensning, nedbygging, jordpakking, tap av biologisk mangfold, forsøling, skred og forørkning. Oversvømmelse er også en identifisert risiko, men den vurderes ikke på samme detaljningsnivå. Rapportene tok også opp "tverrgående" trusler, som klimaendringer og endret arealbruk. Ikke alle disse faktorene er like viktige i Norge, men ENVASSO-rapportene antyder hvilket omfang et overvåkingssystem må ha dersom man skal observere jordfunksjonene og jordtruslene i et langsiktig og bærekraftig perspektiv.

ENVASSO anbefalte 82 indikatorer for å vurdere de ulike jordtruslene. 27 av disse ble ansett som essensielle (Arrouays, et al., 2008). Forørkning og forsøling av jord er lite relevante trusler mot jordfunksjonen i Norge, og kan dermed utelukkes fra et norsk jordovervåkingssystem. Skredfare er også nevnt av ENVASSO, men i Norge er NVE ansvarlig fagmyndighet for dette. Skredfare utelates dermed som trussel i forslaget til et jordovervåkingssystem. Noen av de indikatorene som er anbefalt av ENVASSO er inkludert som indikatorer i denne rapporten (nærmere beskrevet i kapittel 5).

ENVASSO samlet inn data om nasjonale og regionale jordovervåkingstrategier for alle EU- og noen EØS-land. Til tross for at disse resultatene ble publisert i 2008, er sannsynligvis mye av den innsamlede informasjonen fortsatt relevant.

ENVASSO-prosjektens anbefalinger vedrørende indikatorer er ikke direkte sammenlignbare med overvåkingssystemene i Sverige, Danmark og Finland. For det første ble disse nasjonale systemene i

en annen kontekst, både økonomisk, sosialt og teknologisk. ENVASSO-rapporten drar nytte av både større omfang og ressurser, og kunne ta lærdom av erfaringer fra nasjonale programmer.

Det store antallet indikatorer som defineres av ENVASSO gjør en overvåking svært omfattende og kostbar. I praksis må de fleste overvåkingssystemer begrenses i omfang. Dette kan gi økt usikkerhet eller begrenset verdi. Et jordovervåkingssystem må dessuten tilpasses det nasjonale behovet.

### 3.5 LUCAS (Land Use/Cover Area frame statistical Survey) Soil Component

EUROSTAT har iverksatt en overvåking av arealbruk og arealdekke innenfor EU, fra 2006 gjennomføres den hvert tredje år, under navnet Land Use and Coverage Area Frame Survey (LUCAS). Overvåkingen bruker et forhåndsdefinert rutenett på 2 km x 2 km, skjæringspunktet utgjør overvåkingpunktet. Dette gir 1 000 000 stedfestede lokaliteter i hele EU. Hver lokalitet er klassifisert i henhold til sju arealdekke-klasser (Corine Land Cover, CLC 2006)<sup>10</sup> ved bruk av ortofoto eller satellittbilder. 270 000 av lokalitetene er oppsøkt i felt, både for å verifisere arealdekkeklassifiseringen og for å innhente mer data som ikke kan framskaffes ved bruk av fjernmåling.

I 2009 ble en egen undersøkelse av jordsmonnet knyttet opp mot dette programmet under navnet LUCAS Soil (Orgiazzi, Ballabio, Panagos, Jones, & Fernández-Ugalde, 2018). Målsetningen var å opprette et første system for et harmonisert og sammenliknbart datasett på EU-nivå for jordsmonnets egenskaper i overflatesjiktet. Sammenlignbarhet er ivaretatt ved at: 1) all prøvetaking er gjort ved bruk av lik metodikk, og 2) jordprøvene er analysert på samme laboratorium, ved standard analysemetodikk (ISO). Fysiske og kjemiske egenskaper ved jordsmonnet i dybden 0-20 cm ble prøvetatt i 25 medlemsland i EU, med uttak av ca. 20 000 prøver.

LUCAS Soil kan utvides både med hensyn til geografisk område og med hensyn til hvilke egenskaper som måles. Tabell 1 gir en oversikt over hvordan LUCAS Soil har utviklet seg.

**Tabell 1: Utvikling av LUCAS Soil**

Omdrev	Antall punkter	Geografisk utbredelse	Jord-dybde	Analysert/målinger
2009	20 000	25 medlemsland i EU	0-20 cm	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prosentvis andel av grovt materiale (&gt; 2 mm)</li> <li>• Kornstørrelsesfordeling</li> <li>• pH</li> <li>• Innhold av organisk karbon</li> <li>• Innhold av karbonater</li> <li>• Innhold av fosfor, nitrogen og kalium</li> <li>• Kationbyttekapasitet</li> <li>• Multispektrale egenskaper</li> <li>• Innhold av tungmetaller (As, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mg, Mn, Ni, Pb, Sb, V og Zn)</li> </ul>
2012	22 000	Som over, i tillegg Romania og Bulgaria	0-20 cm	Som over
2015	23 000 (totalt 26 000 utvalgt)	Som over, i tillegg: <ul style="list-style-type: none"> <li>• arealer &gt;1000 moh</li> <li>• Albania, Bosnia Hercegovina, Kroatia, Montenegro, Serbia og Sveits</li> </ul>	0-20 cm	Som over, i tillegg: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elektrisk konduktivitet</li> <li>• Mineralogi</li> </ul>
2018	Som over	Som over	0-30 cm	Som over, i tillegg: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Jordtetthet</li> <li>• Jordbiodiversitet</li> <li>• Tykkelse på organisk lag i myrjord</li> <li>• Visuell vurdering av erosjon</li> </ul>

<sup>10</sup> Les mer om Corine Land Cover her: <https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc-2006>

## 4 Rapportering fra et jordovervåkingssystem

Resultater fra et jordovervåkingssystem skal gi kunnskap som kan brukes for å ta kunnskapsbaserte, kloke valg om forvaltning av jordressursen. Hva det skal rapporteres på og på hvilken måte det skal rapporteres må ligge til grunn for oppsettet av overvåkingssystemet. Med utgangspunkt i arbeid som er gjort innen EU (både ENVASSO og LUCAS Soil, nevnt i kap. 3), har dette forslaget tatt utgangspunkt i trusler som jordsmonnets funksjoner står overfor. Indikatorer er valgt innenfor hver trussel. Fra det norske jordovervåkingssystemet kan det rapporteres for de valgte indikatorene. Rapporteringen kan gjøres på ulike nivåer og i henhold til ulike tema. Under presenteres de truslene mot jordressursen som det er tatt utgangspunkt i, og på hvilke måter det kan rapporteres for dem.

### 4.1 Trusler mot jordressursen

Begrepet jordhelse er mye brukt i ulike sammenhenger om jordsmonnets evne til å opprettholde sine **funksjoner**. FAO opererer med følgende 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)*

Menneskelig aktivitet og vekselvirkningen mellom menneskelig aktivitet og naturlige prosesser kan utgjøre trusler mot jordas funksjoner. Hvilke trusler som er størst, og i hvilken grad de forringer de ulike godene jorda står for, varierer mellom ulike deler av verden. I arbeidet med forslag til et norsk system for overvåking av jordsmonnets tilstand og endring, er det valgt å fokusere på følgende trusler mot norsk jordsmonn:

- Erosjon
- Tap av organisk materiale
- Tap av biodiversitet
- Jordpakking
- Forurensning

Disse truslene samsvarer i stor grad med trusler som er beskrevet både i internasjonal (Kibblewhite, et al., 2008), i nasjonal litteratur (Landbruksdirektoratet, 2020) og i behovsanalysen (kap. 2).

### 4.2 Rapporteringsnivåer

Resultater fra overvåkingssystemet kan rapporteres for ulike geografiske målestokker og differensiert for ulike relevante naturgitte eller driftsrelaterte parametere. Dette vil være avhengig av at antall lokaliteter som inkluderes i systemet er tilstrekkelig stort for å kunne si noe om variasjonen, både over tid og geografisk, innenfor det nivået det skal rapporteres på. Jo mindre geografiske områder det skal rapporteres på, og jo flere parametere man skal differensiere resultatene på, desto mer finmasket prøvenett, det vil si større antall prøvelokaliteter, er det behov for.

Et nasjonalt system for jordovervåking bør være konstruert på en slik måte at resultatene gir grunnlag for rapportering av jordsmonnets tilstand og endring på ulike nivåer og i henhold til ulike tema. I og med at de foreslåtte alternativene for overvåkingssystem også omfatter noen indikatorer med så



ressurskrevende datainnhenting at det ikke kan gjennomføres for alle lokalitetene, kan ikke alle indikatorer benyttes til rapportering på alle nivåer. I presentasjonen av de ulike indikatorene i kap. 5 (tabellene 5, 7, 9, 11 og 13) er det antydning hvilke rapporteringsnivå som vil være mulig ut ifra det foreslåtte antallet lokaliteter.

#### 4.2.1 Administrativ inndeling

Basisrapporteringen fra overvåkingssystemet vil være på nasjonalt og fylkesnivå. Indikatorer som har for lite datagrunnlag for å kunne representere et fylke vil bare kunne rapporteres nasjonalt. Med den nye fylkesinndelingen er det noen fylker som nå har større ulikhet innen de naturlige betingelsene for matproduksjon enn i den gamle inndelingen. Viken fylke er et eksempel på dette. En rapportering på «gamle fylker» eller jordbruksregioner kan bidra til å fange opp variasjon innenfor fylkene og på tvers av fylkesgrenser. Jordbruksregioner er homogene regioner med hensyn på jordbruksbetingelser, det vil si driftsstrukturer, tilstand, og til en viss grad også jordsmonn og klima. I og med at fylkene ofte strekker seg fra fjord til fjell, og i tillegg er blitt svært store, kan jordbruksregioner være et supplement til regional administrativ enhet, med et mer homogent preg.

##### Inndeling i tre overvåkingsregioner

Ettersom det vil være svært ressurskrevende å følge en helt tilfeldig fordeling av lokalitetene mellom årene i et omdrev (høye reisekostnader), foreslås det å dele landet i tre overvåkingsregioner (Tabell 2). I inndelingen har regionene tilnærmet lik ressursbruk, basert på antall lokaliteter og reiseavstander. Enten kan all datafangst utføres i en region per år, eller i alle tre regioner hvert år, med omtrent en tredel av lokalitetene plassert i hver region. Siste alternativ passer best for å ha et 3-årig omdrev på et utvalg av lokalitetene for enkelte indikatorer. Andre alternativer kan også vurderes, både ut ifra kostnader og hvor raskt det er mulig å rapportere fra overvåkingssystemet. Den detaljerte utformingen av arbeidsflyten bør imidlertid overlates til overvåkingsprosjektet selv.

Tabell 2: Foreslått inndeling av landet i tre overvåkingsregioner

Overvåkings-region	Fylker inkludert	Antall lokaliteter inkludert*
Nord	Trøndelag, Nordland, Troms og Finnmark	266
Midt	Vestland, Møre og Romsdal, Innlandet	341
Sør	Viken, Vestfold og Telemark, Agder, Rogaland	393
	Sum	1000

\* basert på 2x2 km rutenett anbefalt i kap. 7

#### 4.2.2 Differensiering for naturgitte og driftsrelaterte forhold

Omfang og effekt av en gitt trussel for jordfunksjonene vil variere sterkt med naturgitte og driftsrelaterte forhold. En rapportering som differensierer mellom naturgitte eller driftsrelaterte forhold der det er mulig vil derfor være av stor verdi, både for forvaltning/politikk, forskning og næring.

##### Inndeling i arealtype (AR5)

Jordovervåkingssystemet skal representere norsk jordbruksareal, det vil si fulldyrka jord, overflatedyrka jord og innmarksbeite som samlet sett utgjør 11 339 872 daa eller 3,7 % av Norges landareal (Arealressursstatistikk AR5, årsversjon 2019)<sup>11</sup>. Av dette er 8 791 255 daa fulldyrka jord, 316 945 daa overflatedyrka jord og 2 231 672 daa innmarksbeite. Det er store forskjeller mellom

<sup>11</sup> Årsversjon 2019, Arealressursstatistikk AR5, viser til hvilken versjon av arealressurskart og -statistikk som ligger til grunn for arealtallene: <https://www.nibio.no/tema/jord/arealressurser/arealressursstatistikk?locationfilter=true>

fylkene, både når det gjelder antall dekar jordbruksareal, og med hensyn til fordelingen mellom de tre arealtypene fulldyrka, overflatedyrka og innmarksbeite (tabell 3). Arealtype kan benyttes til stratifisering av resultater for indikatorer som måles på alle lokaliteter.

**Tabell 3: Fordeling av fulldyrka jord, overflatedyrka jord og innmarksbeite per fylke (Årsversjon 2019, AR5)**

Fylke	Fulldyrka jord		Overflatedyrka jord		Innmarksbeite	
	daa	Andel av landets fulldyrka jord (%)	daa	Andel av landets overflatedyrka jord (%)	daa	Andel av landets innmarksbeite (%)
Agder	278 848	3	10 840	3	89 115	4
Innlandet	1 882 393	21	27 665	9	304 318	14
Møre og Romsdal	477 115	5	12 869	4	133 505	6
Nordland	536 903	6	28 863	9	184 685	8
Oslo	7 463	<1	277	0	1 986	0
Rogaland	553 922	6	28 797	9	483 464	22
Troms og Finnmark	376 876	4	41 913	13	116 992	5
Trøndelag	1 540 216	18	22 262	7	248 846	11
Vestfold og Telemark	648 849	7	13 561	4	54 584	2
Vestland	486 610	6	116 304	37	436 040	20
Viken	2 002 060	23	13 594	4	178 137	8
<b>Norge</b>	<b>8 791 255</b>	<b>100</b>	<b>316 945</b>	<b>100</b>	<b>2 231 672</b>	<b>100</b>

### Inndeling i henhold til arealbruk

En indirekte måte å ta hensyn til naturgitte og driftsrelaterte forhold på er en inndeling i arealbruk. Naturgitte forhold ligger ofte til grunn for hvordan arealene brukes. Dermed vil også utfordringene og mulighetene knyttet til forvaltning variere mellom arealer med ulik arealbruk. I mange tilfeller kan det være relevant å presentere data med en inndeling i arealbruk fremfor i fylker eller i tillegg til fylkesvis inndeling. Resultater kan for eksempel rapporteres ved en differensiering mellom korndyrking, grovfôr dyrking, grønnsak dyrking og potet dyrking, så fremt indikatoren måles på et tilstrekkelig antall lokaliteter innenfor hver kategori.

### Direkte differensiering for naturgitte og driftsrelaterte forhold

En måte å ta hensyn til naturgitte og driftsrelaterte forhold på er å presentere dataene differensiert for utvalgte parametre, enten med en inndeling i klasser eller som kontinuerlige sammenhenger. For eksempel vil man kunne presentere indikatoren «Innhold av organisk karbon» differensiert for tekstur eller gjødslingspraksis. På denne måten kan resultatene brukes til å peke ut hvilke jordegenskaper eller driftsmetoder som gjør jorda spesielt utsatt for en gitt trussel eller indikator. En slik vinkling vil særlig være relevant for å si noe om effekten av driftsmetoder og eventuelle tiltak for bedre jordhelse, men dette er avhengig av at en gitt indikator er representert ved et tilstrekkelig antall lokaliteter. Tap av biodiversitet har for eksempel (i alle fall i starten) for få lokaliteter og kan ikke differensieres ut i fra driftsmetoder uten at antall lokaliteter økes betraktelig. Datafangst for indikatorer på tap av biodiversitet er svært kostnads krevende og er derfor begrenset til et lite antall lokaliteter i første omgang.

I tillegg kan det i noen sammenhenger være relevant å sammenstille data med en annen tematisk vinkling enn den som er valgt i presentasjonen av forslaget her. For eksempel vil det være mulig å presentere data for indikatorer gruppert med utgangspunkt i jordfunksjoner fremfor jordtrusler.

## 5 Indikatorer i overvåkingssystemet

Rapporten Nasjonalt program for jordhelse (Landbruksdirektoratet, 2020) skisserer prosessen for utvikling av standardiserte jordhelseindikatorer for norske forhold med følgende trinn:

- Identifisere indikatorer
- Rangere indikatorer, skille mellom nødvendige og addisjonelle
- Identifisere måle-/ overvåkningsmetoder, skille mellom forskningsrelaterte og driftsrelaterte
- Sette sammen terskelverdier for de valgte indikatorene til en Jordhelse Indeks (JHI)

Forslaget for indikatorer i et norsk overvåkingssystem baserer seg hovedsakelig på de europeiske indikatorene som ble foreslått av ENVASSO (Huber, et al., 2008) og de som brukes i LUCAS Soil (Orgiazzi, Ballabio, Panagos, Jones, & Fernández-Ugalde, 2018). Disse ble gjennomgått, vurdert for norske forhold og supplert i samarbeid med eksperter på de respektive fagområdene. Kriteriene for valg av indikatorer i ENVASSO var at de var relatert til jordtrusler, baserte seg på internasjonal anerkjent vitenskap, var praktisk gjennomførbare, og var relevante for miljø- og landbrukspolitikken (Huber, et al., 2008). Indikatorer i det norske jord-overvåkingssystemet ble vurdert tilsvarende. Innen hver trussel er det anbefalt et sett av indikatorer (tabell 4) og målinger og registreringer som er nødvendige for innhenting av data til disse er beskrevet. Forslaget inkluderer totalt 21 indikatorer fordelt på de fem truslene. Det er gjort en prioritering mellom indikatorene for å sette opp de to kostnadsestimatene i kapittel 9. 17 indikatorer er gitt prioritet 1, 3 indikatorer er gitt prioritet 2, og en indikatorer er gitt prioritet 3. Kostnadsalternativ B inkluderer indikatorer som er gitt prioritet 2, disse er mer forskningsrelatert.

**Tabell 4: Foreslåtte indikatorer i jordovervåkingssystemet, med prioritet**

Trussel	Indikator	Prioritet	
Erosjon	E01	Estimert jordtap forårsaket av vann (flate- og fureerosjon og drepsrør)	1
	E02	Observerte erosjon (vann og vind)	1
Tap av organisk materiale	O01	Prosentinnhold av organisk karbon i mineraljord	1
	O02	Lager av organisk karbon i mineraljord	1
	O03	Lager av organisk karbon i organisk jord (0-100 cm)	1
	O04	C/N-forhold i overflatesjikt (0-30 cm)	1
	O05	Karbonbalanseregnskap	2
	O06	Termisk stabilitet	2
Tap av biodiversitet	B01	Meitemark	1
	B02	Bioporer	1
	B03	Nedbryting	1
	B04	Jordbiodiversitet	1
Jordpakking	P01	Jordtetthet	1
	P02	Luftfylt porevolum	1
	P03	Visuell bedømmelse av jordstruktur	1
	P04	Estimert utsatthet for pakking	1
	P05	Målt utsatthet for pakking	2
Forurensing	F01	Tungmetaller mm	1
	F02	Plantevernmidler	1
	F03	Regulerte og potensielle miljøgifter	3
	F04	pH	1

Tap av jordbruksarealer er også en trussel mot jordsmonnets evne til å opprettholde sine funksjoner. Norge har et lite jordbruksareal. Fulldyrka og overflatedyrka jord utgjør kun 3 % av landarealet,

innmarksbeite kommer i tillegg med 0,7 %. Overvåking av denne trusselen ivaretas gjennom første del av oppdraget, å foreslå et resultatrapporteringsystem for jordbruksareal. Tap av jordbruksareal inngår derfor ikke i jordovervåkingssystemet.

Forslag til jordovervåkingssystem inkluderer ikke utvikling av en sammenfattende indeks som integrerer og vektet alle inkluderte indikatorene. Det vil være mulig å etablere en slik indeks ved implementering av et system. En sammenfattende indeks kan være nyttig i formidling av resultatene på et overordnet nivå, men må alltid sees i sammenheng med resultater for enkeltindikatorer for å kunne gi differensiert informasjon om hvilke trusler jorda faktisk er utsatt for.

## 5.1 Erosjon

### 5.1.1 Indikatorer for erosjon

For å vurdere erosjon på lokalitetene i overvåkingssystemet, er det valgt å estimere jordtap forårsaket av vann (E01) og å foreta en visuell bedømmelse av eventuelle tegn til erosjon (E02) (tabell 5).

Erosjon eller tap av matjord vil over tid utgjøre en trussel for bærekraftig bruk av jordbruksareal. Jordsmonnet forringes og erosjon vil i tillegg være negativt for vannforekomster og andre naturmiljøer. Erosjon forårsakes av både vann og vind, hvorav vann er viktigst på norsk jordbruksareal. Risiko for erosjon og mengde jordtap fra et areal er sterkt relatert til agronomisk praksis. Praksis som øker erosjonsrisikoen er blant annet jordarbeiding, planering og dyrking av radkulturer (Huber, et al., 2008).

**Tabell 5: Indikatorer for erosjon, rapporteringsnivå og prioritet**

Indikator	Rapporteringsnivå	Prioritet
<b>E01</b> Estimert jordtap forårsaket av vann (flate- og fureerosjon og drenerør)	nasjonalt, fylker, arealbruk/drift, utvalgte jordegenskaper	1
<b>E02</b> Observert erosjon (vann og vind)	nasjonalt, fylker, arealbruk/drift, utvalgte jordegenskaper	1

#### **E01 Estimert jordtap forårsaket av vann**

Estimert jordtap forårsaket av vann er en teoretisk størrelse for forventet erosjon på lokaliteten som modelleres basert på målte parametre fra eksisterende feltforsøk, og observasjoner og målinger på lokaliteten i overvåkingssystemet. Denne indikatoren anbefales fordi måling av avrenning og sediment-transport i felt er svært ressurskrevende og må gjennomføres på nedbørsfelt-nivå, noe som ligger utenfor rammene for et overvåkingssystem.

#### **E02 Observert erosjon**

Indikatoren observert erosjon baserer seg på observasjoner av tegn til erosjon på lokaliteten. Denne indikatoren med faktisk observasjon anbefales som et supplement til den teoretiske tilnærmingen av E01.

#### **Bruk av data**

Ved å estimere erosjon for alle lokalitetene i overvåkingssystemet vil man kunne danne grunnlag for beregning av erosjonsstatistikk på nasjonalt nivå. Både potensiell erosjonsrisiko (ved høstpløying) og aktuell erosjonsrisiko basert på aktuell drift (arealbruk/registrert vekstskifte, jordarbeiding, meteorologiske data) vil kunne modelleres. Data fra et så stort antall av lokaliteter vil kunne rapporteres både med administrativ inndeling og differensiert for naturgitte og driftsrelaterte forhold.

**Erosjon fra jordbruksarealer har en negativ konsekvens både for jordbruk og miljø. Indikatorene utgjør en systematisk datainnhenting om erosjon som ikke finnes per i dag.**

## 5.1.2 Datafangst for indikatorer erosjon

Datafangst for indikatorene på trusselen erosjon innebærer både feltarbeid og modellering og er sammenstilt i tabell 6. Det anbefales å foreta registreringer på alle lokalitetene i overvåkingsystemet. For indikator E02, tegn til erosjon, er antall år mellom hvert omdrev satt til 9. Indikator E01, estimert jordtap via vann, kan beregnes hvert år. Denne indikatoren henter inngangsdata fra basis jordsmonndata og grunnlagsdata.

Tabell 6: Datafangst for indikatorer for erosjon

Indikator	Antall lokaliteter	Omdrev (år)	Datafangst	Lab-analyse	Prioritet
E01 Estimert jordtap via vann (flate- og fureerosjon, og drenerør)	1 000	1	Modelleres for hvert punkt ved å bruke samme modell som for kartene «Erosjonsrisiko flateerosjon», men ved flere stedsspesifikke inngangsdata	Ja	1
E02 Observert erosjon (vann og vind)	1000	9	Fotografering, LUCAS-skjema	Nei	1

### E01 Estimert jordtap forårsaket av vann

Estimert jordtap via vann modelleres for hvert punkt ved å benytte PESERA-modellen som utgangspunkt. PESERA-modellen ligger til grunn for erosjonsrisikokartene som er publisert i januar 2021<sup>12</sup>, og modelleres med stedsspesifikke inngangsdata for terreng, vær og jordsmonnets egenskaper. Indikator E01 vil kunne modelleres ved at flere stedsspesifikke data inngår, som for eksempel vegetasjon, eventuell tilstedeværelse av hydrotekniske tiltak og fangvekster, og oppdaterte værdata. Datafangst vil bestå av både feltregistreringer og innhenting av dynamisk informasjon fra eksisterende databaser. Interpolerte daglige værdata i et 1x1 km rutenett leveres fra Meteorologisk institutt. Data for vegetasjonstype og -dekke hentes inn ved klassifikasjon av tidsserier av satellittbilder (se vedlegg 1). Detaljerte terrengmodeller brukes for å innhente data om hellingsprosent, hellingsretning og hellingsform. Informasjon om hydrotekniske tiltak hentes inn fra gårdbruker via et innrapporteringssystem beskrevet i kap 6.1. I tillegg til estimert mengde jordtap per år vil modelleringen gi vannlagringsevne, vannbalanse og teleforhold. Indikatoren krever omfattende datainnsamling fra ulike kilder, og det kan bli for kostnadskrevenende å gjennomføre denne for alle 1000 lokaliteter hvert år.

Erosjonsmodellen PESERA (Kirkby, et al., 2004) har blitt kalibrert for norske forhold (Kvernø, in prep), både ved bruk av data fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) og fra mindre rutefelt (Kvernø & Bechmann, 2010). JOVA overvåker jordbruksdominerte nedbørfelt i Norge (12 felter). Nedbørfeltene representerer de viktigste jordbruksområdene i landet med hensyn til klima, jordsmonn og driftspraksis. Formålet med overvåkingen er å dokumentere miljøeffekter av landbruksdrift gjennom innsamling og bearbeiding av data fra overvåkingsfelt og andre relevante kilder (Hauken, Bechmann, Stenrød, & Eggestad, 2012). Dersom det viser seg at kalibreringen av modellen er mangelfull kan opprettelse av nye felter for erosjonsmålinger bli anbefalt.

Datafangsten kan bli omfattende og det kan derfor være fornuftig å vurdere om modellering av denne indikatoren skal foregå årlig, etterhvert som man får erfaringstall på tidsbruken.

<sup>12</sup> Mer informasjon om PESERA og erosjonsrisikokart: <https://www.nibio.no/tema/jord/jordkartlegging/jordsmonnkart/nytt-erosjonsrisikokart?locationfilter=true>

## E02 Tegn til erosjon

Eventuelle synlige tegn til erosjon og fravær av tegn (forårsaket av både vind og vann) dokumenteres i et område med 500 m radius fra senterpunktet av lokaliteten. Synlige tegn fotograferes og det angis avstand og retning fra senterpunktet. Dette er den samme metoden som benyttes i LUCAS Soil (Fernández-Ugalde, Orgiazzi, Jones, Lugato, & Panagos, 2017). Registreringene omfatter:

- Observert erosjonstype (flateerosjon, fureerosjon, groperosjon, jordskred, jordsiging, avsatt erosjonsmateriale) eller fravær av tegn til erosjon.
- Avstand fra lokalitet og retning fra lokalitet
- Antall furer og/eller groper: < 5, 5-10, > 10
- Eventuelle tiltak for å redusere erosjon: pløyeretning (på tvers av hellingen, langs hellingen), vegetasjon, grasdekte vannveier, fangvekster.

Datafangsten kan bli omfattende. Det kan derfor være fornuftig å vurdere antall lokaliteter skal som inngår i denne indikatoren etterhvert som man får erfaringstall på tidsbruken. Det kan også bli behov for å vurdere om enkelte driftssystemer (for eksempel åpenåker-drift) skal vektlegges spesielt med hensyn til utvalg av lokaliteter.

## 5.2 Tap av organisk materiale

### 5.2.1 Indikatorer for tap av organisk materiale

For å vurdere tap av organisk materiale (OM) fra jord anbefales det seks indikatorer (tabell 7): prosentinnhold av organisk karbon i mineraljord (O01) og lager av organisk karbon i mineraljord (O02) og i organisk jord (O03), C/N-forhold (O04), karbonbalanseregnskap (O05) og termisk stabilitet (O06). Innhold av OM i jord henger sammen med mange jordfunksjoner, både jordstruktur, vannlagringsevne, kationbyttekapasitet, jordøkologi, biodiversitet og næringstilgang for planter. OM i jord spiller også en viktig rolle i karbonlagring og klimagassregulering (Huber, et al., 2008). Dyrking av myrjord er blant hovedårsakene til redusert karbonlager i jord i Norge, men innhold av OM i mineraljord kan også påvirkes av jordbruksdrift. Både pløying, gjødslingspraksis (type og mengde), kalking, vekstskifte med mindre engvekster og erosjon kan føre til tap av organisk materiale (Huber, et al., 2008), eller til en endring av innhold mellom ulike sjikt.

Tabell 7: Indikatorer for tap av organisk materiale, rapporteringsnivå og prioritet

Indikator	Rapporteringsnivå	Prioritet	
O01	Prosentinnhold av organisk karbon i mineraljord (0-30 cm)	nasjonalt, regionalt, arealbruk/drift, jordegenskaper	1
O02	Lager av organisk karbon i mineraljord (0-30 cm) (30-100 cm)	nasjonalt, regionalt, arealbruk/drift, jordegenskaper	1
O03	Lager av organisk karbon i organisk jord (0-100 cm)	nasjonalt, regionalt	1
O04	C/N-forhold (0-30 cm)	nasjonalt, regionalt, arealbruk/drift, jordegenskaper	1
O05	Karbonbalanseregnskap	nasjonalt, regionalt, arealbruk/drift, jordegenskaper	2
O06	Termisk stabilitet	nasjonalt, regionalt, arealbruk/drift, jordegenskaper	2

### O01-O03 Innhold av organisk karbon

Det anbefales at innhold av OM i jord oppgis som innhold av organisk karbon, fordi omregningsfaktoren mellom disse to størrelsene varierer med jordtype, arealbruk og drift. Det er viktig å også inkludere dypere sjikt (O02), fordi disse kan spille en viktig rolle for karbonlagring. Ved å



måle jorddybden generelt og måle dybden av organiske lag i myrjord kan man estimere det totale karbonlageret i jord. For dette formålet må innhold av organisk karbon sees i sammenheng med jordtettheten på stedet.

#### **Oo4 C/N-forhold**

I motsetning til de kvantitative indikatorene Oo1-Oo3 forteller C/N-forholdet noe om kvaliteten på OM, nærmere bestemt om de kjemiske forutsetningene for nedbrytningshastigheten. Dette er den enkleste kvalitets-indikatoren for OM, men den forteller ikke noe om fysisk-kjemisk stabilitet, som ikke nødvendigvis samsvarer med C/N-forholdet.

#### **Oo5 Karbonbalanseregnskap**

Et karbonbalanseregnskap som tar hensyn til klima og drift på lokaliteten gir et helhetlig bilde av karbonsyklusen på lokalt nivå og er særlig relevant for å vurdere effekten av driftsmetoder på karbonlagring.

#### **Oo6 Termisk stabilitet**

I de siste årtier har det vært stigende fokus på betydningen av kvaliteten på OM i jord. Tidligere var karakterisering av kvalitet på OM basert på «kjemisk stabilitet», mens man i dag i økende grad ser på fysisk-kjemiske prosesser som stabiliserer OM (Rasse, et al., 2019). Det har blitt utviklet ulike teknikker som måler ulike former fysisk-kjemisk stabilitet (se vedlegg 2). Det anbefales å bruke termisk stabilitet som er en veldig følsom metode og dermed bedre egnet for overvåking av endringer enn de kvantitative indikatorene nevnt over.

#### **Bruk av data**

Det er generelt vanskelig å måle endringer i OM over tid. Det anbefales derfor et langt omdrev (9 år), at man inkluderer en indikator for kvalitet (Oo6), og at man relaterer innhold av OM til driftsdata.

Det er vanskeligere å måle reell endring av innhold av OM på engarealer enn på arealer med åpen åker. Dette skyldes de store jordkarbon-lagre som finnes i engarealer. Det antas derfor at prøvetakingen vil være mest egnet til å få dokumentert tilstand og lager av OM og den geografiske variasjonen. Ved å inkludere mange lokaliteter vil dataene fra overvåkingsprogrammet kunne beskrive den geografiske variasjonen som skyldes naturlige forhold som klima, topografi og jordegenskaper. Data for hvor mye karbon jorda inneholder vil være viktig for å vurdere jordas rolle i karbonsyklusen. I tillegg vil man kunne relatere disse dataene til driftsdata og dermed si noe om effekten av driftsmetoder (kultur, vekstskifte, gjødslingspraksis, fangvekster,...) på karboninnhold i jord.

Ved høyt innhold av grovt materiale vil feilkildene for analyseresultater være store og gi et feilaktig bilde av innhold av OM. Derfor anbefales det å vurdere en terskelverdi for innhold av grovt materiale.

Karbonbalanseregnskap og termisk analyse foreslås med lavere prioritet. Spesielt for analyse av termisk stabilitet er grunnen at det vil kreve både metodeutvikling og forskningsbasert tolkning. Slike forskningsprosjekter må finansieres utenfor overvåkingssystemet. Hvis dette gjøres vil det sette forskningsmiljøene i NIBIO og ved NMBU i en attraktiv posisjon i den internasjonale forskningsfronten, særlig på grunn av synergieffekten med et eventuelt overvåkingssystem. Dette er en følsom indikator og den vil derfor kunne ha stort potensial for å fange opp endringer og effekter av ulike parametre.

**Det anbefales måling av organisk karbon på samtlige lokaliteter i overvåkingsprogrammet, fordi OM i jord spiller en sentral rolle i klimaarbeidet i jordbruket. Systemet har også overføringsverdi for klimaarbeidet i skogbruket.**

## 5.2.2 Datafangst for indikatorer tap av organisk materiale

Datafangst for indikatorene på trusselen tap av organisk materiale innebærer ressurskrevende feltarbeid og er sammenstilt i tabell 8. Antall år mellom hvert omdrev er satt til 9. Det er lite sannsynlig at reell endring måles ved tettere omløp. Det er anbefalt å registrere indikatorene prosentinnhold av organisk karbon i mineraljord (O01), lager av organisk karbon i mineraljord (O02) og i organisk jord (O03), C/N-forhold (O04), karbonbalanseregnskap (O05) og termisk stabilitet (O06). Innhold av organisk karbon angis som en prosentandel (vekt) av jordsmonnet i den gitte dybden (her 0-30 cm). Lager av organisk karbon i jord angir mengde organisk karbon i en gitt dybde (her både 0-30 cm, og 30-100 cm) per arealenhet, ofte angitt i tonn per hektar i internasjonal litteratur. Datafangst anbefales på alle lokaliteter i overvåkingssystemet. Alle indikatorene med unntak av O05 har behov for analyser på laboratorium. O04 henter inngangsdata fra den basis jordundersøkelsen som gjøres på hver lokalitet (se tabell 17). Indikatoren karbonbalanseregnskap (O05) krever ikke feltarbeid, men utføres ved en analyse av tallmateriale fra ulike registre, inkludert driftsdata, og kan derfor beregnes hvert år.

Tabell 8: Datafangst for indikatorer for tap av organisk materiale

Indikator	Antall lokaliteter	Omdrev (år)	Datafangst	Lab-analyse	Prioritet	
O01	Prosentinnhold av organisk karbon i mineraljord (0-30 cm)	1 000	9	Sjiktbetegnelse og -dybde, jordprøve	Ja	1
O02	Lager av organisk karbon i mineraljord (0-30 cm) (30-100 cm)	1 000	9	Sjiktbetegnelse og -dybde, jordprøver	Ja	1
O03	Lager av organisk karbon i organisk jord (0-100 cm)	Hvis tilstede	9	Sjiktbetegnelse og -dybde, jordprøver	Ja	1
O04	C/N-forhold (0-30 cm)	1 000	9	Jordsmonn - basis	Ja	1
O05	Karbonbalanseregnskap	1 000	1	Eksisterende driftsdata mm	Nei	2
O06	Termisk stabilitet	1 000	9	Jordprøver	Ja	2

### O01-O03 Innhold av organisk karbon

Innhold av organisk karbon måles i en samleprøve bestående av 13 og 5 enkeltprøver for henholdsvis 0-30 cm dybde og 30-100 cm dybde. I tillegg estimeres andel av grovt materiale (> 2 mm).

Det er svært viktig at datafangsten utføres med en stor grad av nøyaktighet for å redusere feilkilder til et minimum. Små avvik på datafangst kan gi relativt store utslag på resultatene, enten som variasjon mellom lokaliteter eller mellom omdrev. Dette gjelder spesielt med hensyn til dybde og frasortering av levende og døde planterester.

### O04 C/N-forhold

Baserer seg på målinger av karbon i O01-O03 og målinger av nitrogen i grunnlagsdata og i hvert niende omdrev.

## O05 Karbonbalanseregnskap

Baserer seg på eksisterende modeller med inputdata om klima, jord og driftsmetoder. Introductory Carbon Balance Model (ICBM) (Andr en & K tterer, 1997) er en kandidat, men den kan per i dag ikke brukes for myrjord.

## O06 Termisk stabilitet

For hver lokalitet hentes det inn en samleprøve bestående av 13 enkeltprøver fra 0-30 cm som analyseres for termisk stabilitet via STA (Simultaneous Thermal Analysis)/DSC (Differential Scanning Calorimetry) (se vedlegg 2).

## 5.3 Tap av biodiversitet

### 5.3.1 Indikatorer for tap av biodiversitet

For   vurdere eventuelt tap av biodiversitet anbefales det   inkludere indikatorene meitemark, bioporer, nedbrytning og jordbiodiversitet (tabell 9).

Jordboende organismer har mange ulike funksjoner i jorda og har stor betydning for økosystemtjenestene fra jord. De utgjør en svært heterogen samling av organismer: virus, bakterier (inkl. arker), sopp, protozoer, leddyr, nematoder, leddormer og meitemark – alle med hver sine funksjoner. Et velfungerende samspill mellom jordliv, røtter og atmosfære har positive konsekvenser for jordstruktur, vannlagringsevnen, karboninnholdet, lagring og utnyttelse av næringsstoffer, beskyttelse mot plantesykdommer og mye mer (Landbruksdirektoratet, 2020). I følge ENVASSO (Huber, et al., 2008) har man per i dag ikke nok kunnskap om hvordan menneskelig aktivitet påvirker biodiversitet i jorda. På den annen side vet man at biodiversiteten er påvirket av innhold av organisk materiale, og kjemiske og fysiske egenskaper i jorda, som sannsynliggjør at menneskelig aktivitet som jordbruksdrift har et stort potensial for   påvirke biodiversitet i jord.

Tabell 9: Indikatorer for tap av biodiversitet, rapporteringsnivå og priorit t

Indikator	Rapporteringsnivå	Priorit�t
B01 Meitemark	nasjonal baseline (�r 3), arealbruk/drift/agronomi (�r 9)	1
B02 Bioporer	nasjonal baseline (�r 3), arealbruk/drift/agronomi (�r 9)	1
B03 Nedbrytning	nasjonal baseline (�r 3), arealbruk/drift/agronomi (�r 9)	1
B04 Jordbiodiversitet (bakterier, sopp og jordfauna)	nasjonal baseline (�r 3), arealbruk/drift/agronomi (�r 9)	1

### B01 Meitemark

Denne indikatoren forteller noe om tilstedeværelse, antall og biomasse av meitemark med ulike økologiske funksjoner i jord. Den anbefales fordi meitemark er den enkeltorganismen som har størst betydning for jordfunksjoner og det finnes en standardisert metode.

### B02 Bioporer

Tilstedeværelse av bioporer forteller indirekte om tilstedeværelse av hovedsakelig dyptgående meitemark. Den forteller også indirekte om jordas infiltrasjonsevne, evne til luftveksling og potensial for frigjøring av plantenæringsstoffer (Kautz, 2014).

### B03 Nedbrytning

Grad av nedbrytning av for eksempel en bomullsstrimmel (cotton strip assay) i løpet av en gitt tidsperiode forteller indirekte om biologisk aktivitet i jorda. Indikatoren anbefales fordi det er en enkel

metode og den kan utføres av mange personer. Dermed kan dette gjøres også på arealer utenom de valgte lokalitetene i overvåkingssystemet.

#### **Bo4 Jordbiodiversitet**

Denne indikatoren forteller om tilstedeværelse, antall (og til en viss grad biomasse) av arter med ulik størrelse, habitat, ernæring og funksjon. Den anbefales fordi den har en lovende fremtid med tanke på faglige muligheter og ressursbruk.

#### **Bruk av data**

Måling av biodiversitet i jord er nokså ressurskrevende, noe som sannsynligvis har bidratt til at det hittil ikke har blitt gjennomført i særlig stort omfang, på tross av at jordbiologien spiller en sentral rolle for jordsmonnets funksjon (Leeuwen, et al., 2019). Samtidig skjer det metodisk utvikling med høy hastighet på dette fagområdet, noe som sannsynligvis vil gjøre målinger av biodiversitet mindre ressurskrevende i nær fremtid. Derfor anbefales det å starte med å teste ut metodikken på 40 lokaliteter for deretter å vurdere å øke antallet til 200 i andre omdrev og 400 i tredje omdrev, avhengig av erfaringene man gjør seg underveis. Etter hvert som molekylærbiologiske metoder sannsynligvis også vil kunne omfatte nematoder, leddyr og meitemark, og man får en bedre forståelse for graden av underestimert ved bruk av disse, kan man kanskje også gå bort fra tidkrevende opptelling i felt. Ved tilstrekkelig fremgang i videreutvikling av metodikken vil man kanskje etter hvert kunne gjennomføre biodiversitetsmålinger på samtlige 1000 lokaliteter i overvåkingssystemet.

Biodiversitet i jord kan for enkelte viktige grupper endre seg mye over relativt kort tid. Derfor anbefales det et kort omdrev på tre år. Biodiversiteten som vil kunne fanges opp vil være sterkt avhengig av mange faktorer, som for eksempel jordtemperatur, jordas innhold av vann, tilgang til mat for organismene, tilførsel av gjødsel (type og mengde), eventuelle andre tilførte materialer, tilstedeværelse av eventuelle plantevernmidler og tungmetaller, jordarbeidingspraksis mm. Eventuell endring i indikatorer som omhandler tap av biodiversitet, og variasjoner mellom ulike lokaliteter, kan derfor skyldes «støy», både metodisk og systematisk, og ikke nødvendigvis være reelle endringer over tid eller geografiske variasjoner. Ved å øke antall lokaliteter kan det korrigeres for «støy» og man kan relatere biodiversitet til stedsspesifikke data om meteorologi og drift.

I fremtiden vil det sannsynligvis være mulig å inkludere andre molekylærbiologiske metoder som bedre relaterer arter til konkrete jordfunksjoner. Dette kan omfatte for eksempel næringsstofftilgjengelighet via C/N/S/P-syklus, næringsstofftilgjengelighet via symbiose, plantevern (antibiotisk virkning, konkurranse, systemisk resistens i planten) osv. (Elphinstone, Groffiths, Goddard, & Stockdale, 2018); (Glick, 2012); (Stott, 2019); (Willers, Jansen van Rensburg, & Claassens, 2015). Denitrifikasjon og metanotrofe arter kan være gode kandidater av utbredte funksjoner, mens nitrifikasjon og nedbryting av organiske miljøgifter kan være bedre egnet for å representere nisje-funksjoner.

Ettersom det i første omgang velges svært få lokaliteter (40 stk), vil de første registreringene først og fremst bli brukt som en registreringsbasis og et springbrett for bredere registreringer der metodeutvalget tilpasses og i økende grad utnytter andre overvåkingsdata (f.eks. OM kvalitet) og driftsdata. Selv om man i første omgang ikke kan bruke resultatene til å si noe om effekten av driftsmetoder, vil de kunne fungere som en baseline, fordi de 40 lokalitetene er valgt ut tilfeldig. En slik baseline vil være nyttig både i overvåkingssystemet og for å trekke vekslere på for eksempel feltforsøk som tar inn effekten av behandlinger og tiltak for bedre jordliv. Integrering av lokalitetene i utprøvinger kan også vurderes, så lenge dette ikke påvirker tilfeldighetsprinsippet for forholdene på lokalitetene. Etter hvert som man øker antall lokaliteter kan man korrigere for støy eller til og med se på effekten av utvalgte faktorer på biodiversitet ved å relatere biodiversitet til stedsspesifikke data om drift og andre faktorer som påvirker biodiversiteten i jorda.

**Livet i jorda har betydning for mange prosesser i jorda. Systematisk datainnhenting angående jordbiodiversitet finnes ikke per i dag og gis derfor høy prioritet i dette forslaget.**

### 5.3.2 Datafangst for indikatorer tap av biodiversitet

Datafangst for indikatorene på trusselen tap av biodiversitet innebærer ressurskrevende feltarbeid og er sammenstilt i tabell 10. Antall lokaliteter er derfor redusert til 40, men det er anbefalt kun tre år mellom hvert omdrev. En av indikatorene, jordbiodiversitet (B04), har behov for analyser på laboratorium.

**Tabell 10: Datafangst for indikatorer for tap av biodiversitet**

Indikator		Antall lokaliteter	Omdrev (år)	Datafangst	Laboratorium-analyse	Prioritet
<b>B01</b>	Meitemark	40	3	Telling av antall og veiing av biomasse, evt. diversitet (inndelt i funksjonelle grupper: epigeiske, endogeiske, anesiske)	Nei	1
<b>B02</b>	Bioporer	40	3	Flateavdekking i overgangen mellom overflatesjikt og sjiktet under: telling på stedet og fotografering	Nei	1
<b>B03</b>	Nedbryting	40	3	Nedgraving av bomullsstrimmel eller bait-lamina test, i kombinasjon med jordfuktighetsmåling	Nei	1
<b>B04</b>	Jordbiodiversitet (bakterier, sopp og jordfauna)	40	3	Uttak av jord	Ja	1

Valg av prøvelokaliteter gjøres på bakgrunn av «conditioned Latin hypercube sampling (CLHS)» (McKeague & Wang, 1982) – dette er en multidimensjonal versjon av Latinsk kvadrat-metodikk (Orgiazzi, Ballabio, Panagos, Jones, & Fernández-Ugalde, 2018). Antall år mellom hvert omdrev vurderes på bakgrunn av variasjon avdekket etter de to første omdrev, eventuelt differensiert for arealbruk.

#### **B01 Meitemark**

Registrering av meitemark følger metodikken i ISO-standard 23611-1:2018. Graving av tre groper, med areal 1 m<sup>2</sup> og dybde 0,2 m, ca. 5,6 m fra hvert senterpunkt (se figur 2). De tre gropene skal representere et areal på 100 m<sup>2</sup>. For registrering av meitemark som er tilstede, anbefales det en kombinasjon av følgende to metoder: fysisk gjennom søkning ned til 20 cm dybde og kjemisk ekstraksjon med allyl isothiocyante fra jorda under 20 cm dybde.

Begge metodene følges av en bestemmelse av økologiske grupper (epigeiske, endogeiske, anesiske), fordi disse er involvert i ulike jordfunksjoner og økosystemtjenester. Marken i de forskjellige gruppene telles og veies.

Basisdata om jordsmonnet (grunnlagsdata) og data fra andre indikatorer (for eksempel O01, O04 og O06) vil brukes for tolkning av resultater.

#### **B02 Bioporer**

Bioporer telles eller estimeres under plogsjiktet på et areal på 0,5×0,5 m. Ved telling kan bioporer deles inn i størrelsesklasser. For estimering kan figurer med forskjellig punkttetthet brukes som hjelpemiddel (McKeague & Wang, 1982). Det er imidlertid en del feilkilder (for eks. variasjon mellom feltpersonell, og fuktighetsforhold og årstid) som må vurderes og det kan være behov for å justere metodikken ved å legge til flere gjentak for hver lokalitet. Meitemarktellinger (B01) og bioporer (B02)

er to målinger som komplementerer hverandre, der antall bioporer kan korrigere for lave tall som oppnås i B01 på grunn av årstid, fuktighetsforhold o.l.

### **B03 Nedbryting**

På hver lokalitet graves det ned fem bomullsstrimler i en dybde på 10-25 cm. Disse graves opp igjen etter en forhåndsbestemt periode basert på døgngrader. Teststripene tørkes og skannes med en flatbedscanner. Misfarging fra biologisk aktivitet registreres ved hjelp av Photoshop (Nachimuthu, King, Kristiansen, Lockwood, & Guppy, 2007).

### **B04 Jordbiodiversitet**

Denne indikatoren følger metodikken som brukes i LUCAS. Uttak av jord i dybden 0-20 cm, samleprøve fra fem punkter ved hver lokalitet. Rester av vegetasjon fjernes, 500 g av samleprøve tas ut og kjøles ned umiddelbart.

Indikatoren jordbiodiversitet baserer seg på DNA-metabarcoding. For dette anbefales det i LUCAS å bruke den samme metodikken som i Earth Microbiome Project (EMP) for alt fra DNA-ekstraksjon til valg av primer set og valg av sekvenseringsplattform (Orgiazzi, Ballabio, Panagos, Jones, & Fernández-Ugalde, 2018). Denne metodikken bestemmer bakterier og arker ved hjelp av målregion 16S ribosomal DNA (16S rDNA), sopp ved hjelp av målregion internal transcribed spacer (ITS), og andre eukaryoter ved hjelp av målregion 18S ribosomal DNA (rDNA). I fremtiden vil det sannsynligvis være mulig å også inkludere DNA-analyse av nematoder, leddyr og meitemark (Orgiazzi, Ballabio, Panagos, Jones, & Fernández-Ugalde, 2018).

## **5.4 Jordpakking**

### **5.4.1 Indikatorer for jordpakking**

For å vurdere jordpakking anbefales det primært å måle jordtetthet og luftfylt porevolum, bedømme jordstrukturen visuelt og å estimere utsatthet for jordpakking (tabell 11). Sekundært anbefales det i tillegg å måle utsatthet for pakking.

Jordpakking er et resultat av jordas bæreevne og maskinens vekt og marktrykk, og risiko for jordpakking er stor ved et høyt vanninnhold i jorda. Det er særlig de store porene i jorda som blir ødelagt ved jordpakking. Jordstrukturen påvirkes negativt og dette gir dårligere utveksling av vann og luft mellom ulike lag i jorda. Dette vil kunne gi økt risiko for erosjon og flom. Jordpakking har også en negativ innvirkning på utslipp av lystgass fra jordsmonnet. I tillegg vil jordboende organismer og plantenes rotvekst påvirkes negativt av jordpakking. Jordpakking regnes som en viktig årsak til avlingsstagnasjon. Det bør differensieres mellom grad av jordpakking i ulike sjikt. Jordpakking nær overflata gir stor avlingsnedgang, men er relativt enkel å reparere. Jordpakking i dypere sjikt er svært vanskelig å reversere. Slik pakking får konsekvenser for vanntransport og næringstilgang, spesielt i år med uvanlig mye eller lite nedbør. Rotutviklingen i dypere sjikt forhindres samtidig som kapillær vanntransport og infiltrasjon av vann i dypere sjikt svekkes. Med forventet mer nedbør og mer ekstremvær, er dette svært viktig å unngå.

Det er antatt at dagens stordrift, inkludert en stor leiejordandel, fører til at flere arealer er påvirket av jordpakking. Maskinparken er større og tyngre, samt at det er større arealer som skal innhøstes av hver bonde innenfor et kort tidsvindu. Et framtidig klima med mer nedbør vil kunne føre til at jorda er vannmettet i flere dager enn før, og at det er få dager hvor jorda er lagelig for kjøring.



**Tabell 11: Indikatorer for jordpakking, rapporteringsnivå og prioritet**

Indikator		Rapporteringsnivå	Prioritet
P01	Jordtetthet	nasjonalt, fylker, arealbruk/drift, jordegenskaper	1
P02	Luftfylt porevolum	nasjonalt, fylker, arealbruk/drift, jordegenskaper	1
P03	Visuell bedømmelse av jordstruktur	nasjonalt, fylker, arealbruk/drift, jordegenskaper	1
P04	Estimert utsatthet for jordpakking	nasjonalt, fylker, arealbruk/drift, jordegenskaper	1
P05	Målt utsatthet for jordpakking	nasjonalt	2

### **P01 Jordtetthet**

Jordtetthet er et direkte mål på jordsmonnets grad av jordpakking. Grad av jordpakking har stor innvirkning på rotutvikling, samt utveksling av vann og luft. Tørr volumvekt viser den aktuelle pakketilstanden. Jordtetthet er valgt fordi det gir informasjon om aktuell pakking og kan også brukes til å identifisere jord som er utsatt for pakking. I tillegg inngår den som en faktor i andre indikatorer, for eksempel indikatorer for tap av organisk materiale.

### **P02 Luftfylt porevolum**

Luftfylt porevolum er et mål på makroporevolumet i jorda, og viser volumet som røtter, luft og vann har tilgang til. Indikatoren gir informasjon om kvaliteten på jordstrukturen og grad av luft- og vanntilgang for planterøttene. Parameteren kan også ses i sammenheng med infiltrasjonsevne.

### **P03 Visuell bedømmelse av jordstruktur**

Visuell bedømmelse av jordstruktur gjøres ved bruk av «Retningslinjer for beskrivelse av jordprofil» (Greve, Sperstad, & Nyborg, 1999). Dette vil gi informasjon om jordpartiklene er organisert i aggregater, hvilke aggregater som i så fall er tilstede, samt størrelse på aggregatene og aggregatenes motstandsevne mot fysisk påkjenning.

### **P04 Estimert utsatthet for jordpakking**

Estimert utsatthet for jordpakking er en modellert indikator som kombinerer data om kornstørrelsesfordeling, jordtetthet og meteorologi, med standard-maskinering tilpasset den driften som er på lokaliteten. Estimatenes gjøres for et tidspunkt hvor det normalt er aktivitet på jordet (vårinn, innhøsting o.l.) og gir informasjon om i hvilken grad jorda er utsatt for pakking under gjeldende forhold.

### **P05 Målt utsatthet for pakking**

Målt utsatthet for pakking (Precompression strength) beskriver terskelen for når deformering av jord skifter fra elastisk og reversibel til plastisk og irreversibel. Det vil si at denne indikatoren er et mål for hvor mye fysisk påkjenning jorda har vært utsatt for tidligere og hvor mye den tåler før det oppstår mer pakkeskader. Den kan brukes til å identifisere spesielt utsatte områder.

### **Bruk av data**

Det anbefales at indikatorene for jordpakking kun utføres på lokaliteter på fulldyrka og overflatedyrka jord. Datafangst for disse indikatorene er kostnadskrevenende, både med hensyn til arbeidstid og analyser. Ut ifra en kost-nyttevurdering samlet sett for alle indikatorene, er det derfor vurdert å prioritere datafangst på mange lokaliteter på særlig fulldyrka jord for denne trusselen. Kost-nyttevurderingen gjør også at det anbefales at et omdrev på ni år er tilstrekkelig ofte til å få fange opp en eventuell endring i jordtetthet. Indikator P01 anbefales målt hvert 3. år, fordi det er en lite

ressurskrevende måte for å samle inn data om jordpakking. Estimering av utsatthet for jordpakking (P04) kan gjennomføres årlig, da de nødvendige dataene vil bli oppdatert hvert år.

Indikator P05 har en viss forskningsverdi men er klassifisert som 'low indication' faktor siden den avhenger av jordfuktigheten ved målingen og sier lite om jordstabilitet i forhold til økologisk funksjon. Denne indikatoren er en teoretisk verdi som kan brukes forebyggende for å kartlegge hvilken belastning ville være skadelig. Denne indikatoren anbefales kun for kartlegging, ikke overvåkning.

Ved tolkning av resultatene må det tas hensyn til grunnlagsdata om jordsmonnet på lokaliteten, driftsdata og meteorologiske data.

**Indikatorer om jordpakking vil bidra til at ett av kunnskapshullene om hva som påvirker avlingsstagnasjon, avlingsgapet, reduseres. Resultatene kan gi grunnlag for å sette inn målrettede tiltak for å redusere jordpakking. Systematisk datainnhenting angående jordpakking finnes ikke per i dag og er derfor gitt høy prioritet i dette forslaget.**

## 5.4.2 Datafangst for indikatorer jordpakking

Datafangst for noen av indikatorene på trusselen jordpakking innebærer ressurskrevende feltarbeid og er sammenstilt i tabell 12. Lokalteter på innmarksbeiter er utelatt ut ifra en kost-nyttevurdering, og antall år mellom hvert omdrev er satt til 9 for disse indikatorene. Begge anbefalingene er gjort ut ifra en kost-nytte-vurdering. Det er anbefalt å registrere for indikatorene jordtetthet (P01), luftfylt porevolum (P02) og visuell bedømmelse av jordstruktur (P03) på alle lokaliteter på fulldyrka og overflatedyrka jord. Fire av indikatorene har behov for analyser på laboratorium, indikatoren estimert utsatthet for jordpakking (P04), henter inngangsdata fra grunnlagsdata. Dette innebærer ingen kostnader per år, og er derfor satt til å utføres hvert år. Indikatoren målt utsatthet for pakking innebærer mer ressurskrevende feltarbeid og er anbefalt gjort på færre lokaliteter (40 stk).

**Tabell 12: Datafangst for indikatorer for jordpakking**

Indikator	Antall prøvelokaliteter	Omdrev (år)	Datafangst	Laboratorium-analyse	Prioritet
P01 Jordtetthet	Ca. 800 (alle lokaliteter som er på AR5=21, 22)	3	Uttak av sylindre	Ja	1
P02 Luftfylt porevolum	Ca. 800 (alle lokaliteter som er på AR5=21, 22)	9	Uttak av sylindre	Ja	1
P03 Visuell bedømmelse av jordstruktur	Ca. 800 (alle lokaliteter som er på AR5=21, 22)	9	Beskrivelse av jordstruktur	Nei	1
P04 Estimert utsatthet for pakking	Ca. 800 (alle lokaliteter som er på AR5=21, 22)	1	TERRANIMO	Nei	1
P05 Målt utsatthet for pakking	40 (4 %)	9	Uttak av sylindre	Ja	2

### P01 Jordtetthet

Måles ved å prøveta uforstyrret jord i 5 sylindre i plogsjikt og 5 sylindre sjiktet under (plogsålen). På overflatedyrka jord tas det ut prøver i A-sjikt (5-10 cm dybde). Jord fra sylindere tømmes oppi hver sin plastpose og veies før og etter tørking.

## P02 Luftfylt porevolum

Luftfylt porevolum måles ved hjelp av keramiske plater i 5 sylindre med uforstyrret jord i plogsjiktet og 5 sylindere i sjiktet under.

## P03 Visuell bedømmelse av jordstruktur

Visuell indikasjon på pakking. Strukturen i plogsjikt og sjiktet under beskrives etter retningslinjene som brukes ved beskrivelse av jordprofil. På overflatedyrka mark og innmarksbeiter beskrives strukturen i overflatesjiktet.

## P04 Estimert utsatthet for pakking

TERRANIMO brukes i denne sammenhengen. Inngangsdata er jorddata fra profilbeskrivelsen, klimadata og standard maskinering tilpasset driften av arealet flata representerer. TERRANIMO estimatene gjøres på tidspunkt hvor det normalt er aktivitet på jordet (vårønn, innhøsting o.l.).

## P05 Målt utsatthet for pakking

Målingene utføres på 3 sylindre med uforstyrret jord i plogsjiktet og 3 sylindere i sjiktet under på et tilfeldig utvalg av 40 lokaliteter (de samme som velges for indikatorene B01-B04). Målingene utføres med et «pneumatic multistep oedometer» (Peth, Rostek, Zink, Mordhorst, & Horn, 2010) og mikrotensiometre.

## 5.5 Forurensning

### 5.5.1 Indikatorer for forurensning

Det er behov for at et jordovervåkingssystem måler innhold av stoffer fra menneskelig aktivitet som truer jordsmonnets funksjoner. Slike forurensninger kan være innhold av tungmetaller og miljøgifter fra industriell aktivitet, tidligere og nåværende arealbruk, rester av plantevernmidler og tilførsel av masser som kompost og/eller produkter basert på avfall og restråstoffer som inneholder forurensende stoffer, samferdsel og atmosfærisk nedfall. Forurenset jord kan hemme biologiske funksjoner, bringe forurensningene videre i næringskjeden og utgjøre en trussel for mattryggheten (Keesstra, et al., 2016).

I samsvar med nyere evalueringer (FAO; ITPS, 2015) ansees indikatorer som måler innhold av tungmetaller, plantevernmidler og pH som relevante for overvåking av jord i Norge (tabell 13). I tredje rekke anbefales det en overvåking av regulerte og potensielle miljøgifter.

Tabell 13: Indikatorer for forurensning, rapporteringsnivå og prioritet

Indikator	Rapporteringsnivå	Prioritet
F01	Tungmetaller mm nasjonalt, fylker, arealbruk/drift, jordegenskaper	1
F02	Plantevernmidler nasjonalt	1
F03	Regulerte og potensielle miljøgifter <sup>1)</sup> nasjonalt	3
F04	pH nasjonalt, fylker, arealbruk/drift, jordegenskaper	1
	nasjonalt	1

1) Emerging pollutants (EPs) defineres av Stolte et al (2015) som "synthetic or naturally occurring chemicals or microorganisms that are not commonly monitored in the environment and cause known or suspected adverse ecological and (or) human health effects" (Stolte, et al., 2015)

## **F01 Tungmetaller**

Denne indikatoren anbefales fordi tilstedeværelsen av tungmetaller i jord kan begrense plantevekst og dermed avling, og kan ha negative konsekvenser for jordbiodiversitet. Planter kan også ha et for høyt innhold av tungmetaller, men inkluderes ikke i overvåkingssystemet. Resultater fra overvåkingssystemet kan brukes for å identifisere behov for analyser av tungmetaller i planter i forskningsprosjekter.

Når terskelgrensene for tungmetallinnhold overskrides, kan forurensningen bli permanente. Ettersom jord filtrerer opptil 70 % av alt ferskvann, kan forurensning i jord også gi ugunstig miljøpåvirkning i andre miljøer (Keesstra, et al., 2016). De viktigste kildene til tilførte tungmetaller i norsk jordsmonn er fra kompost og/eller produkter basert på avfall og restråstoffer, husdyrgjødsel, fullgjødsel og kalk. Lokalt kan jordsmonn ha et naturlig høyere innhold av tungmetaller enn andre steder grunnet jordsmonnets opphavsmateriale.

## **F02 Plantevernmidler**

Det antas at det kjølige klimaet i Norge gir en mer langsom mikrobiell nedbrytning av midlene enn i deler av verden med varmere klima.

Målinger av plantevernmidler anbefales fordi plantevernmidler i jord kan ha en negativ innvirkning på det biologiske mangfoldet, både i selve jordsmonnet og utenfor (Martin-Laurent, Kandler, Petric, Djuric, & Karpouzias, 2012). Plantevernmidler i jord kan stamme fra både midler som er i bruk per nå og fra midler som var i bruk tidligere (Stolte, et al., 2015). Nyere plantevernmidler er utviklet for lavere dosering og har en mer målrettet virkemåte. Dette kan gjøre det vanskeligere å måle reelle endringer i en overvåking.

## **F03 Regulerte og potensielle miljøgifter**

Mange regulerte og potensielle miljøgifter er diffuse forurensninger som potensielt kan skade menneskers helse, dyrehelse, vannmiljø og jordøkosystemfunksjoner. Kunnskap om omfanget, nedbrytningen og effekten av slike forurensninger avdekkes fremdeles av forskning. Dette omfatter forurensende stoffer i jordsmonnet som stammer fra legemidler (human og veterinær), kjemiske behandlinger for desinfisering og konservering, biprodukter fra industrien og industrielle kjemikalier. Listen over potensielle miljøgifter utvides etter hvert som nye blir identifisert (Miljødirektoratet, 2020). For øyeblikket er det identifisert over 700 regulerte forurensende stoffer i EU, hvorav mange har en skadelig effekt på jordmiljøet og jordfunksjonen (Stolte, et al., 2015).

Per i dag eksisterer ikke standardisert metodikk for overvåking av regulerte og potensielle miljøgifter. Kategorien omfatter et bredt spekter av forurensende stoffer, med nye typer som fortsatt blir oppdaget (Vodyanitskii & Yakovlev, 2016). Det anbefales derfor at denne indikatoren kan inkluderes på et senere tidspunkt etter at standardisert metodikk er utarbeidet.

## **F04 pH**

Forsuring av jord kan ha negative konsekvenser for både plantevekst og jordsmonnet. Plantene kan få mindre tilgang til næringsstoffer og biodiversiteten kan reduseres. For jordbruksjord er dette nært knyttet til arealbruk og driftsmetoder. Overvåking av pH er også viktig for tolkningen av andre indikatorer, som mobilitet av tungmetaller, næringstilgang og organisk materiale, og er derfor inkludert i overvåkingssystemet.

## **Bruk av data**

Det anbefales at innhold av tungmetaller (F01) og pH (F04) måles i overflatesjiktet på hver lokalitet. Å begrense prøvetaking til overflatesjiktet reduserer analysekostnadene og forenkler prøvetaking. Endringer i tungmetallinnhold er i hovedsak gradvis, derfor er det anbefalt ni år mellom hver måling av denne indikatoren. Men, hvis avløpsslam tilsettes jordbruksarealene kan endringen skje brått, hvis det som tilføres inneholder tungmetaller og/eller andre miljøgifter. For F02 og F04 kan endringer skje

raskere på grunn av den agronomiske driften av arealet. Det beste er derfor at målingen av FO2 og FO4 gjentas hvert tredje år og at de settes i sammenheng med driftsdata på lokalitetene. Datafangst for FO2 og FO4 skjer også på 4 % av lokalitetene, ut ifra et kostnadsaspekt. De samme lokalitetene som er utvalgt for indikatorene om biodiversitet velges. For de andre lokalitetene i overvåkingssystemet gjøres datafangsten for FO4 hvert niende år. Disse bør velges ut basert på et tilfeldig uttak.

Overvåking av plantevernmidler (FO2) må være fleksibelt nok for å implementere nye teknologiske og kunnskapsbaserte forbedringer. Ut ifra en vurdering av resultater i første omdrev vil antall lokaliteter revurderes etter 3 år. Hvis det viser seg at forurensning av plantevernmidler er en mer utbredt trussel mot jordfunksjonen, vil det kunne bli behov for å øke antall lokaliteter til å omfatte 25 % av totalt antall lokaliteter.

Regulerte og potensielle miljøgifter, FO3, inkluderes ikke i implementeringsfasen. Det er en del kunnskap om hvilke forurensninger som er mest relevante for norsk jordbruksjord, men det hele og fulle bildet vedrørende regulerte og potensielle miljøgifter er komplisert. Sett i et risikovurderingsperspektiv, er derfor etablering av analyser for å detektere ulike potensielle organiske miljøgifter satt som tredje prioritet.

**Ved å inkludere indikatorer på forurensning av jord i overvåkingssystemet vil det etableres en mulighet for å skaffe til veie en «baseline» for jordsmonnets innhold av uønskede stoffer grunnet menneskelig aktivitet. Systematisk datainnhenting angående forurensning i jord finnes ikke per i dag og er derfor gitt høy prioritet i dette forslaget.**

## 5.5.2 Datafangst for indikatorer forurensning

Datafangst for indikatorene på trusselen forurensning innebærer feltarbeid og alle indikatorene har behov for analyser på laboratorium (tabell 14). Det er vurdert å være nyttig å analysere for tungmetaller (FO1) på alle lokalitetene, men kun hvert niende år. Uttak av jord for indikator FO2, plantevernmidler, foretas hvert tredje år. På grunn av kostnader for uttak og analyse, gjøres dette på kun 4 % av lokalitetene. For indikator FO4, pH, er det valgt en dobbel-løsning: for alle lokaliteten tas det prøver hvert niende år, for 40 av lokalitetene tas prøvene hvert tredje år. FO3, regulerte og potensielle miljøgifter, implementeres ikke ved oppstarten av overvåkingssystemet.

Tabell 14: Datafangst for indikatorer for forurensning

Indikator	Antall prøvelokaliteter	Omdrev (år)	Datafangst	Laboratorium-analyse	Prioritet	
F01	Tungmetaller mm	1 000	9	Jordprøve	Ja	1
F02	Plantevernmidler	40 (4 %)	3	Samleprøve (13 stikk)	Ja	1
F03	Regulerte og potensielle miljøgifter	40 (4 %)	9	Samleprøve (13 stikk)	Ja	3
F04	pH	1 000	9	Samleprøve (13 stikk)	Ja	1
		40 (4 %)	3	Samleprøve (5 stikk)	Ja	1

## **F01 Tungmetaller**

Det anbefales at tungmetaller i jord overvåkes ved hjelp av protokollen utarbeidet av LUCAS Soil. LUCAS Soil inkluderer følgende elementer i overvåking av metallinnholdet i jord: Arsen (As), kadmium (Cd), kobolt (Co), krom (Cr), kobber (Cu), jern (Fe), magnesium (Mg), mangan (Mn), nikkel (Ni), bly (Pb), antimon (Sb), vanadium (V) og sink (Zn). Av disse er Cu, Mn og Zn mikronæringsstoffer og Mg et næringsstoff. I den norske prioriteringslisten over potensielle miljøgifter (Miljødirektoratet, 2020) listes følgende grunnstoffer: As, Cd, Co, Mg, Ni, Sb, Pb, V. Magnesium (Mg) er et næringsstoff og har ingen toksiske effekter. Jern (Fe) er et svært vanlig metall i jord, og utgjør fra 1-5 % av jordas elementinnhold. Kun toverdig jern er giftig, men dette kan ikke måles i standard analyser. Toverdig jern vil oksideres under transport og lagring om det ikke tas forholdsregler. I forslag til system for jordovervåking utelates derfor målinger av både magnesium (Mg) og jern (Fe).

Elementene måles ved bruk av ICP-MS etter ISO 11466. Måling av elementene As, Cd, Co, Cr, Cu, Ni, Pb, Sb, V og Zn i et overvåkingssystem vil gi en «baseline» og deretter et mål på endring over tid, lokalt. Fra sentralt punkt på lokaliteten tas det en prøve i dybden 0-20 cm. På grunn av naturlig variasjon, må prøver tas på det samme punktet hver gang (innenfor 1 m).

## **F02 Plantevernmidler**

Screening for innhold av plantevernmidler og nedbrytningsprodukter i jord er den mest effektive metoden per nå. NIBIO har utviklet en prototype-screeningmetode som identifiserer ca. 350 kjente plantevernmidler og nedbrytningsprodukter. Screeningen inkluderer også plantevernmidler som ikke er tillatt brukt i dag. Screeningen gjøres på en samleprøve bestående av 13 enkeltprøver for hver lokalitet, helst tidlig om våren, før sesongens tilførsel av plantevernmidler.

## **F03 Regulerte og potensielle miljøgifter**

Denne indikatoren krever ytterligere forskning på effektive metoder, og er derfor gitt prioritet 3 i jordovervåkingssystemet.

## **F04 pH**

Jordsmonnets pH måles i både CaCl<sub>2</sub> og H<sub>2</sub>O på en samleprøve bestående av 5 enkeltprøver for hver lokalitet.



## 6 Datafangst

Under presenteres datafangst for to hovedkategorier innen overvåkingssystemet. I tillegg til disse er det også datafangst i form av modellering, både kartbasert og registerbasert. Disse omtales under hver enkelt indikator der de inngår.

### 6.1 Grunnlagsdata

Mange av egenskaper ved jordsmonnet er relatert til driften på stedet, både den som foregår på det gitte tidspunktet for prøvetaking og måten driften har vært utført på tidligere. I tillegg vil enkelte egenskaper ved jordsmonnet ha større eller mindre effekt på jordsmonnets funksjon avhengig av beliggenhet og gitte driftspraksis. Det er derfor behov for innsamling av grunnlagsdata for hvert prøvested. Noen av disse kan registreres av den som utfører prøvetakingen, andre må innhentes gjennom informasjon fra den som driver og/eller leier arealet. Tabell 15 viser hvilke grunnlagsdata som bør innhentes fra hver lokalitet og fra hvilken kilde informasjonen kan hentes.

Tabell 15 Oversikt over behov for grunnlagsdata i overvåkingssystemet

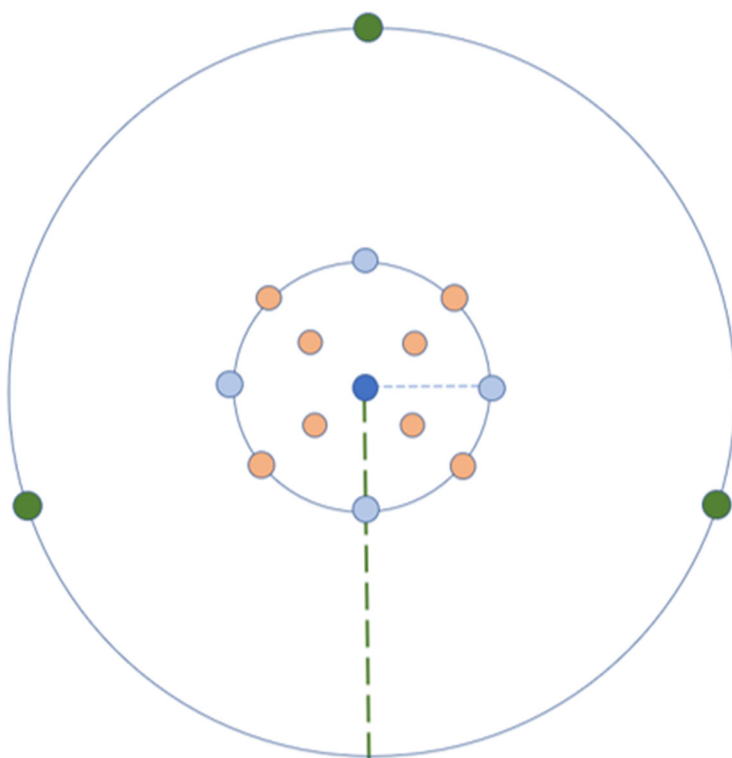
Type grunnlagsdata	Spesifisering av grunnlagsdata	Kilde for grunnlagsdata	Innhenting av data
<b>Stedfesting</b>	Koordinater, høyde over havet	GPS	Kartdata
<b>Meteorologiske data</b>	Daglige verdier for temperatur, nedbør og vind (styrke og retning), potensiell fordamping, lengde på vekstsesong, snødekke	Interpolerte værdata fra Meteorologisk institutt (1x1 km rutenett)	Kartdata
<b>Geologi</b>	Berggrunn, løsmasse	NGU	Kartdata
<b>Kulturminner</b>	Eventuell forekomst av registrerte kulturminner på prøvepunktet og nærliggende forekomster	Askeladden	Kartdata
<b>Terreng</b>	Overflateform, hellingsgrad, hellingslengde, hellingsretning, plassering i terrenget (i henhold til topografien, avstand til elv/bekk/dråg), eventuell flomutsatthet, nærhet til veier, boligfelt, næringsområder, industri etc	Feltregistrering, digital høydemodell og kartdata	
<b>Agronomiske data</b>	Arealbruk (type vekst) og vekstskifte, håndtering av halm (nedpløying, fjerning, brenning) Tilstedeværelse av dreneringstiltak (type tiltak og eventuell alder på tiltak) Tilstedeværelse av eventuell planering, påkjørt jordmateriale/masser, omgraving, profilering, dyppløying Jordarbeidingspraksis (type, tidspunkt) Gjødslingspraksis (type og mengde) Kalkingspraksis (sist tilført, type, mengde) Bruk av plantevernmidler (type, mengde) Tilførsel av kompost, biokull og/eller produkter basert på avfall og restråstoffer Drift: konvensjonell eller økologisk Eiendomsforhold: leid eller eid Avlingstall Maskinbruk	Uttrekk fra registrering i innloggingsversjonen av Gårdskart, årlig fra gårdbrukere i nærområdet til hver lokalitet	

I 2021 implementeres en påloggingsfunksjon i Gårdskart. For å få god tilgang til agronomiske data om hver lokalitet, så er det hensiktsmessig om det opprettes et system hvor næringsutøvere innenfor et gitt nærområde til overvåkingslokaliteten, ved hjemmel i lov/forskrift pålegges, gjennom for eksempel jordbruksforhandlingene, å legge inn data om driften (i henhold til tabell 15). Det må da opprettes en samtykkeerklæring som gir mulighet for bruk av data inn i overvåkingssystemet. Innsamlede data vil behandles som sensitive data og ikke benyttes til annet formål enn som eventuelle forklaringsårsaker i rapporteringen av de ulike indikatorene.

## 6.2 Datafangst på lokalitetene

Det anbefales at overvåkingssystemet består av 1000 lokaliteter (utvalgssystemer og det anbefalte utvalgssystemet beskrives i kapittel 7). Lokalitetene oppsøkes ved bestemte tidsintervaller og bestemte registreringer gjøres på hver lokalitet. Antall lokaliteter som datafangsten utføres på, og hvordan disse lokalitetene velges, varierer mellom indikatorene. Antall år mellom hvert omdrev varierer også mellom indikatorene.














Selve lokalitetene bygges opp på tilsvarende måte som lokalitetene i LUCAS Soil. Figur 2 er en illustrasjon av hvordan prøvetaking bør være strukturert geografisk på hver lokalitet.



**Figur 2** Plassering av prøvesteder, per lokalitet (indre sirkel med radius 2 m, ytre sirkel med radius ca. 5,6 m - for å representere et areal på 100 m<sup>2</sup>)

Tabell 16 viser hvor jordprøvene for ulike indikatorer skal tas fra, hvor mange år som skal gå mellom hver datafangst per indikator og for hvor mange lokaliteter uttaket/registreringen skal foregå på.

Tabell 16: Plassering av prøvesteder, per indikator

Indikator	Prøvested på lokaliteten	Omdrev	Antall lokaliteter
Jordsmonn - basis		Bare første gang	
E01			
O01		9	1000
O02			
O03			
O04			
O06			
B01		3	40
B03			
B02		3	40
B04		3	40
P01		9	ca. 800
P02			
P03		9	ca. 800
P05		5	1000 (kun kartlegging)
F01		9	1000
F02		3	100
F04		3	1000, 100
A01		3	1000, 100

For å få best mulig kunnskap om jordsmonnets grunnleggende egenskaper, er det nødvendig å bestemme jordtype på hver lokalitet og å ta ut jordprøver for standard analyser. Jordtype må bestemmes i henhold til metodikken som benyttes i det nasjonale jordkartleggingsprogrammet. Resultatene fra overvåkingssystemet vil da kunne settes sammen med kunnskap fra det nasjonale jordkartleggingsprogrammet og ha større overføringsverdi. Tabell 17 beskriver informasjon som innhentes fra hver lokalitet og som betegnes som basisdata.

Tabell 17: Egenskaper ved jordsmonnet som framskaffes som basisdata

Egenskap	Datakilde
Kartleggingsenhet i det nasjonale jordkartleggingsprogrammet	Feltregistrering og analyseresultater, ved første gangs omdrev
Enhet i World Reference Base for Soil Resources (2014)	
Sjiktbetegnelser og -grenser	
Frasikt (partikler > 2 mm) per sjikt (0-100 cm)	
Kornstørrelsesfordeling per sjikt (0-100 cm)	
Innhold av organisk karbon per sjikt (0-100 cm)	
Innhold av ombyttbare kationer per sjikt (0-100)	
pH per sjikt (0-100 cm)	
Eventuell podzol-kjemi per sjikt	
Eventuelt innhold av citratløselig P	
pH for overflatesjikt	Analyseresultater, gjentas hvert tredje år
Innhold av ombyttbare kationer for overflatesjikt	
Innhold av total-nitrogen per sjikt (0-100)	
Innhold av syreløselig kalium per sjikt (0-100)	
Innhold av plantetilgjengelig fosfor (P-Al) i de to øverste sjiktene	
Innhold av plantetilgjengelig fosfor (K-Al) i de to øverste sjiktene	

For å sette opp et system for feltarbeid i overvåkingssystemet hadde det vært enklest om feltarbeidet for indikatorene hadde blitt utført på alle lokaliteter og med likt antall år mellom hver gang. Faglige vurderinger og kostnadsvurderinger ligger til grunn for at anbefalingen er annerledes. Noen indikatorer er satt opp med et treårig omdrev, andre med et niårig omdrev. Feltarbeid for noen indikatorer er anbefalt utført på alle lokaliteter, andre på et utvalg av lokalitetene. Anbefalingen for indikatorer for tap av organisk materiale og tap av biodiversitet illustrerer denne ulikheten. Det er lite sannsynlig at reell endring i organisk materiale i jorda måles ved et tettere omløp enn ni år. Stedsspesifikk kunnskap om organisk materiale i jorda er spesielt viktig for jordbrukets klimatilpassing, feltarbeid er derfor anbefalt på alle lokalitetene (1000). Feltarbeidet for indikatorene for tap av biodiversitet i jord krever to dagsverk på hver lokalitet. Samtidig er det slik at biodiversitet i jord kan endre seg mye over relativt kort tid. Det er derfor anbefalt at målinger av biodiversitet i jord kun utføres på et fåtall av lokalitetene (4 % - samme prosentandel som brukes av LUCAS Soil), og at lokalitetene oppsøkes hvert tredje år. Rapporten gir ikke et samlet oppsett for feltarbeidet i overvåkingssystemet. Dette vil gjøres ved implementering av overvåkingssystemet.

## 7 Utvalgssystem for jordovervåking

Et utvalgssystem for jordovervåking må være statistisk representativt for det norske jordbruksarealet. Lokalitetene skal fange opp den geografiske variasjonen ved jordsmonnet, jordbruket og klimaet i Norge. Det må også være tilstrekkelig mange lokaliteter for at det skal være mulig å presentere representative tall over tilstand og endring, både for landet som helhet og for egnede regioner/fylker med en akseptabel usikkerhet. I tillegg bør utvalgssystemet være fleksibelt med hensyn til fortetting, både geografisk og med hensyn til eventuelt behov for utvidelse med hensyn til hvilke arealtyper som skal omfattes av overvåkingssystemet. Beregning av usikkerhet må være mulig og den statistiske usikkerheten ved utvalget bør være så lav/liten som mulig. Systemet må også være enkelt å håndtere, både for datafangst og for estimering av resultater. Til slutt vil det være nyttig å se på om valg av et utvalgssystem kan gi synergier med andre overvåkingssystemer, for eksempel knyttet til datafangst eller til flerbruk av resultater.

Konfidensintervall er en måte å angi hvor stor tillit man kan ha til en beregning eller en måling. Generelt kan vi at det trengs minst 1000 punkter for å kunne presentere statistikk med 95 % konfidensintervall på  $\pm 5$  %. For at jordovervåkingssystemet skal kunne presentere statistisk signifikante resultater på regionalt nivå må det minst være ca. 30 punkter for å kunne forutsette normalfordeling ved testing av gjennomsnittstall og summetall. Usikkerheten kan likevel bli høy når antallet prøveflater er lite.

Signifikansnivået er avhengig av hvor mange punkter som ligger i de geografiske enhetene som det skal rapporteres for og variasjonen mellom disse punktene. Noen indikatorer vil være observert på få lokaliteter, mens andre vil ha sterkere støtte gjennom å være registrert på mange lokaliteter. Variasjonen vil også være forskjellig. Usikkerheten vil derfor variere fra indikator til indikator og mellom regioner.

### 7.1 Metode for vurdering av utvalgssystem

Målsettingen med utvalg av lokaliteter er at de skal representere jordbruksarealet i Norge. Vi har derfor studert fordelingen av punkter på jordbruksarealet (AR5, 2019) ved bruk av ulike utvalgssystemer. For hvert utvalgssystem har vi funnet hvor mange punkter som faller på fulldyrka jord, overflatedyrka jord og innmarksbeite, fordelt på henholdsvis jordbruksregioner og fylker. Den %-vise fordelingen av punkter for de nevnte arealtypene og geografiske enhetene, er sammenliknet med den %-vise fordelingen av jordbruksarealet (AR5, 2019) for de samme arealtypene og enhetene.

Det finnes mange forskjellige utvalgssystemer som kan brukes for å velge beliggenheten av lokalitetene i overvåkingssystemet. Seks utvalgssystemer er vurdert i dette arbeidet. Disse er:

- SSBs 1x1 km rutenett
- 2x2 km rutenett (tilsvarer LUCAS)
- Tilfeldig punktsverm
- Utvalgsflater jordkartlegging (9x9-ruter)
- Overvåking av jordbrukets kulturlandskap
- Landsskognett (tilnærmet 3x3 km rutenett)

## 7.2 Alternative utvalgssystemer

### 7.2.1 SSBs 1x1 km rutenett

SSB har definert 1x1 km rutenett til bruk for presentasjon av offisiell statistikk. Ved hjelp av rutenett-ID kan rutenettstatistikk knyttes til kart. Ved bruk av SSB sitt 1x1 km rutenett er punkter etablert med 1 km avstand i X- og Y-retning over hele Norges landareal. 11 301 punkter faller på jordbruksarealet i AR5. Av disse er 1000 tilfeldige punkter valgt ut som lokaliteter. Se kartillustrasjon i vedlegg 3.

### 7.2.2 2x2 km rutenett

Ved bruk av et 2x2 km rutenett har vi i arbeidet med denne rapporten etablert punkter med 2 km avstand i X- og Y-retning over hele Norges landareal. 2 832 punkter faller på jordbruksareal i AR5. Av disse er 1000 tilfeldige punkter valgt ut som lokaliteter. Se kartillustrasjon i vedlegg 3. Hvis 2x2 km rutenett velges som basis vil det imidlertid være naturlig enten å bytte ut prosjektets testrutenett med SSBs offisielle 2x2 km rutenett eller et rutenett basert på ETRS89 LAEA-projeksjonen som benyttes av Eurostat. Resultatet vil uansett være tilnærmet likt det som er vist i demonstrasjonen.

LUCAS bruker 2x2 km-nett som utgangspunkt for utvalg av lokaliteter. Rutenettet er lagt ut i ETRS89 LAEA med origo 4 321 000 meter vest og 3 210 000 m syd for projeksjonssentrum (52N 10E). Hverken rutenettet eller utvalgsmetodikken var kjent for arbeidsgruppa da utvalget på 1000 punkter ble gjort. Forskjellene mellom resultatene fra det simulerte nettet og resultatene fra tilsvarende SSB eller LAEA rutenett vil imidlertid være ubetydelige. Se for øvrig delkapittel 7.5 for nærmere beskrivelse av LUCAS' utvalgsmetodikk.

### 7.2.3 Tilfeldig punktsverm

Et datasett som inneholder en tilfeldig punktsverm over Norges landareal kan brukes som et alternativ til regulære nett i utvalg av lokaliteter. NIBIO har etablert et datasett med omkring 1,1 millioner punkter tilfeldig plassert over Norges landareal. 37 985 punkter faller på jordbruksareal i AR5. Av disse er 1000 tilfeldige punkter valgt ut som lokaliteter. Se kartillustrasjon i vedlegg 3.

### 7.2.4 Utvalgsflater jordkartlegging (basert på 9x9 km rutenett)

Et forhåndsdefinert 9x9 km rutenett med 0,9 km<sup>2</sup> store flater (såkalte utvalgsflater) er etablert for Norge. Jordsmonnkartlegging av utvalgsflatene ble utført for å skaffe til veie arealbaserte ressurstill om jordsmonnet i Norge, til bruk i utforming av politikk og næringsstrategier. Dette arbeidet ble igangsatt siden det vil ta flere tiår før all dyrka mark i Norge er kartlagt gjennom den pågående regulære kartleggingen som årlig utføres.

Jordbruksareal finnes på 1051 av disse utvalgsflatene, og jordsmonnkartlegging er utført på 972 av disse. 1051 lokaliteter er lagt til disse utvalgsflatene (902 av dem faller på fulldyrka eller overflatedyrka jord). Se kartillustrasjon i vedlegg 4.

### 7.2.5 Overvåking av jordbrukets kulturlandskap: 3Q (4SAU-flatene)

Akronymet 3Q er navnet på overvåkingsprogrammet for jordbrukets kulturlandskap i Norge. Dette programmet ble initiert i 1998. I 2012 ble nye overvåkingsflater (de såkalte 4SAU-flatene) etablert, basert på SSB sitt 1x1 km rutenett over Norge. 1000 overvåkingsflater av 1 km<sup>2</sup> størrelse er med i programmet. Utvalget av disse flatene ble gjort på følgende måte: først ble alle ruter som inneholdt jordbruksareal i 1 x1 km-nettet valgt ut. Siden det var ønsket at to overvåkingsflater ikke skulle ligge nærmere hverandre enn 2 km, ble kun hver tredje rute i X- og Y-



retning tatt med videre i et nytt utvalg (ca. 8 000). Fra dette utvalget ble 1000 tilfeldige ruter valgt ut som de endelige overvåkingsflatene.

994 av disse flatene inneholder jordbruksareal i henhold til AR5, 2019. 994 lokaliteter er derfor lagt til disse flatene. Se kartillustrasjon i vedlegg 4.

## 7.2.6 Landsskognettet

Landsskogtakseringen er en systematisk taksering av skog for å sikre en bærekraftig skogforvaltning. Taksten gjennomføres som prøveflatetakst. Hver prøveflate er på 250 m<sup>2</sup> og ligger i et forband på 3x3 km, med unntak av tidligere Finnmark fylke der prøveflatene ligger i et forband på 12x12 km. Totalt er det ca. 22 000 prøveflater, inkludert de prøveflatene som er på andre arealtyper enn skog og som derfor ikke inngår i selve Landsskogtakseringen. Av de 22 000 ligger 12 000 i skog og 1 520 på jordbruksareal. Av disse er 1000 tilfeldige punkter valgt ut som lokaliteter i dette forslaget. Se kartillustrasjon i vedlegg 4.

Ved bruk av landsskognettet er det behov for fortetting til 3x3 km-nett i Finnmark før utvalg av lokaliteter. Noen flere prøveflater enn 1520 vil derfor falle på jordbruksarealet i AR5.

## 7.3 Resultater

Tabellene under (18-23) viser mulig antall lokaliteter i hvert av de seks utvalgssystemene fordelt på fylker. I tillegg vises tall for andel lokaliteter og andel av landets jordbruksareal per fylke. Differansen mellom andel lokaliteter og andel av landets jordbruksareal per fylke gir en pekepinn på om fylket er overrepresentert eller underrepresentert med lokaliteter i de seks utvalgssystemene.

**Tabell 18: Utvalgssystem SSBs 1x1 km rutenett og fylker. Differanse mellom andel lokaliteter og andel av landets jordbruksareal (AR5 2019, ETRS89, LAEA) per fylke**

Fylke	Antall lokaliteter	Andel av lokaliteter (%)	Andel av landets jordbruksareal (%)	Differanse mellom andel lokaliteter og andel jordbruksareal (%)
Oslo	0	0,0	0,1	-0,1
Rogaland	96	9,6	9,4	0,2
Møre og Romsdal	50	5	5,5	-0,5
Nordland	77	7,7	6,6	1,1
Viken	205	20,5	19,3	1,2
Innlandet	168	16,8	19,5	-2,7
Vestfold og Telemark	66	6,6	6,3	0,3
Agder	35	3,5	3,3	0,2
Vestland	102	10,2	9,2	1,0
Trøndelag	143	14,3	16,0	-1,7
Troms og Finnmark	58	5,8	4,7	1,1
<b>NORGE</b>	<b>1000</b>	<b>100</b>	<b>100,0</b>	<b>0,0</b>

**Tabell 19: Utvalgssystem 2x2 km rutenett og fylker. Differanse mellom andel lokaliteter og andel av landets jordbruksareal (AR5 2019, ETRS89, LAEA) per fylke**

Fylke	Antall lokaliteter	Andel av lokaliteter (%)	Andel av landets jordbruksareal (%)	Differanse mellom andel lokaliteter og andel jordbruksareal (%)
Oslo	0	0,0	0,1	-0,1
Rogaland	90	9,0	9,4	-0,4
Møre og Romsdal	49	4,9	5,5	-0,6
Nordland	63	6,3	6,6	-0,3
Viken	214	21,4	19,3	2,1
Innlandet	203	20,3	19,5	0,8
Vestfold og Telemark	59	5,9	6,3	-0,4
Agder	30	3,0	3,3	-0,3
Vestland	89	8,9	9,2	-0,3
Trøndelag	164	16,4	16,0	0,4
Troms og Finnmark	39	3,9	4,7	-0,8
NORGE	1000	100,0	100,0	0,0

**Tabell 20: Utvalgssystem tilfeldig punktsverm og fylker. Differanse mellom andel lokaliteter og andel av landets jordbruksareal (AR5 2019, ETRS89, LAEA) per fylke**

Fylke	Antall lokaliteter	Andel av lokaliteter (%)	Andel av landets jordbruksareal (%)	Differanse mellom andel lokaliteter og andel jordbruksareal (%)
Oslo	1	0,1	0,1	0,0
Rogaland	87	8,7	9,4	-0,7
Møre og Romsdal	53	5,3	5,5	-0,2
Nordland	62	6,2	6,6	-0,4
Viken	204	20,4	19,3	1,1
Innlandet	207	20,7	19,5	1,2
Vestfold og Telemark	53	5,3	6,3	-1,0
Agder	36	3,6	3,3	0,3
Vestland	85	8,5	9,2	-0,7
Trøndelag	163	16,3	16,0	0,3
Troms og Finnmark	49	4,9	4,7	0,2
NORGE	1000	100	100,0	0,0

**Tabell 21: Utvalgssystem utvalgsflater jordkartlegging og fylker. Differanse mellom andel lokaliteter og andel av landets jordbruksareal (AR5 2019, ETRS89, LAEA) per fylke**

Fylke	Antall lokaliteter	Andel av lokaliteter (%)	Andel av landets jordbruksareal (%)	Differanse mellom andel lokaliteter og andel jordbruksareal (%)
Oslo	2	0,2	0,1	0,1
Rogaland	62	5,9	9,4	-3,5
Møre og Romsdal	71	6,8	5,5	1,3
Nordland	100	9,5	6,6	2,9
Viken	138	13,1	19,3	-6,2
Innlandet	175	16,7	19,5	-2,8
Vestfold og Telemark	61	5,8	6,3	-0,5
Agder	63	6	3,3	2,7
Vestland	142	13,5	9,2	4,3
Trøndelag	143	13,6	16,0	-2,4
Troms og Finnmark	94	8,9	4,7	4,2
NORGE	1051	100	100,0	0,0

**Tabell 22: Utvalgssystem overvåking av jordbrukets kulturlandskap og fylker. Differanse mellom andel lokaliteter og andel av landets jordbruksareal (AR5 2019, ETRS89, LAEA) per fylke**

Fylke	Antall lokaliteter	Andel av lokaliteter (%)	Andel av landets jordbruksareal (%)	Differanse mellom andel lokaliteter og andel jordbruksareal (%)
Oslo	1	0,1	0,1	0,0
Rogaland	59	5,6	9,4	-3,8
Møre og Romsdal	75	7,1	5,5	1,6
Nordland	82	7,8	6,6	1,2
Viken	132	12,6	19,3	-6,8
Innlandet	179	17,0	19,5	-2,5
Vestfold og Telemark	63	6,0	6,3	-0,3
Agder	63	6,0	3,3	2,7
Vestland	132	12,6	9,2	3,4
Trøndelag	146	13,9	16,0	-2,1
Troms og Finnmark	62	5,9	4,7	1,2
NORGE	994	94,6	100,0	-5,4

Tabell 23: Utvalgssystem landsskognettet og fylker. Differanse mellom andel lokaliteter og andel av landets jordbruksareal (AR5 2019, ETRS89, LAEA) per fylke

Fylke	Antall lokaliteter	Andel av lokaliteter (%)	Andel av landets jordbruksareal (%)	Differanse mellom andel lokaliteter og andel jordbruksareal (%)
Oslo	0	0	0,1	-0,1
Rogaland	102	10,2	9,4	0,8
Møre og Romsdal	59	5,9	5,5	0,4
Nordland	70	7	6,6	0,4
Viken	207	20,7	19,3	1,4
Innlandet	201	20,1	19,5	0,6
Vestfold og Telemark	56	5,6	6,3	-0,7
Agder	28	2,8	3,3	-0,5
Vestland	92	9,2	9,2	0,0
Trøndelag	140	14	16,0	-2,0
Troms og Finnmark	45	4,5	4,7	-0,2
NORGE	1000	100	100,0	0,0

## 7.4 Drøfting av resultatene

### 7.4.1 SSBs 1x1 km rutenett, 2x2 km rutenett og tilfeldig punktsverm

Utvalgssystemene SSBs 1x1 km rutenett, 2x2 km rutenett og tilfeldig punktsverm har jevnt over små utslag i over- og underrepresentasjon i fylkene (tabellene 18-20). Antall lokaliteter per fylke er stort sett i samsvar med fylkets andel av landets jordbruksareal. Bruk av 1x1 km-nettet og 2x2 km-nettet gir begge en generelt god representasjon av jordbruksarealet. Disse utvalgssystemene har forventningsrett representasjon uten veiing.

Fordelen med regulære nett er at de gir mer presise estimater enn ved bruk av tilfeldig utvalg / punktsverm. Ved fremtidige behov for fortetting er det imidlertid lettere å gjøre dette hvis man bruker tilfeldig utvalg fra punktsverm. Lokalitetene kan da enkelt suppleres med et hvilket som helst antall nye punkter innenfor en geografisk enhet, slik at bedre estimater/statistikk kan presenteres. Ved fortetting av regulære nett kreves det at alle punktene i det fortettede nettet må inngå før estimater/statistikk kan utarbeides. Ut ifra behovet for fremtidig fortetting av lokaliteter er tilfeldig utvalg fra punktsverm å foretrekke.

En annen fordel ved bruk av tilfeldig utvalg fra punktsverm er at elementære statistiske metoder kan brukes for å regne ut estimater, konfidensintervall osv. Noe mer krevende statistikkmetoder må benyttes ved bruk av regulære nett.

Bruk av tilfeldig utvalg fra punktsverm er imidlertid ineffektiv bruk av ressurser hvis to (eller flere) punkter ligger nærme hverandre, samtidig som det er korrelasjon mellom jordforholdene i disse punktene. I slike tilfeller vil samme verdier måles to (eller flere) ganger. Dette innebærer overflødig ressursbruk og unødvendige kostnader. For jordsmonn varierer autokorrelasjonen avhengig av hvor vi er i landet. Noen steder er det stor variasjon i jordtyper over korte avstander, andre ganger liten variasjon over store avstander.

## 7.4.2 Utvalgsflater jordkartlegging, overvåking av jordbrukets kulturlandskap og landsskognett

Vi ser i tabellene 21-23 at det ved bruk av utvalgssystemene *utvalgsflater jordkartlegging og overvåking av jordbrukets kulturlandskap* gis en dårligere representasjon av lokalitetene enn ved bruk av de andre utvalgssystemene. Dette skyldes at disse systemene er designet for å utarbeide statistikk beregnet fra arealdata innenfor flatene, ikke fra enkeltpunkter. Antall lokaliteter innen fylket er enten større eller mindre enn det som fylkets andel av landets jordbruksareal skulle tilsi. Fylkene Rogaland, Viken, Innlandet og Trøndelag er særlig underrepresentert i disse utvalgssystemene, mens fylkene Nordland, Agder, Vestland, samt Troms og Finnmark er overrepresentert. En forventningsrett statistikk basert på enkeltpunkter i disse utvalgene forutsetter at målingene veies etter jordbruksarealet på flatene, noe som igjen fører til høyere usikkerhet i estimatene. Dette er uheldig for behandling av resultater i rapporteringen

Landsskognett er i prinsippet likt 1x1 og 2x2 km rutenett fortynnet til 3x3 km rutenett. Dette gir som ved de andre rutenettene kun mindre, tilfeldige utslag i over- og underrepresentasjon i fylkene. Størst utslag finner vi i Trøndelag som vil få en underrepresentasjon på omkring 2%.

### Synergieffekter

Det kan være mulig å hente ut synergieffekter ved bruk av eksisterende systemer (9x9, 3Q og Landsskogtakseringen) siden disse henholdsvis er jordsmonn kartlagt i det nasjonale jordkartleggingsprogrammet (9X9) eller inngår i pågående overvåkningsprogrammer (jordbrukets kulturlandskap og landsskogtakseringen). Synergieffekter oppnås ved at

- Feltarbeidere kan utføre datainnsamling for begge undersøkelser samtidig
- Data fra den ene undersøkelsen kan understøtte analyser som gjøres i den andre undersøkelsen

### Utvalgsflater jordkartlegging

I et jordovervåkingssystem er det andre egenskaper ved jordsmonnet som registreres enn de egenskapene som er registrert i det nasjonale jordkartleggingsprogrammet. I tillegg er det slik at en kartfigur i jordkartleggingsprogrammet viser de dominerende egenskapene i jorda for den gitte geografiske enheten. Innen den geografiske enheten kan det både være jordsmonn med avvikende egenskaper og det kan være overganger mellom ulike typer jordsmonn. Datafangst må derfor utføres på hver lokalitet selv om utvalgsflata er jordkartlagt i det nasjonale jordkartleggingsprogrammet. Siden kartleggingen av flatene allerede er utført er det ingen potensiell synergi i samordning av datafangst. Per i dag ser vi derfor ingen klare fordeler av å bruke dette systemet med hensyn på synergi.

### Overvåking av jordbrukets kulturlandskap

Kun et fåtall av flatene som inngår i overvåking av jordbrukets kulturlandskap oppsøkes i felt. Antall flater som oppsøkes, antall år mellom hver gang de oppsøkes og hvilke areal typer som datafangsten utføres på er ulikt for overvåking av henholdsvis karplanter, fugler og bygninger. Det er ingen synergieffekter med hensyn til datafangst ved å bruke dette utvalgssystemet i et jordovervåkingssystem. Å benytte utvalgssystemet for overvåking av jordbrukets kulturlandskap i et jordovervåkingssystem kan teoretisk gi synergieffekt ved bruk av landskapsdata i analyser og rapporteringsarbeidet, men det foreligger ingen beskrivelse av hvilke konkrete landskapsdata dette gjelder. Samlokalisering med 3Q medfører også en betydelig kostnad knyttet til økt usikkerhet som oppstår når resultatene må veies i form av en Horwitz-Thompson estimator <sup>13</sup> fordi det bare skal

---

<sup>13</sup> Horwitz-Thompson estimatoren (HTE) er en nødvendig veiing av utvalgspunktene når de har ulik sannsynlighet for å bli med i utvalget: Tryfos, P. 1996. Sampling methods for applied research, John Wiley & Sons, New York (ss. 225- 265)

undersøkes ett punkt per flate. En ytterligere ulempe er også at den geografiske plasseringen av lokalitetene i overvåking av jordbrukets kulturlandskap hemmeligholdes.

### **Landsskognettet**

Fordelen med å bruke landsskognettet kan være at det gir et tettere samarbeid mellom fagmiljøene skog og jord. Hva dette samarbeidet konkret skal gå ut på er imidlertid uklart. Landsskogtakseringens feltarbeidere oppsøker ikke prøveflater i jordbruksarealet, og utvalget av flater som faller på jordbruksareal vil uansett bli utført maskinelt og automatisk ved hjelp av AR5. En ulempe er også at Landsskogtakseringens prøveflater må holdes hemmelig på grunn av fare for at aktører bevisst skal utføre, eller ikke utføre skjøtsel på prøveflatene, i den hensikt å påvirke resultatene, slik at den lange tidsserien av gode skogovervåkingsdata vil bli brutt.

Lokaliseringen av Landsskogtakseringens prøveflater er basert på det nasjonale koordinatsystemet NGO 1948. Dette koordinatsystemet inneholder 8 soner, og disse sonene blir smalere og smalere jo lenger nord i landet vi kommer. Avstanden mellom prøveflatene langs kilene mellom sonene vil avvike fra 3 km, noe som ikke er et problem i Landsskogtakseringen (med 22 000 prøveflater), men som kan gi behov for å utarbeide korreksjonsfaktorer i en liten undersøkelse med kun 1 000 punkter. Koordinatsystemet NGO 1948 er erstattet av koordinatsystemer som er enhetlige over hele landet og derfor bedre egnet til statistisk analyse. Bruk av NGO 1948 vil også gjøre det mer krevende å koble nasjonale overvåkingsdata med internasjonale overvåkingssystemer når det er snakk om å avlevere data for enkeltpunkter.

## **7.5 Anbefalt utvalgssystem**

Utvalgssystemene SSBs 1x1 km rutenett, 2x2 km rutenett og tilfeldig punktsverm gir en god representasjon av det norske jordbruksarealet. Det er noe større fleksibilitet for utvidelse ved å benytte tilfeldig punktsverm, men estimatene (gitt samme punktantall) blir antagelig mer presise ved bruk av regulære nett (1x1 km rutenett og 2x2 km rutenett). Vi anbefaler et utvalgssystem med 2x2 km rutenett. Hovedårsaken til dette er at det norske jordovervåkingssystem da kan knyttes opp mot LUCAS Soil-programmet som benyttes i EU. LUCAS Soil benytter et 2x2 km rutenett i projeksjonen ERTS89 LAEA med origo 4 321 000 meter vest og 3 210 000 m syd for projeksjonssentrum (52N 10E) som utgangspunkt for å etablere lokaliteter. Det 2x2 km rutenettet som er brukt i dette forslaget gir resultater som ligger nært opp til det som LUCAS Soil anvender.

Norge vil kunne være en «Collaboratory partner» i LUCAS Soil programmet. Dette fordi Norge ikke er en del av EU og det heller ikke er aktuelt å implementere arealdelen av LUCAS i Norge<sup>14</sup>. Det betyr at Norge vil være i en mer fleksibel stilling med hensyn til:

- Valg av hvilke areal typer som skal overvåkes
- Utvidelse overvåkingen med flere indikatorer og parametere
- Plassering av lokaliteter
- Hvem som skal foreta datafangsten
- Mulige synergieffekter

Som Collaboratory partner kan Norge i prinsippet velge utvalgssystem selv og er ikke bundet av LUCAS' 2x2 kilometer nett eller projeksjonen dette er lagt ut i.

---

<sup>14</sup> Tilslutning til arealdelen av LUCAS ble vurdert av SSB i 2003. De data som samles inn i dette programmet innhentes gjennom bedre, mer effektive og detaljerte systemer i Norge.



Et norsk jordovervåkingssystem vil bruke Arealressurskart 1:5 000 (AR5) istedenfor Corine Land Cover med påfølgende verifikasjon i felt eller mot flybilder, for å identifisere de lokalitetene hvor skjæringspunktet faller på arealtypene fulldyrka jord, overflatedyrka jord eller innmarksbeite (ref. føring for oppdraget). Dette er både mer kostnadseffektivt og antagelig mer presist enn Corine Land Cover.

LUCAS Soil er opprettet først og fremst for bruk på europeisk målestokk. Antall lokaliteter per land bestemmes ved å legge et 2x2 km rutenett over hele landet. For Norges landareal vil det gi omkring 91 000 punkter, fordelt på syv arealdekkeklasser (Corine Land Cover). For hver av de syv klassene velges 25 %-30% av punktene. Siden Norges jordbruksareal er ca. 11 000 km<sup>2</sup> (AR5, 2019) og utgjør ca. 3,7 % av landarealet, ville det tilsvare ca. 840 lokaliteter. Videre velges 10 % av disse 840 punktene ut som lokaliteter, altså 84 lokaliteter i Norge.

Jordprøver fra de 84 lokalitetene vil bli analysert og bekostet av LUCAS, og analyseresultatene vil inngå som del av rapporteringen på europeisk nivå. Et utvalg av de nasjonale jordprøvene vil således bli del av et harmonisert og sammenliknbart datasett for jordsmonnets egenskaper i overflatesjiktet på europeisk nivå. LUCAS gir videre muligheter for integrering og samhandling med andre eksisterende systemer, og er fleksibelt og fremtidsrettet.

Hovedformålet med å etablere et jordovervåkingssystem i Norge er å få kunnskap om det norske jordsmonnets tilstand og endring for innenlands bruk. Ettersom det norske jordsmonnet er ungt i en global og europeisk målestokk, har de jordsmonndannende faktorene stor innvirkning på hvordan jordsmonnet er på et sted. Med stor variasjon i de jordsmonndannende faktorene (klima, topografi, opphavsmateriale – både berggrunn og kvartærgeologisk løsmasse, organismer og planter), forventes også jordsmonnutviklingen og dermed jordsmonnets egenskaper å ha stor variasjon. Antall lokaliteter må derfor være langt høyere enn det som anbefales for rapportering på europeisk nivå. Utvalg av lokaliteter basert på et 2x2 km rutenett gir generelt en god representasjon av det norske jordbruksarealet ved valg av ca. 1 000 lokaliteter.

Det vurderes som faglig fordelaktig å knytte et norsk system til LUCAS Soil. Norge kan dra nytte av standardisert prøvetaking og analysemetodikk. Det vil være enkelt å utvide et system basert på dette rutenettet til andre areal typer (myr, fjell etc). Rutenettet kan også benyttes i skog, eller det kan suppleres med data fra Landsskogtakseringens flater i skog. Systemet er i så måte svært fleksibelt.

LUCAS Soil er utarbeidet for å være effektivt, gi informasjon i liten målestokk og for å være enkelt å utføre. Derfor er uttak av prøver begrenset til kun å omfatte overflatesjiktet. Prøveuttak er standardisert og enkelt å gjennomføre. En såkalt 'minimum, large scale approach' for å overvåke jordsmonnet gir mulighet for en kort tidsperiode mellom hvert omdrev og dermed et raskt tilfang av store mengder sammenliknbare data.

Det er nødvendig at LUCAS Soil tilpasses nasjonal bruk i Norge, ved at programmet utvides. Mange av jordsmonnets egenskaper i overflatesjiktet er avhengig, og til en viss grad, overførbare til underliggende sjikt, men ikke alltid. I ungt jordsmonn, slik som vi har i Norge, vil jordsmonnets egenskaper variere mer med dybden enn i eldre jordsmonn. I tillegg vil registrering/måling av omfattende menneskelige forstyrrelser ofte være avhengig av å bli utført dypere ned i jordsmonnet. Trusler mot jordsmonnets funksjoner er heller ikke begrenset til kun å omfatte overflatesjiktet. Det vil derfor være behov for å utvide implementeringen av LUCAS Soil i Norge til å omfatte både flere parametre og underliggende sjikt.

En tilknytning til LUCAS Soil er den tilnærmingen til et eksisterende utvalgs- og overvåkingssystem som gir påvisbare synergieffekter. Disse synergieffektene oppnås uansett om man velger SSB 1x1, SSB 2x2 eller det europeiske ERTS89 LAEA 2x2 rutenettet. Det er ikke synergi knyttet til felles feltarbeid for noen av systemene, men ved å bli med i LUCAS Soil kan det norske overvåkingssystemet utnytte LUCAS' etablerte feltmetodikk og i noen grad også laboratoriefasiliteter. Noe av analysekostnadene forventes dekket av LUCAS, og det norske fagmiljøet kan støtte seg på tilsvarende

fagmiljø i andre europeiske land og ved Joint Research Centre (JRC). Valget av LUCAS Soil gir også synergieffekter for det europeiske overvåkingsprogrammet som å oppnå en mer helhetlig dekning av Europa når prøvene fra Norge blir en del av deres program.

#### **Fordeler (synergieffekter) ved bruk av LUCAS Soil i Norge**

- Drar nytte av eksisterende kompetanse og system både når det gjelder utvalg av lokaliteter og prøvemethodikk
- Enkel rapportering fra den delen av Norges jordovervåkingssystem som er «LUCAS Soil»- lokaliteter inn i ESDACs base
- Harmonisert og standardisert datainnsamling og analysemetodikk
- Mulighet for utvidelse, både geografisk og over tema
- Mulighet for bidrag til opplæring av norsk systemeier og systemansvarlig, samt feltpersonell
- Norge inngår i et internasjonalt nettverk og bygger derved relasjoner og kompetanse

## 8 Dataforvaltning

Et overvåkingssystem er en verdikjede som favner prosessene fra data samles inn til informasjon leveres til beslutningstagere. Dette er beskrevet i «The Generic Statistical Business Process Model» (GSBPM)<sup>15</sup>. Et sentralt element i GSBPM er at data skal dokumenteres og forvaltes på en forsvarlig og hensiktsmessig måte.

### 8.1 Generelt om dataforvaltning

Dataforvaltning omfatter alle typer aktiviteter relatert til å forvalte data som en verdifull ressurs. Dataforvaltning har både organisatoriske og teknologiske aspekter.

Det er mange grunner til å etablere en hensiktsmessig og standardisert dataforvaltning. Data kan ha flere bruksområder og kan ofte bli brukt mye, av mange og til ulike oppgaver. Nibios erfaring (fra programmer som for eksempel AR5, Landsskogtakseringen, landskapsovervåking og jordsmonnkartlegging) er at data samlet inn for ett formål ofte også blir anvendt til andre oppgaver når data først foreligger. Da må dataene være lett tilgjengelige og foreligge i en mest mulig samlet form, samt være veldokumenterte. Store datamengder er både vanskelig å finne fram i og å benytte riktig, dersom de ikke er strukturerte og veldokumenterte.

En god dataforvaltning er en forutsetning for å utnytte data best mulig, og i mange tilfeller for å oppfylle formelle krav. En god forvaltning gir data lang levetid. Godt forvaltede data kan ha en levetid som er mye lenger enn formålet for innsamlingen og programvaren som er brukt for å samle inn og for å bruke dataene.

Det er viktig å understreke at god forvaltning av data ikke sikrer den grunnleggende kvaliteten til datainnholdet. Derfor er det avgjørende at både datafangst og selve analysen er standardisert og veldokumentert.

### 8.2 Dataforvaltning og informasjonssikkerhet

Å ivareta krav og ønsker til nødvendig informasjonssikkerhet er en viktig grunn til å forvalte data. Informasjonssikkerhet omfatter tre hovedpunkter:

- at informasjonen ikke blir kjent for uvedkommende (konfidensialitet)
- at informasjonen ikke blir endret utilsiktet eller av uvedkommende (integritet)
- at informasjonen er tilgjengelig ved behov (tilgjengelighet)

Ethvert system for dataforvaltning må ta tilstrekkelig hensyn til alle disse tre momentene ved informasjonssikkerhet for å ha den nødvendige tillit hos eier av dataene og eventuelle andre brukere av dataene. Informasjonssikkerhet innebærer å ha en plan for hvordan lagring, backup, gjenskaping ved mistede data (for eksempel ved brann), tilgangskontroll, tilgangsmuligheter, skalering og logging av endringer skal skje. Slik sikres nødvendig og ønsket nivå for konfidensialitet, integritet og tilgjengelighet for dataene.

Data fra et jordovervåkingssystem vil kunne ha stor nytteverdi for mange brukergrupper og for mange bruksområder. For å realisere dette er det nødvendig å etablere en standardisert forvaltning i en samlet database der informasjonssikkerheten er ivaretatt.

---

<sup>15</sup> <https://www.ssb.no/befolkning/artikler-og-publikasjoner/generic-statistical-business-process-model-gsbpm>

En standardisert dataforvaltning bygger på dialog og tillit, mellom alle parter: dataeier, dataleverandøren og databehandleren. Slik skapes en felles forståelse av hvordan data skal forvaltes, hvordan de kan benyttes og av hvem de kan benyttes.

## 8.3 Roller

Ved etablering av en standardisert dataforvaltning, må det gjøres avklaringer for å:

- sikre rettighetene til dataeier
- sikre en hensiktsmessig dataforvaltning
- sikre en hensiktsmessig rollefordeling
- avklare hvordan databehandler skal ivareta sin rolle
- avklare bruksrett til databasen

Det inngår en rekke ulike roller i utvikling og drift av et forvaltningssystem for data. De mest aktuelle her er systemeier, databehandler, dataleverandør, dataeier og dataprodusent. Alle har sitt ansvar og sine oppgaver.

**Systemeier** er bestiller/funksjonell premissgiver innen systemets funksjonsområde. Systemeier setter rammene for systemutviklingen, er ansvarlig for finansiering og kontrakter og har overordnet ansvar for brukerorientering av utviklingstiltakene. Det skal være entydig hvem som er systemeier for et system. En systemeier kan støtte seg på en styringsgruppe eller en referansegruppe.

**Databehandler** er den aktøren som etablerer, drifter og vedlikeholder databasen på vegne av systemeieren. Databehandler vil verken eie dataene eller ha en automatisk bruksrett til dem. Databehandler tar imot data som kommer inn og forvalter databasen. Databehandler kan få bruksrettigheter til data gjennom samtykke på samme måte som andre brukere. Rollen som databehandler må innehas av en egnet virksomhet. Virksomheten bør ha erfaring med forvaltning av geografiske data, ha infrastruktur som eger seg til forvaltning av geografiske data og ha god IT-faglig kompetanse. Ved valg av databehandler er det viktig at tillit, kompetanse og forutsigbarhet vektlegges.

NIBIO har erfaring med å forvalte både personsensitive data og andre begrensede data. Under nevnes to av dem, som begge forvalter data som eies av gårdbrukeren:

1. Driftsgranskningene i jord- og skogbruk. Formålet med driftsgranskningene er å vise økonomisk status og utvikling i landbruket gjennom innsamling av detaljert regnskapsinformasjon fra i underkant av 1000 gårdsbruk. Regnskapsinformasjonen er personsensitive data.
2. Miljøregistreringer i skog og informasjon fra skogbruksplaner. All relevant miljøinformasjon for skogforvaltningen er samlet i Skogportalen på Kilden (den ene av NIBIOs kartportaler). Ved salg og kjøp av tømmer, må selger dokumentere at sertifiseringskravene i skogstandarden PEFC er fulgt. Grunnlaget for dokumentasjonen ligger i Skogportalen. Miljøregistreringene er å betrakte som miljøinformasjon som skal være tilgjengelig etter Miljøinformasjonsloven. Fordi dataene er åpent tilgjengelige via kartløsningen Kilden, er det enkelt for skogbruket å imøtekomme kravet til tilgjengelighet. Dette er sensitive data, men ikke personsensitive data. I så måte er det denne databasen som har flest fellestrekk med analysedata for jordprøver som tas ut i regi av næringen.

Med NIBIO som databehandler, vil dataene lagres i en PostgreSQL/PostGIS database. Dette er en relasjonsdatabase for geografiske data som er fri programvare og følger alle relevante standarder for relasjonsdatabaser. NIBIO har gode erfaringer med bruk av databasesystemet siden 2004. Dataene vil forvaltes i NIBIOs databaseserver på innsiden av brannmur. Denne serveren har god tilgangskontroll. Vedtatte backup-rutiner følges, og det vil derfor til enhver tid finnes backup som kan gjenskapes ved tap av data.

**Dataleverandør/dataprodusent** i databasen for et jordovervåkingssystem vil være de virksomhetene som har en eller flere roller i å produsere og/eller levere data inn i basen. Det vil være den virksomheten som får det operasjonelle ansvaret for jordovervåkingen og i tillegg virksomheter som utfører ulike analyser av uttatte jordprøver, leverer meteorologiske data, samt bønder som gir informasjon om driften for de utvalgte arealene (se kap. 6.1 og 6.2).

**Dataeier** vil i all hovedsak være den virksomheten som får det operasjonelle ansvaret for jordovervåkingssystemet, samt bøndene som leverer data om sin drift inn i systemet gjennom innloggingsversjonen i Gårdskart hvis det blir aktuelt å bruke slike data.

## 8.4 Datainnsamling

En standardisert dataforvaltning innebærer at resultater fra jordovervåkingssystemet importeres i en velorganisert og dokumentert database. Databasen må være dynamisk og være innrettet slik at det kan ta inn nye data etter hvert som de framskaffes. Alle data som skal forvaltes må være godt dokumentert. Det må framgå hva slags type data som leveres og hvilken kvalitet disse har. Avsender og mottaker må ha lik forståelse av innholdet i dataene. Det må for eksempel være entydig hva slags analysemetode som er brukt for å måle en gitt parameter. Hvis datainnsamlingen utføres av flere aktører må dataleveransene fra de ulike leverandørene standardiseres. Data som lagres i en database vil i utgangspunktet ha den kvalitet som de har når de leveres fra dataprodusent.

Tilstrekkelig datakvalitet anses som en kvalitet som minimum sikrer at dataene kan anvendes for den tiltenkte bruken. Samtidig bør datakvaliteten være så god at dataene kan komme til nytte også for andre, eventuelle framtidige formål.

## 8.5 Eierskap og rettighet, tilgang til bruk

Ved etablering av en standardisert dataforvaltning må eierskap til dataene og eventuelle rettigheter til bruk avklares og defineres. Det er ulike lover for hvordan ulike data skal kunne lagres og deles. Data defineres enten som begrensede eller åpne.

Begrensede data skal kun være tilgjengelige for personer med særskilte rettigheter definert gjennom avtaler og behov. Begrensede data omtales også som sensitive. Det er ulike grunner til at data kan være begrensede. Noen klassifiseres som personsensitive etter Personopplysningsloven, andre er begrensede av for eksempel konkurransehensyn eller hensynet til pågående forskning. Data fra et jordovervåkingssystem bør klassifiseres som sensitive data. Mange egenskaper ved jordsmonnet er relatert til driften. Det er derfor behov for detaljert kunnskap om driften på hver lokalitet. Driften kan både bidra til en forklaring av innsamlede data og til å rapportere resultater i henhold til ulik drift. Det er ønske om at driftsdata innhentes fra et antall bønder i et gitt geografisk område rundt selve lokaliteten, og at denne oppgaven defineres som en oppgave for et gitt antall bønder gjennom en avtale mellom partene i jordbruket (se kap 6.1). Hver bonde legger inn sine driftsdata i påloggingsversjonen til Gårdskart, i henhold til beskrivelsen i tabell 15, og dataene gjøres tilgjengelige for bruk i jordovervåkingen. Ved innloggingen må det etableres en samtykkeløsning der bonden samtykker i at dataene benyttes til dette formålet, med en definert bruk av dataene. Ved å definere dette som sensitive data ivaretas sikkerheten for bøndene, som er dataeiere av disse dataene.

Jordsmonnkartene fra NIBIOs jordkartleggingsprogram er et eksempel på åpne data.

Dataeier, dataleverandør og databehandler for en database må bli enige om hvordan kravene til informasjonssikkerhet skal ivaretas, og det må foreligge klare regler for hvilke data som skal kunne benyttes av hvem og på hvilken måte. Det må også foreligge organisatoriske rutiner og tekniske systemer for hvordan tilgang skal gis.

## 8.6 Kostnader til etablering og vedlikehold av teknologi og data

Kostnaden for å etablere et system for dataforvaltning vil avhenge av størrelsen og kompleksiteten av systemet. Størrelse er først og fremst knyttet til mengden data og antall direkte brukere av systemet. Kompleksitet kan ha med typen data å gjøre. Det er mer komplekst å forvalte personsensitive data enn åpne. Kompleksitet kan også ha med varierende datakvalitet eller leveransequalität å gjøre.

Alle etablerte systemer krever langsiktig vedlikehold og oppgraderinger for å ivareta kravene til informasjonssikkerhet, nytteverdi og modernisering. Det gjelder både programvare og selve datasettet. Det må settes av tilstrekkelig ressurser til å vedlikehold og periodisk oppgradering av systemene.

Alle databaser må driftes kontinuerlig og vedlikeholdes ved behov. Vedlikehold av teknologi innebærer oppgradering av programvare, for eksempel versjon av database-programvare og kode for tilgangskontroll. Det kan også bety nødvendig videreutvikling i form av utvidelser og endringer. Vedlikehold av data kan også bety å legge til metadata, nye måleparametere eller nye lokaliteter. Det kan også bety å rette feil, spesielt dersom det oppdages systematiske feil i dataleveransene eller håndteringen av disse.

NIBIOs erfaring er at hvis man tenker langsiktig ved etableringen av en database, legger tilstrekkelig med ressurser inn i dette arbeidet, så blir drift- og vedlikeholdskostnadene lavere enn de ellers ville ha vært.

Systemeier vil ha en viktig rolle gjennom hele databasens levetid. Systemeier skal til enhver tid sørge for at det tas beslutninger, både i etableringsfasen og i vedlikeholdsfasen. Ved viktige spørsmål om endringer i samtykkeløsning eller tilgangskontroll, skal systemeier sammen med andre interessenter, sørge for at det tas valg alle kan leve med.

## 8.7 Jordovervåkingsdatabase

En database for et jordovervåkingssystem vil bestå av tabeller som er oppbygd på en hensiktsmessig måte for mottak av både ikke-dynamiske og dynamiske data, fordelt på grunntabeller og tabeller fra feltregistreringer, analyseresultater og modelleringer per lokalitet, identifisert med tids- og omdrevsangivelse. Tabellene må være tilpasset mottak av resultater fra ulike kilder. Lokalitets-ID vil være den unike koblingsnøkkelen for tabellene. Utformingen av tabellverket i henhold til faktisk innhold og alminnelige retningslinjer for slik systemering vil inngå i etableringen av programmet.

## 9 Anbefalt jordovervåkingssystem

Et jordovervåkingssystem må være innrettet med et langsiktig perspektiv, både med hensyn til finansiering, styring, etablering og operasjonell drift. Utvikling av både styringssystemer, teknisk og operasjonelt rammeverk og metodeutvikling vil være omfattende. En solid prosess som involverer sentrale aktører i implementeringsfasen vil gi et godt grunnlag for et velfungerende og kostnadseffektivt jordovervåkingssystem som dokumenterer og rapporterer om jordsmonnets tilstand og endring.

### 9.1 Organisering av et jordovervåkingssystem

#### 9.1.1 Etablering av et programstyre

Et programstyre må etableres så raskt som mulig etter at oppgaven å etablere et jordovervåkingssystem er tildelt. Tildelingen må følges av en plan for øremerket og langsiktig finansiering. Programstyret må være sammensatt av representanter fra den/de partene som finansierer og utfører programmet.

Programstyret vil ha ansvaret for overordnede prinsipielle føringer for alle deler av et jordovervåkingssystem: datafangst, dataforvaltning, bearbeiding/analyse og formidling. Programstyrets overordnede mål vil være å se til at informasjonskjeden for jordovervåkingssystemet etableres og fungerer på en mest mulig optimal måte ut ifra formål og tilgjengelige ressurser.

Programstyret vil i en tidlig fase ha ansvaret for å foreta de nødvendige tilpasningene mellom den metodikken som er beskrevet her og de økonomiske rammene for programmet når dette er fastlagt.

#### 9.1.2 Faglig organisering

Ansvaret for et jordovervåkingssystem bør legges til en statlig virksomhet med erfaring innen utvalgsbasert ressurskartlegging. NIBIO er godt skikket for å ta på seg denne oppgaven, både ut ifra eierskap og styringsmekanisme, samfunnsoppdrag, kompetanse og organisatorisk oppbygging. Ei gruppe med ansvaret for den operasjonelle utformingen og driften av systemet må etableres. Den må ha en ledelse som er dedikert til denne oppgaven og den må bestå av medarbeidere som til sammen har den nødvendige kompetansen for både implementering og drift av systemet, herunder all nødvendig metodeutvikling. Metodeutviklingen vil inkludere alle sider ved informasjonskjeden: datafangst, dataforvaltning, bearbeiding/analyse og formidling. Innen hvert av disse trinnene må det foretas en rolleavklaring og -fordeling. Alle trinnene må være kostnadseffektive og langsiktig innrettet, både med hensyn til valg av tekniske systemer og løsninger, og med hensyn til personell.

#### 9.1.3 Formalisering av forholdet til LUCAS Soil

Vi har anbefalt å knytte et norsk overvåkingsprogram opp mot det europeiske LUCAS Soil programmet. Denne tilknytningen må formaliseres gjennom en avtale mellom utøvende institusjon i Norge og LUCAS Soil (antagelig representert ved Joint Research Centre, JRC). Avtalen må avklare hvilke føringer tilknytningen legger for det norske systemet, hvilke tjenester det norske systemet kan forvente fra LUCAS, kostnadene ved dette, samt rutiner for datautveksling.

#### 9.1.4 Hjemmel for datafangst

Grunneier kan oppleve datafangst i et overvåkingsprogram som et betydelig inngrep og det vil antagelig være varierende grad av velvilje ovenfor en slik registrering. Med om lag 1 000 prøveflater spredt over hele landet er det grunn til å anta at man vil treffe på grunneiere som motsetter seg at det



gjøres registrering på deres eiendom. Dette kan løses på to måter: Enten ved at programmets rett til å samle inn data hjemles i lov eller forskrift, eller ved å tilrettelegge for en dynamikk i utvalgsmetoden som erstatter prøveflater hvor grunneier motsetter seg datafangst, på en statistisk forsvarlig måte. Det siste er mulig dersom situasjonen oppstår sjeldent, men det må uansett planlegges for en slik situasjon.

## 9.2 Informasjonsskjede for overvåkingsprogrammet

Et jordovervåkingssystem vil inngå som en ny del av det nasjonale informasjonssystemet for jordbruket. Det er hensiktsmessig å organisere slike systemer som en informasjonsskjede bestående av ulike trinn: datafangst, dataforvaltning, bearbeiding/analyse og formidling. Dette er fornuftig både med hensyn til rolle- og oppgavefordeling, men også for å sikre en tilstrekkelig grad av felles forståelse av både systemet og formålet med systemet.

### 9.2.1 Datafangst

Utvalgssystemet må opprettes og datafangsten planlegges og utføres. Manualer for feltregistrering og prøvetaking må etableres, samt valg og anskaffelse av utstyr for all datafangst, både den som krever feltarbeid og den som baserer seg på modeller og kartløsninger. Praktisk løsning for innhenting av driftsdata fra næringen selv, gjennom en samtykkeløsning, må ha et særlig fokus. Det må også inngås avtaler om laboratorieanalyser.

#### **Rekruttering**

Vurderinger knyttet til rekruttering av felpersonell baseres på tidligere erfaringer med rekruttering til de feltbaserte ressursundersøkelsene i NIBIO, for eksempel jordsmonnkartlegging og Landsskogtakseringen. Arbeidet med denne rapporten gir grunnlag for å mene at det er mest hensiktsmessig at den feltbaserte datafangsten foregår på høsten, i tiden mellom avsluttet innhøsting og vinter, opptil 8 uker hvert år.

Hvis et jordovervåkingssystem skal foregå parallelt med det nasjonale jordkartleggingsprogrammet, vil det kreves nyrekruttering. Det er utfordringer knyttet til rekruttering av denne type stillinger, men faste deltidsstillinger for felpersonell er opprettet innen begge de ovenfornevnte programmene. Faste deltidsstillinger gir nødvendig forutsigbarhet både for arbeidstaker og arbeidsgiver. Det kan allikevel være vanskelig å rekruttere stabilt personell i slike stillinger, både på grunn av arbeidets omfang og innretning. Det ansees å være mest realistisk å ha et begrenset antall opplært personell som hvert år står for den feltbaserte datafangsten, med et fast antall lokaliteter årlig.

Erfaring har vist at det er størst kontinuitet og lavest opplæringsbehov for felpersonell der feltarbeid inngår i en stilling med relaterte oppgaver. En løsning kan være å undersøke om slikt feltarbeid kan innarbeides i stillinger ved NIBIOs regionale stasjoner og/eller settes ut som oppdrag til enheter ved Norsk landbruksrådgiving.

#### **Opplæring**

Før datafangsten igangsettes må det ha foregått en tilstrekkelig opplæring for en god og rasjonell utførelse av arbeidet. Opplæringsbehovet vil være størst ved oppstart av overvåkingssystemet. For å sikre en tilstrekkelig standardisering av datafangsten vil det i tillegg være behov for årlig opplæring og harmonisering av praksis i felt. Årlige feltkurs er en implementert del av både det nasjonale jordkartleggingsprogrammet og Landsskogtakseringen.

### 9.2.2 Dataforvaltning

En standardisert dataforvaltning for overvåkingssystemet må etableres. Den må være innrettet på en slik måte at nødvendig og ønsket nivå for konfidensialitet, integritet og tilgjengelighet for dataene

sikres. Rolle- og oppgavefordeling må defineres. Under etableringen må det gjøres avklaringer for å sikre rettighetene til dataeier, sikre en hensiktsmessig dataforvaltning og rollefordeling, samt avklare hvordan databehandler skal ivareta sin rolle og avklare bruksrett til databasen.

### 9.2.3 Bearbeiding/analyse

Denne delen av informasjonskjeden består av all bearbeiding og analyse av datamaterialet som er nødvendig, fra datafangst til formidling. Her inngår for eksempel statistiske beregninger av det innsamlede materialet, tolking av resultater, oppbygging av rapporteringsrutiner og teknologiske løsninger for formidling.

### 9.2.4 Formidling

Kapittel 2 i denne rapporten begrunner behovet for et jordovervåkingsprogram i Norge. Forslaget til program i denne rapporten svarer på de behov som er dokumentert. Formidling er en avgjørende forutsetning for bruk og realisering av nytten av programmets resultater.

I formidlingen inngår både vitenskapelig rapportering av resultater fra overvåkingssystemet, en hensiktsmessig kartbasert publisering av resultater og en populærvitenskapelig formidling. De ulike formidlingsaktivitetene må både ha en felles forståelse av det som skal inngå i rapporteringen og må samtidig være hensiktsmessig oppbygd for hver aktivitet. Den vitenskapelige formidlingen må utføres av fagpersoner med høy kompetanse innenfor området det skal rapporteres på, enten det er knyttet til selve oppbyggingen av systemet eller de ulike indikatorene i overvåkingssystemet. Det må legges opp til en rapporteringsfrekvens som er hensiktsmessig ut ifra overvåkingssystemets oppbygging. Denne typen formidling vil først og fremst være rettet mot oppdragsgiver, forskere og internasjonal rapportering, men vil også danne grunnlaget for den populærvitenskapelige formidlingen.

Resultater fra et jordovervåkingssystem vil være av interesse for mange ulike grupper i samfunnet. Det bør etableres et system for enklere formidling av nøkkelresultater, der automatiserte rutiner for innhenting og framstilling av resultatene prioriteres. Denne formidlingsaktiviteten vil være nyttig for forvaltning og beslutningstakere nasjonalt, regionalt og lokalt og regionalt. Den vil også være av interesse for landbruksnæringen, til undervisningsformål, samt for media og allmennhet.

Informasjon fra overvåkingsprogrammet vil inngå som faktagrunnlag for utforming av politiske mål og virkemidler, særskilt innenfor landbruks-, areal- og miljøpolitikken. Kunnskap er nødvendig for å kunne gjøre de beste prioriteringene og utforme målrettede og hensiktsmessige virkemidler. Overvåking av jordsmonnets tilstand og endring gir informasjon om hvilke faktorer som bestemmer muligheter og begrensninger for å øke eller endre matproduksjonen i landet, påskynde karbonopptaket i jorda, og øke biomasseproduksjonen. Når det fattes beslutninger eller iverksettes tiltak av ulike slag, vil overvåkingen gi tilbakemeldinger om hvilken effekt tiltakene har på jordsmonnets tilstand og sammenhenger mellom tilstand og produktivitetsutviklingen.

Konkrete tilbakemeldinger fra overvåkingsprogram for jordsmonn kan være knyttet til om jordfunksjoner opprettholdes eller hvordan karboninnhold i jord endres over tid. Informasjon fra overvåkingssystemet vil gi grunnlag for utforming av tiltak som kan gjenopprette økosystemtjenester og produktivitet i jordsmonn som allerede er forringet, og på lengre sikt også evaluering av måloppnåelse ved slike tiltak.

Nærliggende mål for bruk av informasjon fra programmet vil være å stabilisere lagre med organisk jordsmonn, inkludert både organisk karbon og jordorganismer, og stabilisere eller redusere (optimalisere) bruk av nitrogen og fosforgjødsel. Informasjon fra overvåkingsprogrammet vil være sentralt for å kunne ta informerte beslutninger for å nå slike mål, men også for å dokumentere om målene nås. Overvåkingsprogrammet vil også styrke grunnlaget for den nasjonale klimagassrapporteringen.

Resultatene fra overvåkingsprogrammet må for det første formidles gjennom rutinemessige, formelle rapporter. I forslaget er det lagt opp til ett parametersett med tre-årig og ett parametersett med ni-årig omdrev. Parametre registrert i tre-årig omdrev må rapporteres hvert tredje år (nasjonal rapport). Parametre med ni-årig omdrev rapporteres (nasjonalt) etter ni år, men dette parametersettet gir grunnlag for regionale rapporter som kan publiseres fortløpende når regioner er ferdigstilt. Det kan også være aktuelt å publisere nasjonale (med færre flater og dermed høyere usikkerhet) synkront med de treårige rapportene. I tillegg til denne systematiske, formelle rapporteringen, må programmet forventes å jevnlig utgi rapporter som løfter frem enkelttema, eller gjennom popularisert formidling søker å løfte den allmenne interessen for, og kunnskapen om, jordsmonnets tilstand og endring.

### 9.3 Kostnader

Verdien av et overvåkingssystem for jord må sees i lys av de store utfordringene for matproduksjon og miljø som samfunnet står overfor i framtiden. Kunnskap om jordsmonnets tilstand og endring vil sette samfunnet i stand til å gjøre tilpasninger som gjør at disse utfordringene kan håndteres best mulig, i lang tid framover.

I kapittel 2 begrunnes behovet for et jordovervåkingssystem nettopp med «utgangspunkt i en forståelse av behov og nytte i framtida. I en slik kontekst er det relevant å gjøre antakelser om økt nytte og økende betalingsvilje i framtida, særlig når forutsetningen for å imøtekomme framtidige behov forutsetter at investeringer gjøres nå».

Kostnadene er delt inn i implementeringskostnader, kostnader ved datafangst, analysekostnader og rapporteringskostnader. Implementeringskostnaden er en engangskostnad. Kostnadene ved datafangst vil være høyere ved første omdrev ettersom flere analyser bare skal samles inn én gang (for eksempel jordprøver for analyse av kornstørrelsesfordeling).

Kostnaden ved å etablere et jordovervåkingssystem er relatert til antall lokaliteter som inngår i overvåkingssystemet, antall indikatorer og antall år mellom hvert omdrev. I vårt forslag anbefales det 1000 lokaliteter for å få en god nok statistisk representativitet på datamaterialet. Det er to alternativer for antall indikatorer som inngår, henholdsvis 17 indikatorer i alternativ A, og 20 indikatorer i alternativ B (se indikatorer og prioritering i tabell 4 i kap 5). Indikatorer som er gitt prioritet 2 omhandler indikatorer som er mer forskningsrelaterte og som er mer ressurskrevende. I alternativ B påvirkes to trinn i informasjonskjeden ved å inkludere disse fire: datafangst (både tid per lokalitet og kostnader for analyser av jordprøver) og bearbeiding/analyse. De tre indikatorene som er inkludert i alternativ B er karbonbalanse (O05), termisk stabilitet (O06) og målt utsatthet for pakking (P05). Hovedomdrevet er satt til ni år, men enkelte indikatorer er satt med et omdrev på tre år.

I tabell 24 og 25 presenteres kostnadsoverslag for jordovervåkingssystemet, inndelt etter de fire trinnene i informasjonskjeden, for hvert av alternativene A og B, samt kostnader for administrasjon av overvåkingssystemet. Kostnadene er satt samlet for det første niårige omdrevet og fordelt på hvert av de ni årene. Implementeringskostnaden er satt for seg selv, da denne kun skjer første år.

Tabell 24: Kostnadsoverslag for et jordovervåkingssystem, med 17 indikatorer – forslag A

Aktivitet	Kostnad		Kostnad, første ni-årige omdrev ( i 1000 kroner)	Kostnad per år ( i 1000 kroner)
Implementering		2 500		
Datafangst	Feltbasert (lønn og drift)		15 000-20 000	Ca. 1 700-2 300
	Analyser av jordprøver		16 000	Ca. 1 800
	Annen datafangst		900	100
Dataforvaltning			1 800	200
Bearbeiding/analyse			4 500	500
Formidling			4 500	500
Administrasjon			1 800	200
Sum		2 500	44 500-49 500	Ca. 5 000-5 600

Tabell 25: Kostnadsoverslag for et jordovervåkingssystem, med 20 indikatorer – forslag B

Aktivitet	Kostnad		Kostnad, første ni-årige omdrev ( i 1000 kroner)	Kostnad per år ( i 1000 kroner)
Implementering		2 500		
Datafangst	Feltbasert (lønn og drift)		22 000	Ca. 2 400
	Analyser av jordprøver		19 000	Ca. 2 100
	Annen datafangst		900	100
Dataforvaltning			1 800	200
Bearbeiding/analyse			5 000	550
Formidling			4 500	500
Administrasjon			1 800	200
Sum		2 500	55 000	Ca. 6 100

## Implementering

Implementeringskostnader inkluderer etableringskostnader som opprettelse av administrative funksjoner, utvelgelse av lokaliteter, produksjon av feltinstruks og planlegging av datafangst, opplæring, opprettelse av system for dataforvaltning rapportering med mer. Anskaffelse av nødvendig prøvetakingsutstyr inngår også i denne summen. Implementeringskostnadene er en engangskostnad ved oppstart av overvåkingssystemet.

## Datafangst

Datafangst innebærer både feltarbeid som foregår på hver lokalitet og innsamling av data fra kart, registre og gjennom modellering. Datafangst som ikke innebærer feltarbeid antas å beløpe seg til kr. 200 000 per år, totalt kr. 900 000 for hele det niårige omløpet.

Datafangsten på hver lokalitet vil bli utført ved at et tilnærmedesvis likt antall lokaliteter blir oppsøkt hvert år. I utregningen tas det utgangspunkt i at det kreves ett dagsverk per lokalitet. Det er lagt inn en timepris på 1000 kr og en driftskostnad per ukeverk på kr. 15 000. Datafangst for indikatorene for tap av biodiversitet er mer ressurskrevende. Det antas at hver lokalitet krever to dagsverk. På grunn av kostnadsnivået for denne datafangsten er det anbefalt at kun 40 lokaliteter oppsøkes for disse indikatorene, men de bør ha et treårig omdrev. Anslått total kostnad for datafangst er derfor ca. 15-20 mill. NOK i alternativ A, og 22 mill. NOK i alternativ B - for hele det niårige omdrevet.

Antall timer som medgår på hver lokalitet er et usikkerhetsmoment i estimatet. Det er derfor satt inn et kostnadsspenn for denne aktiviteten i alternativene.

Den feltbaserte datafangsten bør utføres innenfor en hensiktsmessig del av landet, altså ikke spres for å dekke flest mulige deler av landet hvert år. Dette gir to fordeler: mer kostnadseffektiv datafangst og mulighet for å rapportere for ulike regioner før man har fått data fra hele landet (se tabell i kap 4.2.1. for forslag til overvåkingsregioner). For de tre første årene er kostnadene større enn de siste seks årene, i og med at basisinformasjon for alle 1000 lokaliteter må innhentes i løpet av disse tre årene. Men, dette framkommer ikke ved å fordele kostnadene for et niårige omdrev på antall år.

Beløpet på analysekostnader inkluderer også kostnad til langvarig oppbevaring av jordprøver. Dette er viktig for å sikre mulighet for nye analyser i ettertid, for eksempel på grunn av forbedret metodikk eller ved nye aktuelle problemstillinger. Antatt kostnad for dette er 1 mill NOK for hele niårs-perioden. Anslått total kostnad for analyser av jordprøver er satt til 16 mill. NOK i alternativ A, og 19 mill. NOK i alternativ B - for hele det niårige omdrevet.

### **Dataforvaltning**

En standardisert dataforvaltning innebærer både kostnader ved etablering og årlige kostnader knyttet til vedlikehold og mottak av data. Det antas av etableringskostnaden vil ligge på ca. 200 000 NOK (er innbygd i implementeringskostnadene), og at årlig vedlikehold og mottak av data vil ligge på ca. 200 000 NOK.

### **Bearbeiding/analyse**

Det må etableres gode rutiner for bearbeiding/analyse av datamaterialet fra overvåkingssystemet, med en størst mulig grad av automatiserte prosesser. Kostnadene for dette vil være størst i starten av et overvåkingssystem. I alternativ A er det estimert en kostnad på ca. 0,5 mill. NOK per år, altså 4,5 mill. for hele det niårige omdrevet i, og henholdsvis 0,55 mill. NOK per år og 5 mill. NOK i alternativ B.

### **Formidling**

Det nasjonale programmet for jordkartlegging har en årlig kostnad på formidlingsaktiviteter på 2,7 mill. NOK. I et overvåkingssystem antas det at årlig kostnad vil være lavere fordi det ikke er mulig å formidle resultater hvert år. Det er estimert at en formidlingskostnad for overvåkingssystemet vil beløpe seg til omtrent 4,5 mill. NOK for hele omdrevet, hvilket gir en gjennomsnittlig kostnad på kr. 0,5 mill. per år.

Landsskogtakseringen har per nå en årlig rapporteringskostnad på 1,5-2 millioner kroner (Granhus, A., personlig meddelelse.). Det er grunn til å anta at rapportering fra et jordovervåkingssystem kan innebære noe av de samme aktivitetene, både nasjonalt og internasjonalt. I jordovervåkingssystemet fordeles rapporteringskostnader på trinnene bearbeiding/analyse og formidling i informasjonskjeden. Norsk Landbruksrådgivning (NLR) vil være en nøkkelaktør i formidlingen. Jordovervåkingen bør gi resultater som NLR løpende tar i bruk i sitt arbeid, og dette vil påvirke hvordan formidling fra programmet innrettes.

Rapportering etter hvert niårige omdrev vil være mest omfattende og kostnadskrevende.

## **Administrasjon**

Et jordovervåkingssystem vil kreve administrasjon gjennom hele programmet, både med hensyn til planlegging og utførelse av de ulike trinnene i informasjonskjeden og for å utøve nødvendig kontakt oppimot programstyret. Det er anslått at dette vil koste ca. 200 000 per år, det vil si 1,8 mill. NOK for omdrevet på ni år.

## **Oppsummert**

Alternativ A i tabell 24 gir et kostnadsestimat på ca. 44,5-49,5 mill. NOK for et helt niårig omløp, for alternativ B er kostnadsestimatet på ca. 55 mill. NOK (tabell 25). Per år gir dette en kostnad på henholdsvis ca. 5,0-5,6 mill. NOK for alternativ A, og 6,1 mill. NOK for alternativ B. I tillegg kommer implementeringskostnader på kr. 2,5 mill. NOK første år.

Jordovervåkingssystemer er etablert i mange land. Noen er enkle og relativt billige, andre er mer komplekse og dermed også mer kostnadskrevende. Til sammen 21 indikatorer er valgt for det norske jordovervåkingssystemet. Det er relativt mange og kostbare indikatorer på temaene organisk materiale, biodiversitet og jordpakking. Dette er gjort fordi det er særlig stor oppmerksomhet rundt betydningen av disse temaene, fordi det ikke finnes systematisk datafangst om dem per i dag og fordi de inngår i svært mange og viktige jordfunksjoner. I tillegg har de et stort bruksområde, både for forskning, rapportering og iverksettelse av tiltak.

**Det foreslåtte jordovervåkingssystemet vil gi en god dokumentasjon og rapportering for jordsmonnets tilstand og endring. Resultatene fra systemet vil kunne bli brukt for å sette inn tiltak for å bedre jordsmonnets funksjoner og produktiviteten i jordbrukets planteproduksjon, for internasjonal rapportering og for å identifisere framtidige forskningsbehov. Forslaget imøtekommer de høyest prioriterte og kortsiktige informasjonsbehovene.**

**Det er ikke gjort kvantitative, økonomiske beregninger av nytten for samfunnet av det foreslåtte programmet. Vi anbefaler at programmets kostnad vurderes opp mot den totale samfunnsnyten av forbedret kunnskap om norsk jordsmonn, på tvers av sektorer og næringer. Kunnskap fra programmet vil vesentlig forbedre Norges forutsetninger for å oppnå bærekraftsmålene. Programmets kostnader vil etter vår vurdering forsvares selv med marginale bidrag til forbedringer i jordbrukets arealproduktivitet, i tillegg til bedret beskyttelse av øvrige jordfunksjoner.**

**Jordovervåkingssystemet som anbefales vil gi Norge et solid kunnskapsgrunnlag om jordsmonnet på jordbruksarealet. Systemet er mer omfattende enn våre nabolands overvåkingssystemer og vil kunne gi Norge en internasjonal posisjon i jordovervåking.**



# Litteraturreferanse

- Andr en, O., & K atterer, T. (1997). ICBM: The Introductory Carbon Balance Model for Exploration of Soil Carbon Balances. *Ecological Applications*, 7(4), ss. 1226-1236. doi:10.2307/2641210
- Arnoldussen, A., & Gr nlund, A. (2003). *EUs jordpolitikk - Utvikling av et norsk opplegg for jordsmonnoverv king, (Rapport 10/2003)*. NIJOS.
- Arrouays, D., M. X., Saby, N., Richer de Forges, A., Le Bas, C., Bellamy, P., . . . Verheijen, F. (2008). *Environmental Assessment of Soil for Monitoring (EUR 23490 EN/2B)*. EU, ENVASSO. doi:DOI 10.2788/93617
- EASAC. (2018). *Opportunities for soil sustainability in Europe (EASAC Policy Report 36)*. European Academies Science Advisory Council (EASAC). Hentet fra [https://easac.eu/fileadmin/PDF\\_s/reports\\_statements/Soil\\_Sustainability/EASAC\\_Policy\\_Report\\_on\\_Soil\\_Sustainability\\_September\\_2018.pdf](https://easac.eu/fileadmin/PDF_s/reports_statements/Soil_Sustainability/EASAC_Policy_Report_on_Soil_Sustainability_September_2018.pdf)
- Elphinstone, J., Groffiths, B., Goddard, M., & Stockdale, E. (2018). *Soil Biology and Soil Health Partnership Project 3: Molecular approaches for routine soil-borne disease and soil health assessment – establishing the scope (Research Review No. 91140002-03)*. AHDB: Agriculture and Horticulture Development Board and BBRO: British Beet Research Organization. Soil Biology and Soil Health Partnership. Hentet fra [https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Research%20Papers/Cereals%20and%20Oilseed/2019%20\(and%20earlier\)/91140002%20final%20report%2003.pdf](https://projectblue.blob.core.windows.net/media/Default/Research%20Papers/Cereals%20and%20Oilseed/2019%20(and%20earlier)/91140002%20final%20report%2003.pdf)
- Eriksson, J., Mattsson, L., & Söderström, M. (2010). *Tillst ndet i svensk åkermark och gr da, data från 2001-2007 (Rapport 6349)*. Stockholm: Naturv rdsverket. Hentet fra <https://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/978-91-620-6349-8.pdf>
- FAO. (2008). *An international technical workshop, Integrated Crop Management (Vol. 6-2008), s. 123*. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO), Plant production and protection division. Rome: FAO. Hentet fra <http://www.fao.org/3/i0951e/i0951e.pdf>
- FAO; ITPS. (2015). *Status of the World Soil Resources (SWRS) Main report*. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations through ITPS, Intergovernmental Technical Panel on Soils. Hentet fra <http://www.fao.org/3/i5199e/I5199E.pdf>
- Fernández-Ugalde, O., Orgiazzi, Jones, A., Lugato, E., & Panagos, P. (2017). *LUCAS 2018 – SOIL COMPONENT: Sampling Instructions for Surveyors (EUR 28501 EN)*. Luxembourg: European Union: Publications Office of the European Union . doi:doi 10.2760/023673
- Glick, B. (2012). Plant Growth-Promoting Bacteria: Mechanisms and Applications (Article ID 963401). *Scientifica*, 2012, s. 15. doi:<http://dx.doi.org/10.6064/2012/963401>
- Greve, M., Sperstad, R., & Nyborg,  . (1999). *Retningslinjer for beskrivelse av jordprofil (NIJOS-rapport 1999(37))*. NIBIO.  s: NIJOS (Norsk institutt for jord og skogkartlegging). Hentet fra <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2560242/NIJOS-Rapport-1999-37.pdf?sequence=1>
- Gyldenk rne, S. E., & Frederiksen, P. (2015). *THE DANISH SINKS PROJECT: Final report on the Danish monitoring project for Land Use, Land Use Change and Forestry under the Kyoto Protocol. (Rapport nr. 155)*. Århus, DK: Aarhus University, Department of Environmental Science. Hentet Januar 2021 fra <https://dce2.au.dk/pub/SR155.pdf>
- Hauken, M., Bechmann, B., Stenrød, M., & Eggestad, H. (2012). *Erosjon og tap av næringsstoffer og plantevernmidler fra jordbruksdominerte nedbørfelt. Sammendragsrapport for*



- overvåkingsperioden 1992-2011 fra Program for jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA - 7(78)).* NIBIO. Bioforsk. Hentet fra <https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2451520/Bioforsk-Rapport-2014-09-80.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Heikkinen, J., Ketoja, E., Nuutinen, V., & Regina, K. (2013). Declining trend of carbon in Finnish cropland soils in 1974–2009. *Global change biology*, 19, ss. 1456-1469 s.
- Huber, S., Prokop, G., Arrouays, D., Banko, G., Bispo, A., Jones, R., . . . Jones, A. (2008). *Environmental Assessment of Soil for Monitoring, Volume I: Indicators & Criteria (EUR 23490 EN/1)*. Luxembourg: Office for the Official Publications of the European Communities. doi:DOI 10.2788/93515
- IPBES. (2018). *The IPBES Assessment Report on Land Degradation and Restoration*. IPBES: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Germany: IPBES. doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.3237392>
- IPCC. (2019). *Climate Change and Land: an IPCC special report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems*. IPCC. Hentet fra <https://www.ipcc.ch/srccl/>
- Kautz, T. (2014). Research on subsoil biopores and their functions in organically managed soils: A Review. *Renewable Agriculture and Food Systems - 30(4)*, ss. 318 - 327. doi:doi:10.1017/S1742170513000549
- Keesstra, S., Bouma, J., Wallinga, J., Tiftonell, P., Smith, P., Cerdà, A., . . . Fresco, L. (2016). The significance of soils and soil science towards realization of the United Nations Sustainable Development Goals. *Soil - vol. 2*, ss. 11 - 128 s.
- Keskinen, R., Ketoja, E., Heikkinen, J., Salo, T., Uusitalo, R., & Nuutinen. (2016). 35-year trends of acidity and soluble nutrients in cultivated soils of Finland. *Geoderma regional*, 7, ss. 376-387 s.
- Kibblewhite, M., Jones, R., Montanarella, L., Baritz, R., Huber, S., Arrouays, D., . . . Stephens, M. (2008). *Environmental Assessment of Soil for Monitoring, Volume VI: Soil Monitoring System for Europe (EUR 23490 EN/6)*. Office for the Official Publications of the European Communities Luxembourg. doi:DOI 10.2788/95007
- Kirkby, M., Jones, R., Irvine, B., Gobin, A., Govers, G., Cerdan, O., . . . et.al. (2004). *Pan-European Soil Erosion Risk Assessment: The PESERA Map (Research Report No.16, EUR 21176)*. Ispra: European Soil Bureau, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Krogh, L., Noergaard, A., Hermansen, M., Greve, M. H., Balstroem, T., & Breuning-Madsen, H. (2003). Preliminary estimates of contemporary soil organic carbon stocks in Denmark using multiple datasets and four scaling-up methods. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 96, ss. 19 - 28 s.
- Kvernø, S. (in prep). Ås: NIBIO.
- Kvernø, S., & Bechmann, M. (2010). *Transport av jord og næringsstoffer i overflate- og grøftevann: Sammenstilling av resultater fra rutefelter og småfelter i Norge, Rapport 5(10)*. NIBIO. Ås: Bioforsk. Hentet fra <http://hdl.handle.net/11250/2460466>
- Landbruksdirektoratet. (2020). *Nasjonalt program for jordhelse - Faggrunnlag og forslag til utvikling av tiltak og virkemidler for økt satsing på jordhelse, (Rapport 13/2020)*. Avdeling for ressurs og areal. Landbruksdirektoratet. Hentet fra

- [https://okologisknorge.no/media/2471/20200229-nasjonalt-program-for-jordhelse-rapport-nr\\_13\\_2020-1.pdf](https://okologisknorge.no/media/2471/20200229-nasjonalt-program-for-jordhelse-rapport-nr_13_2020-1.pdf)
- Leeuwen, J. v., Creamer, R., Cluzeau, D., Debeljak, M., Gatti, F., Henriksen, C., . . . Rutgers, M. (2019). Modeling of Soil Functions for Assessing Soil Quality: Soil Biodiversity and Habitat Provisioning. *Frontiers in environmental sciences* 7/13. doi:10.3389/fenvs.2019.00113
- Martin-Laurent, F., Kandeler, E., Petric, I., Djuric, S., & Karpouzas, D. G. (2012). ECOFUN-MICROBIODIV: an FP7 European project for developing and evaluating innovative tools for assessing the impact of pesticides on soil functional microbial diversity—towards new pesticide registration regulation? *Environmental Science and Pollution Research*, 20, ss. 1203 - 1205. doi:10.1007/s11356-012-1368-0
- McKeague, J., & Wang, C. (1982). *Soil structure, concepts, description, and interpretation (LRRI Contribution No. 82-15)*. Ottawa, Ontario, Canada: Land Resource Research Institute.
- Miljødirektoratet. (2020). *Miljøgifter og andre prioriterte stoffer*. Hentet 7. 12., 2020 fra <https://miljostatus.miljodirektoratet.no/tema/miljogifter/prioriterte-miljogifter>
- Nachimuthu, G., King, K., Kristiansen, P., Lockwood, P., & Guppy, C. (2007, May). Comparison of methods for measuring soil microbial activity using cotton strips and a respirometer. *Journal of Microbiological Methods* 69(2), ss. 322 - 329. doi:doi: 10.1016/j.mimet.2007.02.002
- Orgiazzi, A., Ballabio, C., Panagos, P., Jones, A., & Fernández-Ugalde, O. (2018). LUCAS Soil, the largest expandable soil dataset for Europe: a review. *European Journal of soil science* (69), ss. 140 -153 s.
- Peth, S., Rostek, A., Zink, A., Mordhorst, A., & Horn, R. (2010, Januar). Soil testing of dynamic deformation processes of arable soils. *Soil and Tillage Research* 106(2), ss. 317 - 328. doi:<https://doi.org/10.1016/j.still.2009.10.007>
- Rasse, D., Økland, I., Bárcena, T., Riley, H., Martinsen, V., Sturite, I., . . . Cottis, T. (2019). *Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord - NIBIO rapport 5(36)*. NIBIO.
- Seehusen, T., & Uhlen, A. K. (2019). *Analyses of Yield Gaps for the production of wheat and barley in Norway - Potential to increase yields on existing farmland - NIBIO rapport 5(166)*. Ås, Norge: NIBIO. Hentet fra [https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2637490/NIBIO\\_RAPPORT\\_2019\\_5\\_166.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://nibio.brage.unit.no/nibio-xmlui/bitstream/handle/11250/2637490/NIBIO_RAPPORT_2019_5_166.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Stolte, J., Tesfai, M., Øygarden, L. K., Keizer, J., Verheijen, F., Panagos, P., . . . Hessel, R. (2015). *Soil threats in Europe: status, methods, drivers and effects on ecosystem services - EUR27607*. European Commission. Hentet fra <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/content/soil-threats-europe-status-methods-drivers-and-effects-ecosystem-services>
- Stott, D. (2019). *Recommended Soil Health Indicators and Associated Laboratory Procedures - Soil Health Technical Note No. 450-03*. USDA: United States Department of Agriculture.
- Taghizadeh-Toosi, A., Olesen, J. E., Kristensen, K., Elsgaard, L., Østergaard, H. S., Lægdsmand, M., . . . Christensen, B. T. (2014). Changes in carbon stocks of Danish agricultural mineral soils between 1986 and 2009. *European Journal of Soil Science*, 65, ss. 730 - 740 s.
- TBU. (2019). *Jordbruksrelaterte klimagassutslipp, Gjennomgang av klimagassregnskapet og vurdering av forbedringer*. Teknisk beregningsutvalg for klimautslipp i jordbruket. Oslo: Regjeringen, Landbruks- og matdepartementet. Hentet fra [https://www.regjeringen.no/contentassets/of1af0ca7efe493e8e48b46b6fba5ffd/rapport-tbu-jordbruk\\_siste.pdf](https://www.regjeringen.no/contentassets/of1af0ca7efe493e8e48b46b6fba5ffd/rapport-tbu-jordbruk_siste.pdf)

Vodyanitskii, Y. N., & Yakovlev, A. S. (2016). Contamination of soils and groundwater with new organic micropollutants. *Eurasian Soil Science (49)*, ss. 560 - 569 s.

Willers, C., Jansen van Rensburg, P., & Claassens, S. (2015). Phospholipid fatty acid profiling of microbial communities—a review of interpretations and recent applications. *Journal of applied microbiology - 2015/1075*, s. 1207 s. doi:doi:10.1111/jam.12902

## Vedlegg 1

### Dynamisk kartlegging av vegetasjonsdekke/vekster på jordbruksareal basert på klassifisering av satellittbilder

Et jordovervåkingssystem bør omfatte en registrering av vegetasjonsdekke/vekster og vekstskifte gjennom året og fra år til år i og omkring observasjonspunktene. Spesielt er en slik registrering viktig for åkerarealet der frekvensen av endringer er størst. Klassifisering av satellittbilder kan gi viktig informasjon om dette.

Her er en kort status basert på tilbakemeldinger fra NIBIOs fagmiljø innen temaet klassifisering av satellittbilder.

#### 1. Satellitter, opptaksfrekvens og bildeoppløsning

Tilbudet av satellittopptak som dekker det norske jordbruksarealet er stadig økende. Tabellen under gir en oversikt over de som i dag er mest aktuelt å benytte.

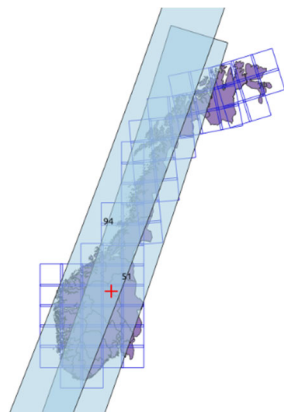
**Tabell 1: Oversikt over satellittsystemer som i dag er mest aktuelt å benytte**

Satellitt	Optisk/radar (SAR)	Opptaksfrekvens Norge	Pixelstørrelse	Fullpolarimetrisk
Sentinel-1	SAR	6dager, men i praksis 1,5dg pga. 50% overlapp og 2 passasjer per døgn	10-20 m	dualpol
Radarsat-2	SAR	34dager, men i praksis 8dg pga. 50% overlapp og 2 passasjer per døgn	10m	Kvadpol = fullpolarimetrisk
Sentinel-2	optisk	5dager, men i praksis 2,5dg pga. 50% overlapp	10m	

Etter avtale med Norsk Romsenter kan Sentinel 1 og 2 opptak gjøres fritt tilgjengelige. Radarsat-2 opptak kan gjøres tilgjengelig for forskningsformål, men må betales for i et operative overvåkingssystem.

Som ved flyfotografering krever optiske satellittsystemer dagslys uten skydekke, mens radaropptak ikke har denne begrensningen. Derfor kan også opptak fra nattpassasjer benyttes som derfor gir en høyere opptaksfrekvens.

Satellitopptakene har dessuten ca.100 % overlapp ved 60gr.N som i praksis doubler opptaksfrekvensen i Norge (figur 1). Fullpolarimetrisk opptak som Radarsat-2 gir langt større muligheter for differensiering av vekster enn andre systemer.



Figur 1: Satellittbaner og overlapp mellom opptak (Sentinel)

## 2. Klassifisering av vegetasjonsdekke/vekster

I vekstsesongen vil både optisk- og radaropptak kunne benyttes til klassifisering av vekster på jordbruksarealer, men skydekket setter begrensninger for de optiske opptakene. Utenom vekstsesongen er det radaropptak som må benyttes. Her er noen eksempler på klassifiseringsforsøk som utføres ved NIBIO:

Det utvikles nå en metode for å skille mellom korn, eng og andre arealer basert på Sentinel-2 opptak. Et foreløpig resultat er vist i kartutsnittet under (gult=korn, lilla=gras):



Figur 2: Korn (gul), gras (lilla) og andre arealer basert på Sentinel-2 opptak

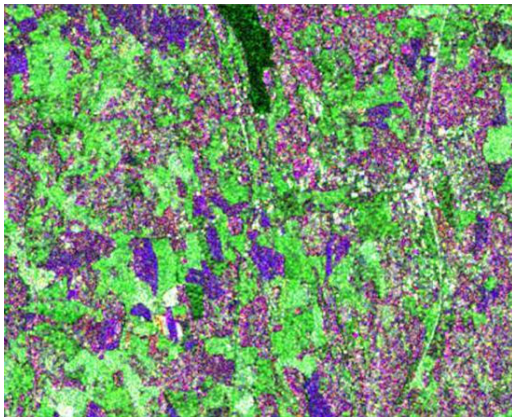
I et annet arbeid er jordarbeiding om høsten klassifisert manuelt og basert på Sentinel-2 (RGB) opptak. I eksempelet under er klassifiseringen vist som RGB bilde. Han har brukt Sentinel-1 i sammenheng med jordas vanninnhold.





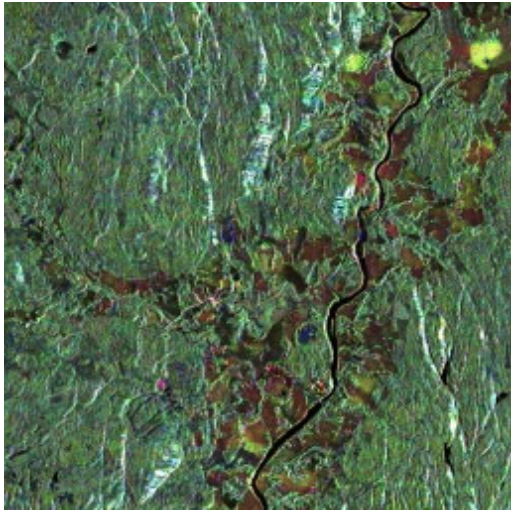
**Figur 3: RGB bilde av vegetasjonsdekket basert på klassifisering av høstopptak fra Sentinel-1 (Skuterudfeltet, Ås).**

Det er også gjort arbeid med deteksjon av pløying fra radarbilder. Eksempelet under viser pløyde arealer i blått klassifisert fra Sentinel-1 opptak.



**Figur 4: Pløyde arealer (blå) basert på klassifisering av Sentinel-1 opptak**

Radarsat-2 er en kanadisk satellitt som tar fullpolarimetrisk opptak slik at man kan identifisere både avlingstype (skille korn fra poteter og eng) og følge utviklingen og modningen på kornet.



Figur 5: Radarsat-2 er fullplanimetrisk opptak som gir større klassifikasjonsmuligheter. (Lågendalen)

### 3. Operasjonelt system for vekstklassifisering

Klassifikasjonsforsøkene viser at det er mulig å identifisere ulike typer vekster og pløyde arealer på dyrket mark. Klassifiseringen er avhengig av gode «bakkessannheter» dvs. arealer med kjent vegetasjonsdekke/vekst til kalibrering. Sannsynligvis må en slik kalibrering gjøres i flere landsdeler.

Mye arbeid gjenstår før et operasjonelt system for dynamisk klassifisering av vekster på jordbruksarealene er på plass. Sannsynligvis vil det ta 2-5 år før et operativt system er tilgjengelig. Metoden er lovende så finansiering av videre utviklingsarbeidet bør kunne gi gode resultater på noe lengre sikt.



## Vedlegg 2

### **Karakterisering av kvalitet av organisk materiale i jord knyttet til fysisk-kjemiske stabiliseringsprosesser:**

1. Termisk stabilitet, via STA (Simultaneous Thermal Analysis)/DSC (Differential Scanning Calorimetry). Dette gir informasjon om hvor mye energi som kreves å forbrenne en jordprøve til en vis temperatur, og dermed en «termisk stabilitet». Indikatorer fra slike analyser (for eksempel T<sub>50</sub>, som er temperaturen hvor halv parten av CO<sub>2</sub> fra forbrenning av jordprøven har utviklet seg) gjør det mulig å sammenligne ulike typer jordprøver på en standardisert måte. Dette er noe som vi kan gjøre i NIBIO Ås og i nær fremtid også i Steinkjer.
2. Molekylær stabilitet: FTIR (Fourier-Transform Infrared Spectroscopy)/ssNMR (Solid-State Nuclear Magnetic Resonance). Med slike teknikker kan man identifisere molekyler i OM som er mer/mindre komplekse/robuste, og indikatorer på om de er mer eller mindre nedbrytbare. Vi i NIBIO Ås har et STA-FTIR instrument som har vært brukt til pilot-analyser av jord, noe som kan videreutvikles til rutineanalyser på jord.
3. Biologisk nedbrytbarhet/mineralisering: Mineraliseringstester måler utslipp av CO<sub>2</sub> fra jorda over tid og gir informasjon om hvordan nedbrytning foregår i en jordprøve over en bestemt tidsperiode. Ideelt sett måles mineralisering i en intakt/lite forstyrret prøve for å si noe om hvordan jordas mineralisering er avhengig av ulike faktorer. Slike analyser som har vært gjort/gjøres i NIBIO i ulike forskningsprosjekter og har sine begrensninger mht målinger over lengre tidsperioder og representativitet.

**Vi anser bruk av metodikk nevnt under pkt. 1. og 2. som mulige kandidater i karakteriseringen av OM stabilitet i jordovervåkingen, og syns dette komplementerer øvrige analyser av karbon i jord på en god måte da det fanger opp C-dynamikk i jord og svarer på det vi ser som motivet for slik overvåking: Bedre kunnskap om jordkvalitet og jordhelse knyttet til OM som en nøkkelfaktor mht endringer over tid.**

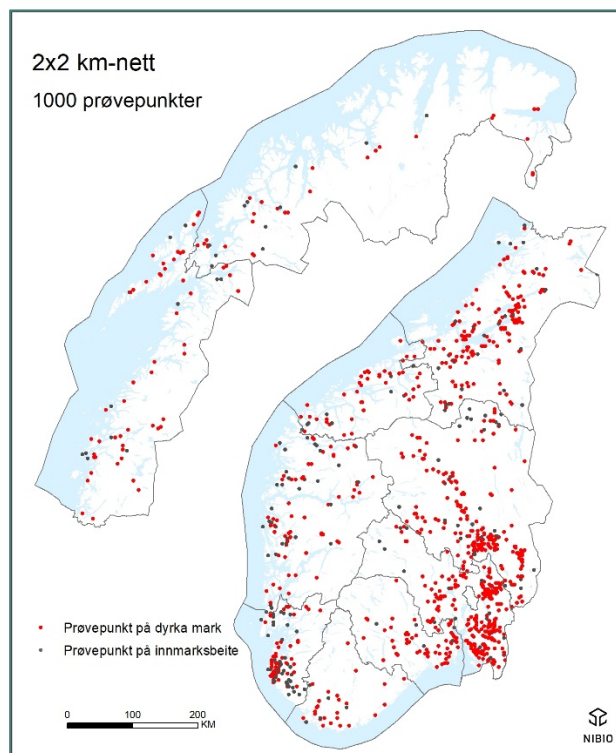
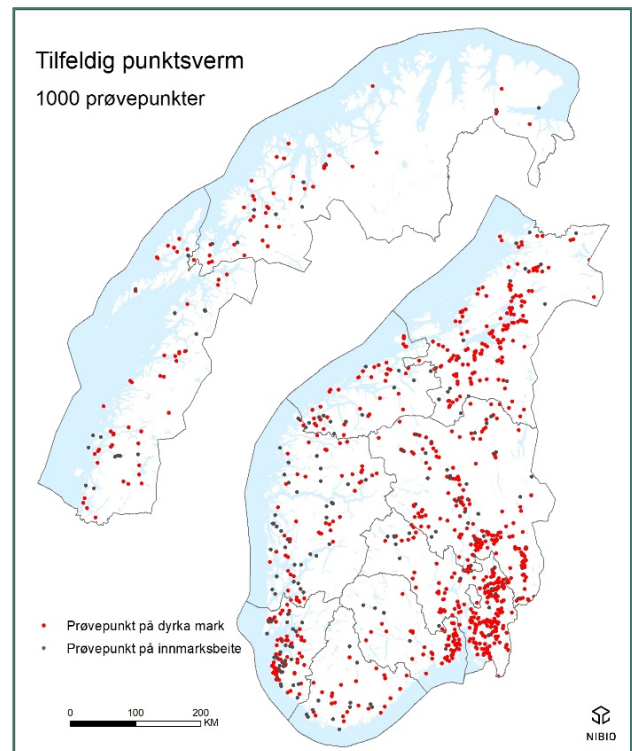
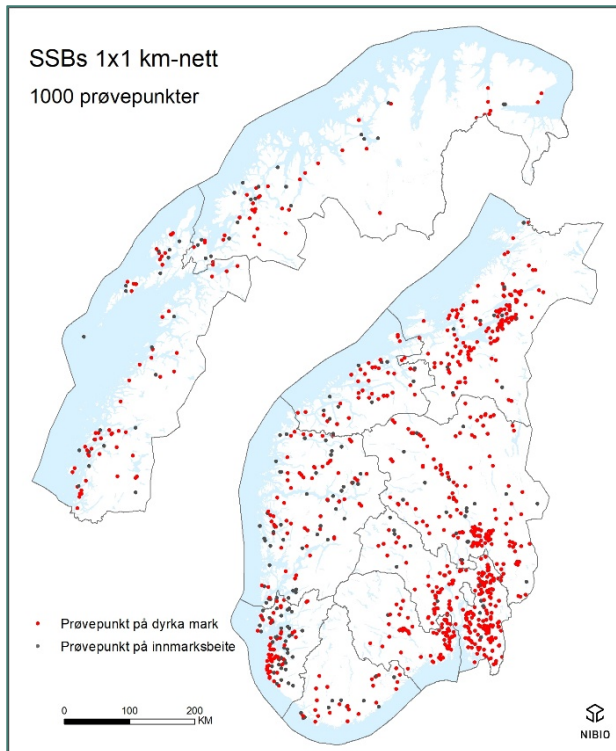
NIBIO har den analytiske-infrastruktur som trenges og mulighet for å videreutvikle kunnskap og analytiske ressurser for viktige jord-relaterte spørsmål. Avd. biogeokjemi og jordkvalitet har samarbeid med ledende forskningsgrupper innenfor område (bl.a. INRA, Frankrike), som vil være en sterk og viktig samarbeidspartner i denne sammenheng.

FAOs nettverket GLOSOLAN (Global Soil Laboratory Network, en del av Global Soil Partnership: <http://www.fao.org/global-soil-partnership/glosolan/en/>) som ble opprettet i 2017 med formål om å styrke og harmonisere jordanalyser. Disse peker også på spektroskopiske metoder som karakteriserer kvaliteten på OM som en viktig del av framtidige jordanalyser. Nettverket oppfordrer medlemsland til å gjøre denne type analyser og tilbyr støtte til land som er interessert i utvikling og bruk av disse metodene. Den europeiske jordovervåking i LUCAS-programmet inneholder per nå ikke en indikator for kvalitet av OM.

Kvalitet/stabilitet av OM ville være en meningsfull parameter i norsk sammenheng da den er forventet å være mer sensitiv overfor endringer i for eksempel drift sammenlignet med endringer i OM/karbon i jorda. Tilførsel av organiske ressurser kan også påvirke kvalitet av OM og stabiliseringsprosesser, noe som man ville være i stand til å fange opp hvis man har en slik parameter i jordovervåkingen.

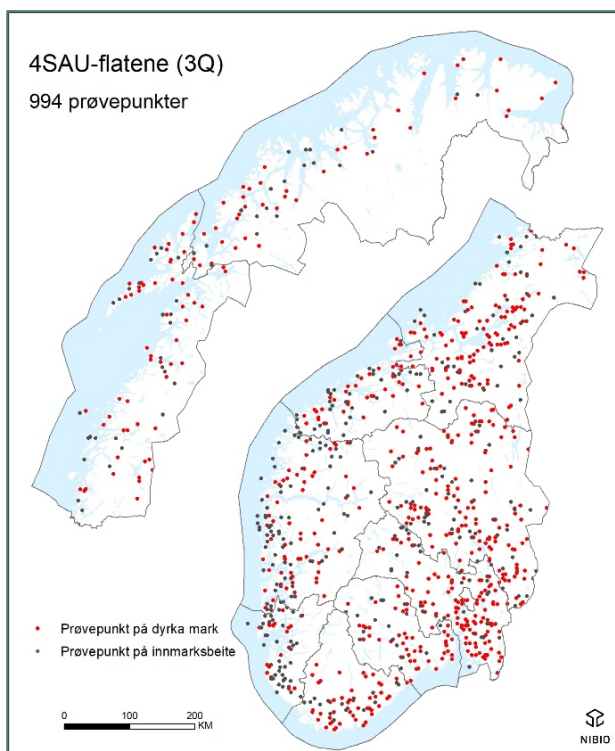
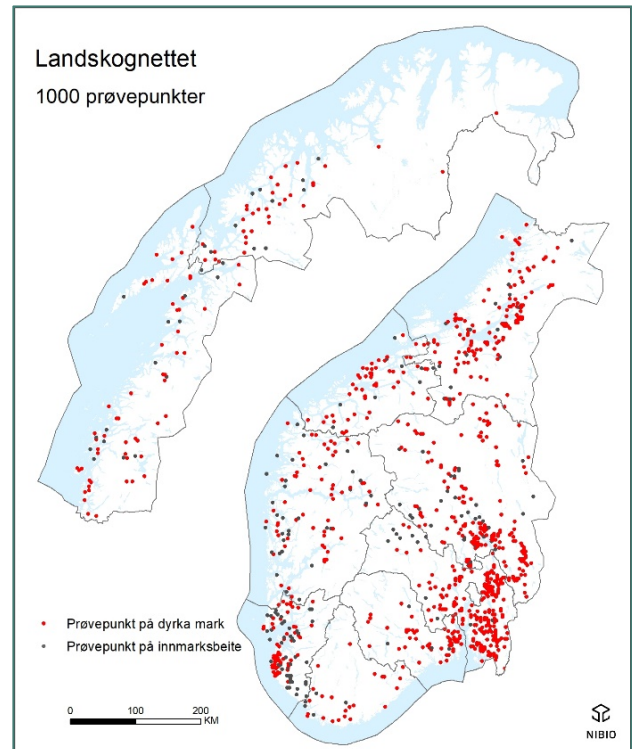
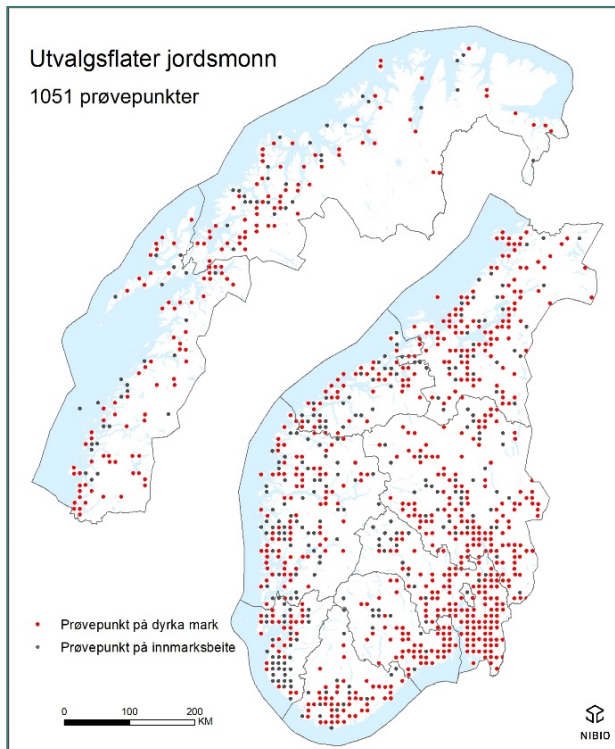
## Vedlegg 3

### Kartillustrasjoner over lokaliteter for utvalgssystemene SSB 1x1 km-nett, 2x2 km rutenett og tilfeldig punktsverm



## Vedlegg 4

### Kartillustrasjoner over lokaliteter for utvalgssystemene utvalgsflater jordkartlegging, overvåking av jordbrukets kulturlandskap og landsskognettet



# Etterord

Å foreslå et system for dokumentasjon og rapportering av jordsmonnets tilstand og endring er krevende. Det har vært behov for å involvere mange personer med ulik kompetanse om de fagområdene som inngår. Dette gjelder særlig valg av indikatorer. Forfatterne mener at dette forslaget er gjennomførbart med de kostnadene som er estimert. Men, det kan vise seg at det blir behov for justeringer av forslaget før et overvåkingssystem implementeres. Dette kan gjelde ulike deler av forslaget.

Nøkkelord:	Jordsmonn, overvåkingssystem, utvalgssystem, jordtrusler, indikatorer
Key words:	Soil, soil monitoring program, soil threats, soil indicators



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

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

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

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



Forsidefoto: Roar Lågbu / NIBIO Kartillustrasjon som viser lokaliteter i anbefalt utvalgssystem for jordovervåking, Åge Nyborg / NIBIO Jord i hender  
Baksidefoto: Siri Svendgård-Stokke / NIBIO Jordsmonn med ulike egenskaper