

Karbon i trøndersk jord

NORSØK RAPPORT | VOL. 8 | NR. 6 | 2023



TITTEL

Karbon i trøndersk jord

FORFATTERE

Jørn Ketil Brønstad (NLR Trøndelag), Sissel Hansen (NORSØK)

DATO:	RAPPORT NR.	PROSJEKT NR.:
12.12.2023	6/2023 VOL 8 Åpen	20SF3432 Miljødirektoratet
ISBN:	ISSN:	ANTALL SIDER:
978-82-8202-173-9		22

OPPDRAKSGIVERTrøndelag Fylkeskommune ved prosjektet
«Karbon i jord Trøndelag»**KONTAKTPERSON:**

Anders Mona

STIKKORD:

Karbon; mold; jord; vekstskifte

FAGOMRÅDE:

Jordbruk

SAMMENDRAG:

Det er stor etterspørsel etter kunnskap om hvor mye karbon som finnes i norsk jord og betydningen av driftsmåten for moldinnholdet. NLR Trøndelag lager årlig 3-4 000 gjødslingsplaner for gårdbrukere over hele Trøndelag og anbefaler sine medlemmer å ta ut jordprøver hvert 6. år. Vi fikk følgende oppdrag: Beskrive status og eventuelle endringer tilbake i tid for innhold av karbon i landbruksjord i Trøndelag. Et delmål var å undersøke hva driftsopplegg betyr for moldprosenten i jorda. Følgende fire kategorier av driftsopplegg skal være representert: A: Ensidig korndyrking uten tilførsel av husdyrgjødsel eller andre organiske gjødselslag. B: Ensidig korndyrking med tilførsel av husdyrgjødsel eller andre organiske gjødselslag. C: Korn (eller andre åkervekster) dyrka i omløp med gras/eng. D: Fulldyrka eng/beite (inkludert gjenlegg med dekkvekst).

I tillegg til driftsopplegg A, B, C, D ble jordprøvene sortert etter jordart (sand, silt, leir). Prøver fra organisk jord (>20% mold) ble fjernet fra databasen. Som stedsangivelse ble kommunenummer i 2020 brukt. Det ble 20206 jordprøver som ble brukt i analysen av materialet. Prosent glødetap ble brukt til å estimere prosent mold i prøven ved en korrigeringsfaktor for leirinnhold. Vi antok at ca 50% av moldinnholdet var karbon. Prosent karbon og volumvekt i jordprøven og jordvolum ned til 20 cm dyp ble brukt til å estimere tonn karbon per daa i matjordlaget. Det er usikkerhet både i bestemmelse av prosent mold, prosent karbon og volumvekt og stor jordvariasjon. Det er derfor mer et anslag enn en eksakt bestemmelse av mengde karbon. Vi fant et gjennomsnittlig

karboninnhold i jorda på rundt 5 tonn karbon per daa i 0-20 cm dyp på gårder hvor korndyrking dominerer (A,B), nærmere 6 tonn per daa på gårder med vekstskifte (C) og nærmere 7 tonn på gårder med mest eng og grovfôr (D). I gjennomsnitt er det 6 tonn karbon per daa på disse gårdene i Trøndelag. Seks tonn per daa tilsvarer 22 tonn CO₂ om alt det organiske materialet blir brutt ned og karbonet blir frigjort til atmosfæren.

Totalt for alle jordprøvene er det en variasjon i karboninnhold i jorda fra 0,15 til 23 tonn karbon per daa ned til 20 cm dybde. Naturgitte forhold har en stor påvirkning på jordas moldinnhold. Der det er våtere og kaldere blir det mer organisk materiale i jorda. For å kunne bekrefte at det er engdyrking som er årsaken til høyere moldinnhold i jorda for driftsopplegg C og D trenger vi jordprøveresultat fra samme sted tatt med noen års mellomrom. Det har vi ikke i denne undersøkelsen, men i framtida kan dette gjøres.

I våre prøver var det høyere innhold av mold i siltjord og sandjord enn i leirjord, med et gjennomsnittlig moldinnhold i silt- og sandjord på 5,8 % og i leirjord 4,1%. Dette skyldes at det var mange leirjordsprøver med svært lavt moldinnhold. Det skyldes nok at en del av leirjorda er planert i ei tid da molda ikke ble tatt vare på og det tar lang tid å bygge opp igjen moldinnholdet i leirjorda. Fordi 25% av jordprøvene har et lavere moldinnhold enn 3% er det realistisk å kunne øke moldinnholdet og dermed karbonlagring i denne jorda ved økende andel eng, fangvekster og tilbakeføring av organisk materiale. Fordi det bare er en liten del av avlingen som går tilbake til jorda via stubb og røtter, vil det ta lang tid å øke moldinnholdet om det ikke gjøres spesielle tiltak.

LAND: Norge
FYLKE: Trøndelag og Møre og Romsdal
KOMMUNE: Steinkjer og Tingvoll

GODKJENT

Turid Strøm

DAGLIG LEDER NORSØK

PROSEKTLERER

Anders Mona

FYLKESAGRONOM STATSFORVALTEREN I TRØNDELAG

Forord

Denne rapporten er en del av prosjektet «Karbon i jord» og er utarbeidet med bakgrunn i ønsket om å finne status for karboninnholdet i jord i Trøndelag for ulike jordarter og ved ulik drift.

Prosjektet «Karbon i jord» starta i 2020 og er en del av Trøndelag fylkeskommune sin satsing for økt fangst og redusert tap av karbon. Prosjektet har hatt som mål å formidle kunnskap om karbon i jord, få demonstrert ulike tiltak og å prøve ut tilskuddsordninger.

«Karbon i jord» er gjennomført i tett samarbeid med Norsk landbruksrådgiving Trøndelag, NORSØK, Statsforvalteren i Trøndelag og naturbruksskolene Val skoler, Mære landbruksskole, Skjetlein videregående skole og Øya videregående skole. Statsforvalteren i Trøndelag har ledet prosjektet.

Stor takk til Trøndelag Fylkeskommune og Miljødirektoratet som har finansiert prosjektet.

Data som er brukt i rapporten er innhentet og satt samme av Jørn Brønstad. Sissel Hansen har redigert rapporten og regnet statistikk. Begge har skrevet. Stor takk til Torfinn Torp, NIBIO, for tips om statistisk modell og Solrun Kolstad (NLR) og Grete Lene Serikstad (NORSØK) for gjennomlesing og kommentarer.

Steinkjer, 12.12.23

Anders Mona

Innhold

1	Innledning.....	6
2	Materiell og metode.....	7
2.1	Beregning av karboninnhold	7
2.2	Jordprøvedatabase.....	8
2.3	Definisjon av jordarter	8
2.4	Gruppering etter driftsopplegg.....	10
2.5	Antall prøver og handtering av data	10
2.6	Statistikk.....	12
3	Resultat og diskusjon.....	13
3.1	Innhold av karbon og mold i jorda	13
3.2	Mulig å øke karboninnholdet?	19
3.3	Videre arbeid.....	20
4	Konklusjon	21

1 Innledning

Det er et sterkt ønske om å lagre karbon i jorda for å bidra til å redusere global oppvarming. Et godt utgangspunkt er å vite hvor mye karbon som er lagret i jorda vår og hvordan ulike driftsmåter påvirker karboninnholdet i jorda. Fordi karbonet er en del av byggesteinene i det organiske materialet i jorda, kan vi bruke moldinnholdet i jorda til å bestemme hvor mye karbon som er lagret der. Moldinnholdet har også mye å si for jordas agronomiske egenskaper. Det er derfor stor etterspørsel etter kunnskap om hvor mye karbon som finnes i norsk jord og betydning av driftsmåten for moldinnholdet.

NLR Trøndelag lager årlig 3-4 000 gjødslingsplaner for gårdbrukere over hele Trøndelag. Gjødslingsplanen skal omfatte alt jordbruksareal som gårdbrukeren disponerer, jf. [forskrift av 22. mars 2002 nr. 283](#) om produksjonstilskudd i jordbruket. Gjødslingsplanen skal settes opp skiftevis, og skal avpasses etter jordprøveanalyser, vekst, gjødslingsnormer og forventet avlingsnivå. Ifølge forskriften skal det tas ut representative jordprøver hvert 4. – 8. år, og det skal minimum rekvireres analyser for pH, fosfor, kalium og glødetap, evt. gis en skjønnsmessig vurdering av moldinnhold. Både glødetap og moldinnhold er indirekte mål på jordas karboninnhold.

NLR Trøndelag anbefaler sine medlemmer å ta ut jordprøver hvert 6. år. Siden gjødsselforskriften ble innført er det tatt ut prøver ca tre ganger på de fleste skifter hos hver bruker. Legger vi til grunn at hver bruker i gjennomsnitt tar ut jordprøver hvert 6. år er det tatt ut mellom 70 og 100 000 jordprøver med tilhørende historiske opplysninger om vekst, gjødsling osv. fra trønderske gårdbrukere i perioden 2000-2020.

Oppdraget vårt kan oppsummeres slik: Det er ønskelig med en gjennomgang, systematisering og sammenstilling av et utvalg fra dette datamaterialet til å frambringe verdifull kunnskap om status og relative endringer over tid med hensyn til innhold av organisk materiale i jord under ulike driftsmåter og jordtyper. Dette er kunnskap man ikke har i dag, men som er svært viktig for målsettingene både for dette prosjektet og i landbrukets klimaavtale.

Mål:

Beskrive status og eventuelle endringer tilbake i tid for innhold av karbon i landbruksjord i Trøndelag. Hva betyr driftsopplegg for moldprosenten i jorda?

Følgende fire driftsopplegg er representert:

- A. Ensidig korndyrking uten tilførsel av husdyrgjødsel eller andre organiske gjødselslag
- B. Ensidig korndyrking med tilførsel av husdyrgjødsel eller andre organiske gjødselslag
- C. Korn (eller andre åkervekster) dyrka i omløp med gras/eng
- D. Fulldyrka eng/beite (inkludert gjenlegg med dekkvekst)

2 Materiell og metode

De fleste av jordprøvene som vi har samlet i en database er gjennomsnittsprøver, dvs. prøvene skal representere et bestemt område (skifte). De er tatt ut ved å gå en diagonal over området og jevnlig ta prøvestikk som blandes i en bøtte, før den helles over i prøveesken (1/2 liter). Det gjør at tidligere prøver ikke nødvendigvis kan sammenlignes med nye prøver, prøvestikkene blir tatt på forskjellige steder ulike år, noe som kan gi forskjellig innhold i prøvene fra samme område. Det har også vært en tendens til at mange tar færre prøver nå enn tidligere, skiftene slås sammen og blir større. Alle prøvene er tatt i sjiktet 0-20 cm.

Hos NLR er resultatene av jordprøvene fra første del av perioden lagra på papir, i arkivmapper for det enkelte medlem, mens det for de siste åra i all hovedsak er lagra elektronisk i «Skifteplan», programverktøyet NLR bruker i gjødslingsplanlegginga.

2.1 Beregning av karboninnhold

Fra 2006 har alle jordprøvene blitt analysert for glødetap, det vil si at deler av prøven blir varmebehandlet slik at det organiske materialet gløder bort. Leire inneholder også en del vann som er bundet til leirpartiklene. Dette fordampes også når jordprøven glødes. For å korrigere for vanntapet brukes en korreksjonsfaktor basert på leirinnhold, slik at for leirklasse 2 blir det % glødetap minus 1 for estimere % mold, for leirklasse 3 (letteire og siltig letteire) minus 2, for leirklasse 4 (mellommeire) minus 2,5 (Pommeresche & Hansen, 2023). I materialet vårt var det ingen jordprøver med høyere leirklasse enn 4. Dette er en omtrentlig metode da det er usikkert hvor mye vann som er bundet i leirpartiklene. Det vil derfor bli en del usikkerhet i bestemmelse av moldinnhold.

Vi har videre antatt at halvparten av molda består av karbon. Dette vil imidlertid også variere en del basert på jordas historie. Det er dermed noe usikkerhet knyttet til både bestemmelse av mold og karboninnhold i molda.

Jordprøvene er tatt i sjiktet 0-20 cm, det tilsvarer 200 000 dm³/daa. For å finne vekten multipliserer vi jordvolumet med volumvekt av jorda (kg/dm³). Dette er en bestemmelse som er gjort ved jordanalyselaboratoriet etter at prøven er siktet. Det er derfor også usikkerhet i bestemmelse av volumvekt. Følgende formel ble brukt for å beregne tonn karbon pr daa:

Tonn karbon/daa = ((% mold /2)/100*(200 000*volumvekt))/1 000

2.2 Jordprøvedatabase

Vi får en tekstfil fra laboratoriet med analyseverdier (Figur 1). Denne tekstfilen brukes for å lese jordprøveresultatene i gjødslingsplan-programmet som vi bruker (Skifteplan). Men vi har også et eget utviklet program, «Jordprøvetolken», som disse blir lest inn i. Da får vi ut en tolking av jordprøveresultatene som vist under. Resultatene presenteres som trafikklys som viser innholdet i/på de forskjellige analyseverdiene. Denne tolkingen blir sendt eierne av prøvene. Resultatene lagres i en database, som er brukt i denne sammenstillingen og rapporten. Vi har lagret ca 29 000 prøver i denne databasen fra tidsperioden 2006-2022.

?? ?? 9000 Norge		Kommunenr: 9999 gårdnr: 34 Bruksnr: 4		Jordprøve år: 2022 Registerings dat: 20230728 Journalnr: XXXXXXX		NLR Jordprøvetolken Norsk Landbruksrådgiving					
Prøvenr	Jordart	Moldklasse	Glødetap	Leirinnhold	Volumvekt	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	KHNO ₃
1	5 Siltig mellomсан	2 3,7% mold	4,7 % ts	2 5 - 10 %	1,2 kg/l	5,8 Middels	12 Høyt	7 Middels	4 Middels	74 Middels	-
2	5 Siltig mellomсан	2 4,4% mold	5,4 % ts	2 5 - 10 %	1,2 kg/l	5,8 Middels	7 Høyt	5 Lavt	3 Middels	63 Middels	-
3	5 Siltig mellomсан	3 5,8% mold	6,8 % ts	2 5 - 10 %	1,1 kg/l	5,5 Lavt	10 Høyt	5 Lavt	3 Middels	56 Middels	-
4	5 Siltig mellomсан	3 7,6% mold	8,6 % ts	2 5 - 10 %	1,0 kg/l	5,7 Lavt	11 Høyt	8 Middels	5 Høyt	94 Middels	-
Snitt						5,7	10	6	4	72	
Størst						5,8	12	8	5	94	
Minst						5,5	7	5	3	56	

	Gruppe 1		Gruppe 2		Gruppe 3		Gruppe 4	
	Lavt		Middels		Høyt		Meget høyt	
	fra	til	fra	til	fra	til	fra	til
pH	0	5,7	5,8	6,0	6,1	6,5	6,6	
P-AL	0	2	3	6	7	15	16	
K-AL	0	6	7	15	16	30	31	
Mg-AL	0	2	3	5	6	9	10	
Ca-AL	0	49	50	99	100	199	200	
KHno3	0	29	30	79	80	119	120	

Figur 1. Eksempel på jordprøveresultat i Jordprøvetolken.

Det ble gjort en nøye gjennomgang av databasen for å sikre at hver prøve har:

Årstall for prøveuttak

Kommunennummer, gårds-, bruks- og festenummer i uttaksåret

Disse blir brukt som koblingsnøkkel mot produksjonssøknader i de årene som jordprøvene er tatt.

2.3 Definisjon av jordarter

Når jordprøver analyseres blir jordart bestemt etter en subjektiv vurdering, der volumvekt, partikkelstørrelse, glødetap, farge og klebeegenskap er kriterier for å angi denne. De kan plasseres i 14 forskjellige grupper, se tabell 1.

For å redusere antall grupper har vi imidlertid valgt dele inn i 4 grupper. Sandjord består av jordart nr 1-6, Silt 7-8, leire 9-12 og organisk jord 13-14.

Tabell 1. Jordarter med nummer og gruppe.

Jordart nr	Jordart	Gruppe
1	Grovsand	Sand
2	Mellomsand	Sand
3	Finsand	Sand
4	Siltig grovsand	Sand
5	Siltig mellomsand	Sand
6	Siltig finsand	Sand
7	Sandig silt	Silt
8	Silt	Silt
9	Lettleire	Leire
10	Siltig lettleire	Leire
11	Mellomleire	Leire
12	Stiv leire	Leire
13	Mineralblandet moldjord (20-40 % humus)	Organisk jord
14	Organisk jord (>40% humus)	Organisk jord



Jordarten kan ha stor effekt på karbonlagring. Foto: Harald Ferstad

2.4 Gruppering etter driftsopplegg

For årene 2009-2016 har vi mottatt oversikt over søknader om produksjonstilskudd (PT) fra Landbruksdirektoratet. For årene 2017-2022 er disse hentet fra Data Norge <https://data.norge.no/>. Databasen inneholder 84 451 søknader for perioden 2009-2022. Vi har sammenstilt produksjonstilskuddsøknadene med databasen vår og gruppert etter driftsopplegg.

Vi har definert de fire driftsoppleggene som er beskrevet i målet slik:

- A minimum 85 % av areal i drift er korn, ingen registret husdyrproduksjon (kan ha mottatt biorest/husdyrgjødsel uten at det kommer frem av PT-søknad)
- B Minimum 85 % av areal i drift er korn, egen husdyrproduksjon
- C Minimum 20 % korn og minimum 20 % eng
- D Minimum 90 % er eng og innmarksbeite

Jordprøvene fra jord som faller utenom disse kriteriene, er ikke med i sammenstillingene.

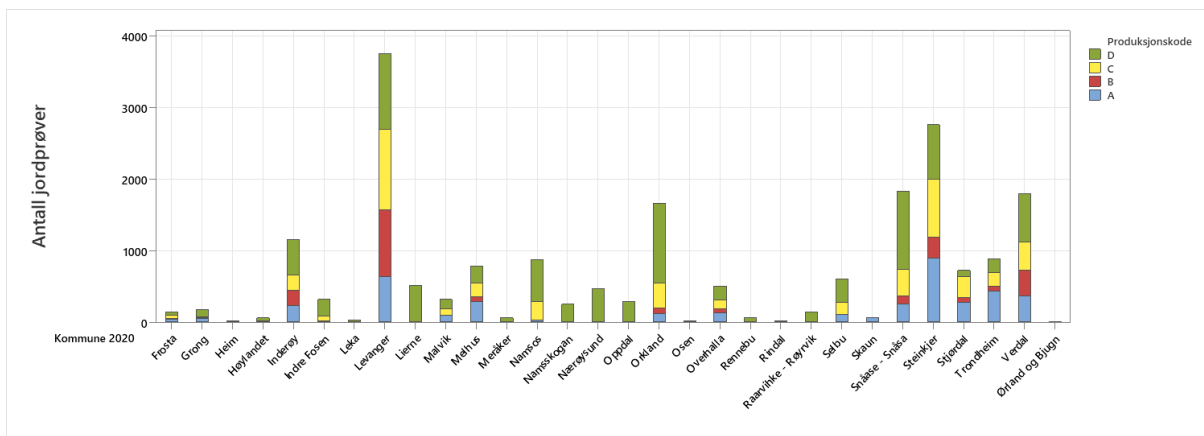


I Trøndelag finner vi områder med korn, med eng og med vekstskifte. Foto: Jørn Ketil Brønstad

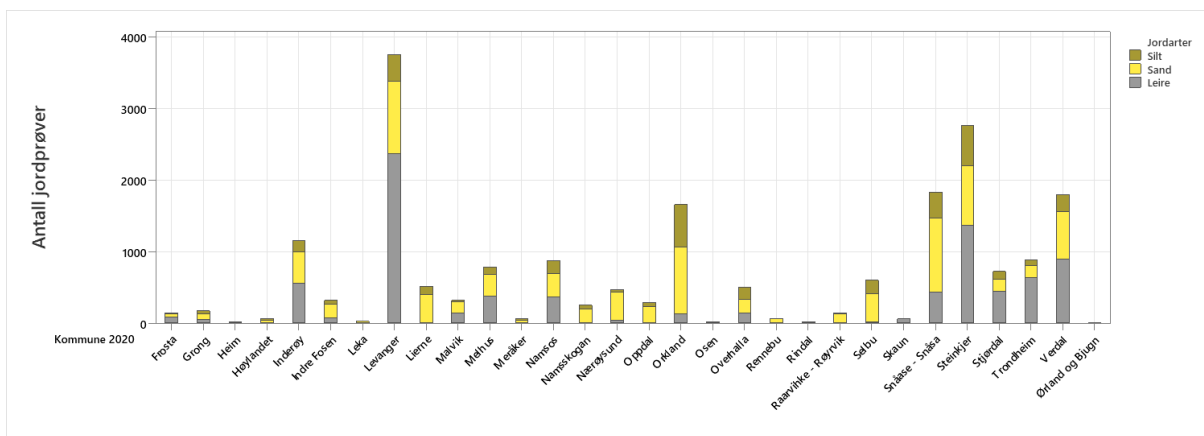
2.5 Antall prøver og handtering av data

Data fra jordprøver og PT-søknader er sammenkoblet i Microsoft Power BI. Av 29 000 jordprøver er ca 21 000 prøver koblet med kriteriekode (A-D). De 8 000 prøvene som ikke er blitt med er prøver fra tidsrommet 2006-2008. Dette er prøver som ikke har kommet inn under noen av kriteriene ovenfor, eller det er ingen PT-søknad på det gårds- og bruksnummeret som er brukt på jordprøvene. I tillegg til driftsopplegg A, B, C og D ble jordprøvene sortert etter jordart (sand, silt, leir). Prøver fra organisk jord ble tatt ut av databasen. Som stedsangivelse ble kommunenummer 2020 brukt. For eldre jordprøver ble kommunenummer på det aktuelle tidspunktet overført til kommunenummer og kommunenavn i 2020 ved hjelp av oppdatering fra Regjeringen (2020). Jordprøver fra andre steder enn Trøndelag ble tatt ut av databasen og der postnummer og sted tydet på at det var oppgitt feil kommunenummer ble det satt inn kommunenummer for 2020 som passet til postnummer og sted. Figurene 2 og 3 viser antall jordprøver med ulike driftsopplegg og jordarter fra kommunene der vi har jordprøveresultat. Figur 4 viser antall prøver fra ulike år. Figur 5 viser at det er flest prøver fra leir- og sandjord. I leirjord er det tatt ut ca like mange jordprøver fra driftsopplegg A, C og D, mens i sand- og siltjord dominerer prøver fra gårder med driftsopplegg D som er dominert av eng.

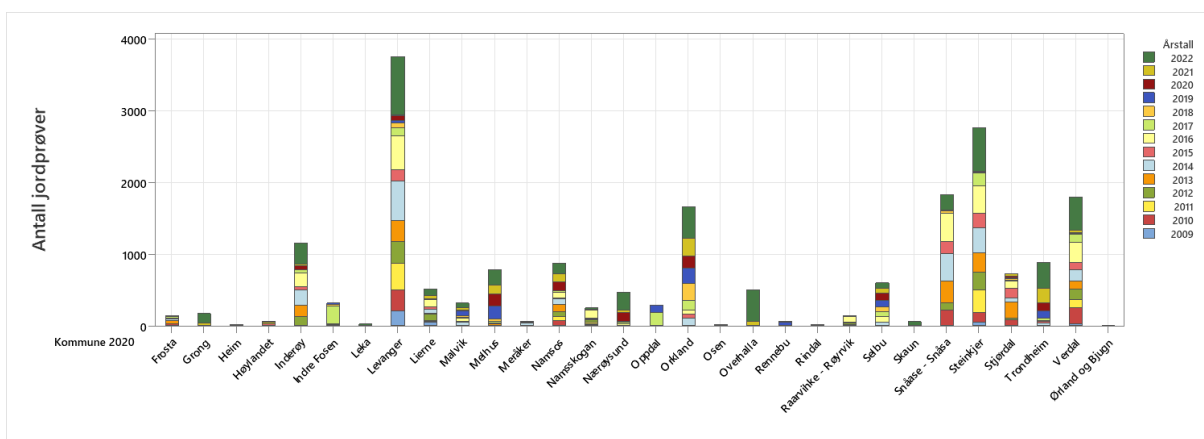
Driftsopplegg B er det minst av i alle tre jordarter. Levanger er den kommunen som har jevnest fordeling av gårder med ulike driftsopplegg.



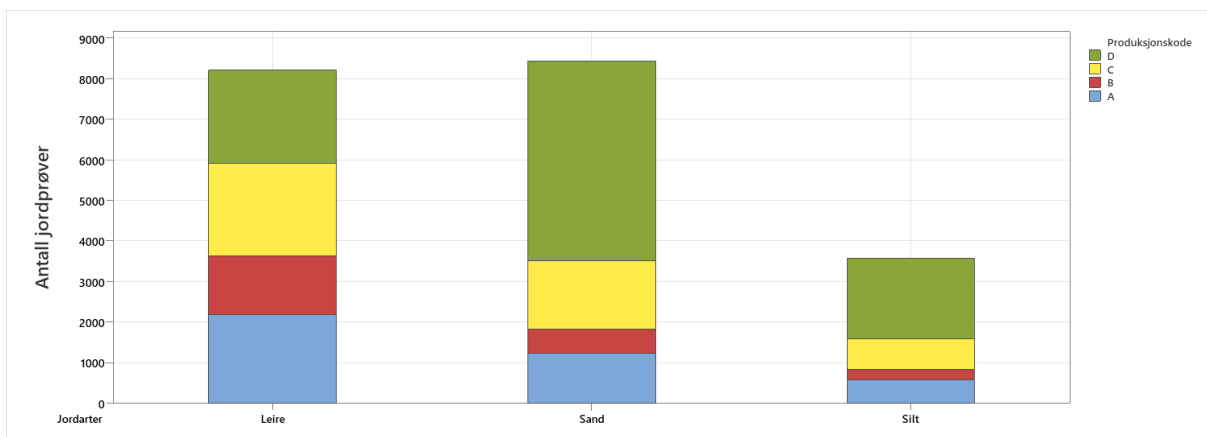
Figur 2. Antall jordprøver fra de ulike kommunene fordelt på antall prøver fra gårder med ulike driftsopplegg. Driftsopplegg A: minst 85 % korn, uten husdyr; B: minst 85 % korn, med husdyr; C: minst 20 % korn og 20 % eng; D: minst 90 % eng. Flere detaljer i kap. 2.4.



Figur 3. Antall jordprøver fra de ulike kommunene fordelt med antall prøver med leire, sand og silt.



Figur 4. Antall jordprøver fra de ulike kommunene fordelt med antall prøver fra ulike år.



Figur 5. Antall jordprøver med leire, sand og silt fordelt med antall prøver med de ulike driftsoppleggene. Driftsoppleggene er forklart under figur 2.

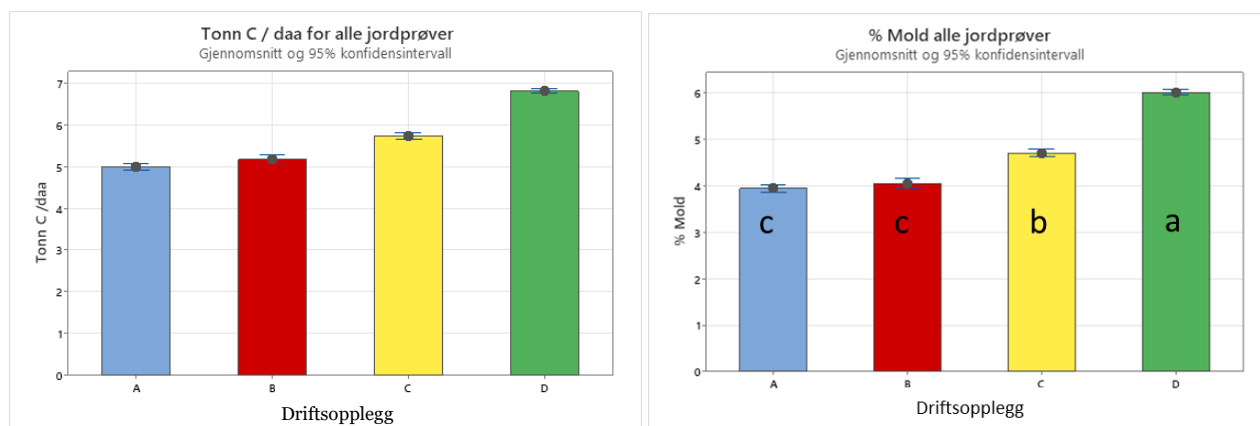
2.6 Statistikk

Vi brukte Minitab til å beregne om jordprøver fra gårder med de ulike driftsoppleggene og/eller jordartene hadde signifikant forskjellig moldprosent i jorda. Vi brukte en blandet modell med gårds-/bruksnummer og år prøven ble tatt (År innen gårds-/bruksnummer) som tilfeldige effekter. Jordart, driftsopplegg og samspill mellom de to siste var faste effekter. For å få en modell der antagelsene som ligger til grunn for konklusjonene (p-verdier etc.) er oppfylt i rimelig grad ble den originale responsvariabelen prosent mold [y] transformert slik at $y^{0.15}$ er den responsvariabelen som brukes i den statistiske modellen. Tukeys multiple sammenligningsmetode ble brukt til å identifisere signifikante forskjeller mellom jordprøver fra gårder med ulike driftsopplegg og/eller ulike jordarter.

3 Resultat og diskusjon

3.1 Innhold av karbon og mold i jorda

Det er mye karbon lagret i trøndersk jord. I denne undersøkelsen har vi funnet et gjennomsnittlig karboninnhold i jorda på rundt 5 tonn karbon per daa på gårder hvor korndyrking dominerer (driftsopplegg A,B), nærmere 6 tonn per daa på gårder med vekstskifte (driftsopplegg C) og nærmere 7 tonn på gårder med mest eng og grovfôr (Figur 6).



Figur 6. Karbon-innhold i jorda og prosent mold ned til 20 cm dyp i jordprøver fra alle kommunene som er med i undersøkelsen for driftsopplegg A, B, C, D. Der søylene ikke har samme bokstav (a,b,c) er prosent mold i jorda forskjellig for de ulike driftsoppleggene er forklart under figur 2. Antall jordprøver er 20 206.

I gjennomsnitt er det 6 tonn karbon per daa på disse gårdene i Trøndelag. Seks tonn per daa tilsvarer 22 tonn CO₂ om alt det organiske materialet blir brutt ned og karbonet blir frigjort til atmosfæren. Det er stor variasjon i karboninnhold i jorda både innafor hver jordart og innafor hvert driftsopplegg. Totalt for alle jordprøvene er det en variasjon i karboninnhold i jorda fra 0,15 til 23 tonn karbon per daa ned til 20 cm dybde. Dersom vi regner med myrjorda som ikke er tatt med når vi undersøker effekt av driftsopplegg på moldinnhold og karbonlagring, så er det lagret enda mer karbon (Tabell 2). Det er også mye karbon som lagres under 20 cm som vi ikke har regnet med her. Spesielt i dyp myr er det store mengder karbon som lagres. Grønlund & Harstad (2014) har estimert det gjennomsnittlige karboninnholdet i dyrkbar myr i Norge til 68 tonn karbon per daa, noe som tilsvarer ca. 250 tonn CO₂. Vi har også laget et anslag på hvor mye CO₂ som er lagret i trøndersk jord (Tabell 3). Dette er bare et anslag da vi ikke har prøver fra all jord og heller ikke tatt hensyn til andel jord med ulike moldinnhold, men det gir en pekepinn.

Tabell 2. Gjennomsnittlig innhold av karbon i jorda i tonn per daa ned til 20 cm, fordelt på kommunene der jordprøvene er tatt. Jordprøvene inkluderer også prøver fra myrjord.

Kommune	antall prøver	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Tonn C/daa	
Skaun	59																	2,5	2,5	
Grong	256			3,1				2,7										4,8	3,9	4,0
Melhus	867						4,6		5,8	4,6			2,4	5,2	4,4	4,6	4,6	5,2	4,7	
Verdal	2319	8,9	5,5	4,0	4,4	4,2	5,3	5,5	4,3	5,5	5,9	4,9	4,8		3,1	5,1	5,4	4,8	4,9	
Høylandet	87										5,9							4,6	5,7	5,3
Overhalla	750															2,8	3,7	5,6	5,4	
Stjørdal	885			4,5		5,3	2,5	2,9	5,9	6,2	5,6	5,8	3,8	4,9	2,1	6,2	5,5		5,6	
Meråker	87					7,3				6,4		5,2			3,5	7,0	4,8		5,7	
Trondheim	1057					4,3		5,7	5,4	8,0	4,3	5,8	6,2		5,8	5,3	5,4	6,0	5,7	
Frosta	635					6,1			7,4	5,4	4,6	6,3	9,5					5,9	6,1	
Malvik	396					6,2			5,2	6,5	6,6	7,2	5,5	6,3	6,0	6,9	6,8	5,3	6,2	
Selbu	854					0,0	6,3	7,6	6,3	6,2		6,6	6,6	6,5	5,5	6,2	6,5	5,6	6,3	
Flatanger	2			6,3															6,3	
Steinkjer	4439	5,5	6,8	6,0	7,0	7,0	6,5	6,6	6,9	6,8	6,3	6,7	6,2	5,7	5,6	3,7	7,6	5,7	6,4	
Inderøy	2034	8,1	6,5	7,3	3,0	5,9	5,9	8,1	8,4	7,5	8,1	6,8	6,2			6,8	9,3	5,9	6,4	
Snåase - Snåsa	2273	3,5	9,5			6,2	5,4	7,2	7,2	6,6	6,5	6,5		5,9		5,2		5,1	6,5	
Namsskogan	313			6,7	6,6	6,6	6,7	7,6		5,7	4,9	7,3				5,6	5,1	4,8	6,6	
Raarvihke - Røyrvik	151			3,1	9,4	3,8	7,2	4,3		3,2	6,6	8,1					2,7	5,6	6,8	
Levanger	5434	13,6	6,8	6,7	6,4	6,4	7,5	7,1	7,8	7,9	7,0	6,8	6,8	5,0	6,8	7,2	7,4	6,6	7,0	
Heim	19								9,6	7,6					6,3				7,0	
Lierne	586		4,6	4,5	6,0	4,2	5,9	7,7	11,8	6,6	9,5	6,3	6,9				8,2	6,9	7,1	
Tydal	5													7,1					7,1	
Orkland	2537				9,4	5,7	13,1	7,5	7,2	6,6	8,1	8,1	6,4	6,8	6,9	5,7	6,8	8,0	7,1	
Namsos	1425	7,6	7,0	6,7	7,1	8,8	7,7	7,6	7,6	9,5	6,3	7,1	7,4	11,9		6,8	6,9	7,1	7,5	
Rennebu	107						7,0								7,2	8,5			7,5	
Osen	23															8,0		6,7	7,6	
Rindal	20															8,2			8,2	
Oppdal	314												8,9		7,8		4,1		8,5	
Indre Fosen	356		7,5			11,1	6,2	7,1	7,1	9,8			8,8	6,5	8,8				8,7	
Leka	28																8,2	9,5	9,0	
Nærøysund	628								12,9			11,3	8,0		12,8	8,2	11,7	11,2	10,4	
Ørland og Bjugn	2							18,7											18,7	
		7,5	6,6	6,2	5,9	6,0	6,7	7,0	7,0	7,0	6,5	6,6	7,0	6,4	6,2	6,0	6,4	6,2	6,5	
Antall prøver	28948	53	291	963	1354	1619	1438	1694	2306	2777	1239	3007	1534	672	1143	1289	1310	6259		

Tabell 3. Et anslag på hvor mye CO2 som er lagret i fulldyrket jord ned til 20 cm i kommunene i Trøndelag.

Kommune nr	Kommune	Tonn C / daa	Tonn CO ₂ / daa	Areal (daa)	Millioner tonn CO ₂ lagret
5029	Skaun	2,5	9,4	27615	0,26
5045	Grong	4,0	14,7	17248	0,25
5028	Melhus	4,7	17,4	65250	1,14
5038	Verdal	4,9	18,1	77261	1,40
5046	Høylandet	5,3	19,5	18444	0,36
5047	Overhalla	5,4	19,9	43575	0,87
5035	Stjørdal	5,6	20,5	78528	1,61
5034	Meråker	5,7	21,1	8586	0,18
5001	Trondheim	5,7	21,2	60805	1,29
5036	Frosta	6,1	22,5	21986	0,50
5031	Malvik	6,2	23,1	11329	0,26
5032	Selbu	6,3	23,2	31299	0,72
5049	Flatanger	6,3	23,2	8208	0,19
5006	Steinkjer	6,4	23,6	158723	3,74
5053	Inderøy	6,4	23,6	53274	1,26
5041	Snåase - Snåsa	6,5	23,9	34432	0,82
5044	Namsskogan	6,6	24,6	6687	0,16
5043	Røyrvik	6,8	25,2	2865	0,07
5037	Levanger	7,0	25,9	123224	3,19
5055	Heim	7,0	26,1	31370	0,82
5042	Lierne	7,1	26,2	12580	0,33
5033	Tydal	7,1	26,3	7984	0,21
5059	Orkland	7,1	26,4	83282	2,20
5007	Namsos	7,5	27,6	52797	1,46
5022	Rennebu	7,5	27,9	26505	0,74
5020	Osen	7,6	28,0	7080	0,20
5061	Rindal	8,2	30,3	21614	0,66
5021	Oppdal	8,5	31,4	40423	1,27
5054	Indre Fosen	8,7	32,0	69529	2,23
5052	Leka	9,0	33,2	7444	0,25
5060	Nærøysund	10,4	38,5	45116	1,74
5057	Ørland og Bjugn	18,7	69,0	64006	4,42
Sum	Alle kommuner			1319069	34,78

Resultatene viser et høyere moldinnhold og dermed et høyere innhold av karbon i jorda der det dyrkes mest eng (Fig.6). Det samsvarer med funnene i prosjektet «Karbon til bondens beste» (Hansen m.fl. 2021) hvor gårder med og uten eng i vekstskiftet som lå nær hverandre og hadde samme jordart, ble

sammenlignet. Høyere innhold av organisk materiale i jorda på gårdene med mye eng enn der korn dominerer er også funnet i mange andre prosjekt i Norge og andre land (Serikstad m.fl. 2018; Rasse m.fl. 2019).

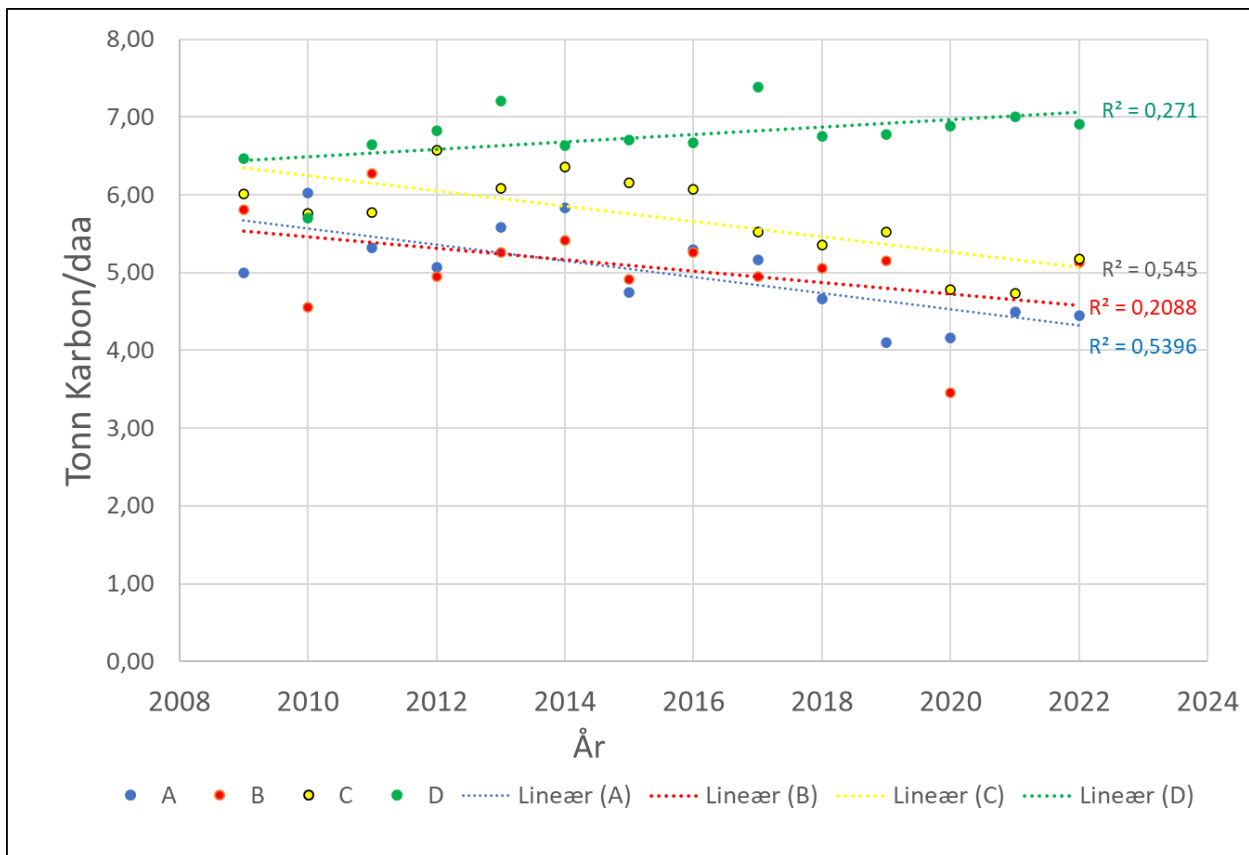
Våre funn er imidlertid også sannsynligvis påvirket av at det er vanskeligere å dyrke korn der det er vått og kaldt. I vått og kaldt klima vil innholdet av organisk materiale fra naturens side være høyere enn ved tørrere og varmere klima. Vi fant et samspill mellom jordart og driftsopplegg. Moldinnholdet i jord der det er mye eng og grovfôrdyrking er forholdsvis mye høyere i sand- og siltjord enn i leirjord (Figur 8). Det kan skyldes at noen av jordprøvene fra sand og silt er tatt i våte områder der jorda tenderer mot myr. Fordi vi ikke har klimadata knyttet til disse resultatene, kan vi ikke undersøke om dette er mer enn en spekulasjon.

For å undersøke betydningen av geografiske forskjeller der hvor jordprøvene ble tatt, ble det laget en graf bare med de kommunene hvor alle driftsoppleggene var representert (Trondheim, Melhus, Stjørdal, Levanger, Verdal, Steinkjer, Snåsa, Overhalla, Inderøy, Orkland). Det var i alt 15 799 jordprøver fra disse kommunene. Grafene avvek så lite fra resultatet for alle jordprøvene at de ikke blir vist her. Antakelig skyldes dette at det er store lokalklimatiske forskjeller innafor hver kommune. Fordi vi hadde nesten 4 000 prøver fra Levanger kommune og prøver fra alle fire driftsopplegg (se figur 2) undersøkte vi også her utslagene for driftsopplegg, men vi fant at driftsopplegg C og D bare hadde et høyere moldinnhold enn A og B i sandjord (Figur 9).

For å kunne bekrefte at det er engdyrking som er årsaken til høyere moldinnhold i jorda trenger vi jordprøverresultater fra samme sted tatt med noen års mellomrom. Det har vi ikke i denne undersøkelsen, men i framtida kan dette gjøres. I de siste årene har mye av prøvene som er blitt tatt ut koordinatfestet, da representerer prøvene et mindre område (50-100 m²). Vi bruker jordsmonnskartleggingen til NIBIO, og brukerens kjennskap til jorda, når punktene plukkes ut. Det tas en prøve per 6-10 daa. Neste gang det skal tas ut prøver brukes samme koordinater og jordprøvene vil være mer sammenlignbare. Den usikkerheten som er knyttet til korrigerer for leirinnhold i bestemmelse av prosent mold ut fra prosent glødetap blir også borte da leirinnholdet i jorda vil være det samme og det kan brukes samme korreksjonsfaktor.

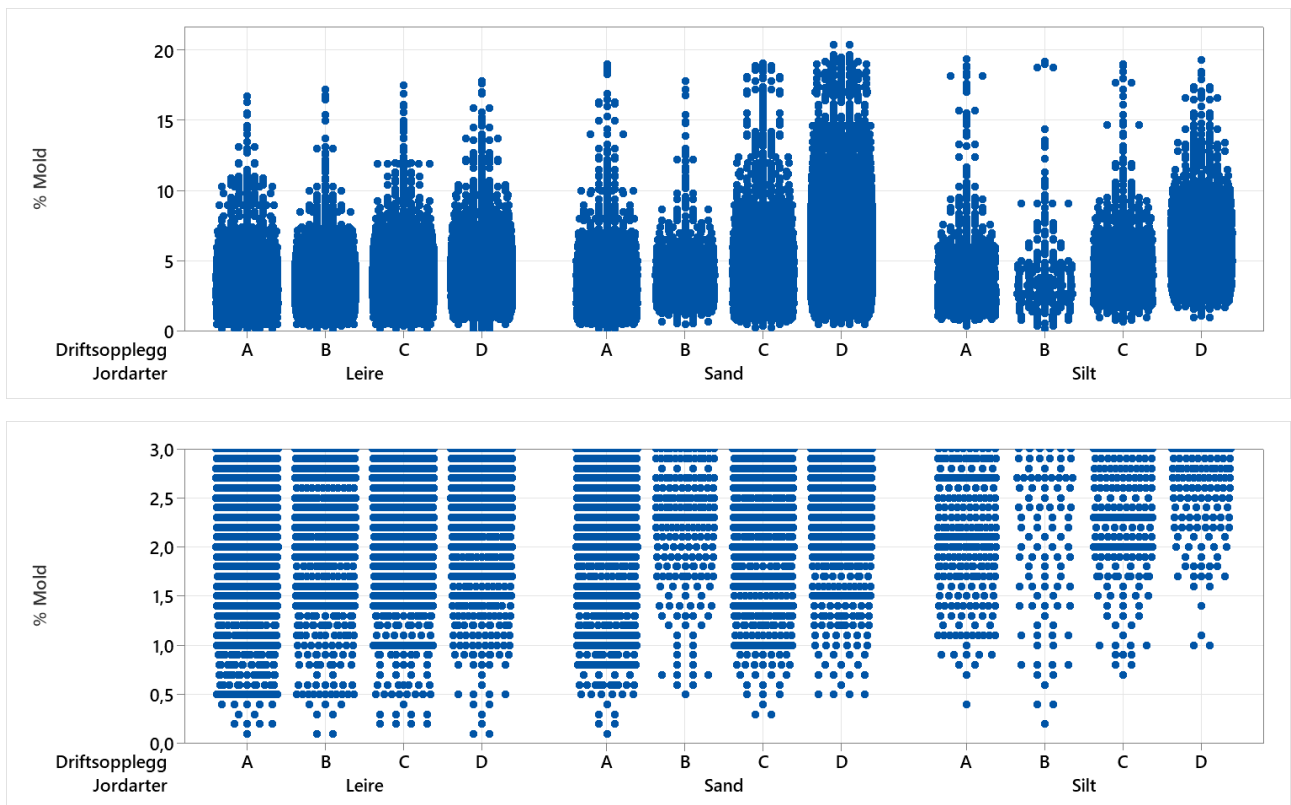
Vi prøvde å sammenligne gjennomsnittlig moldprosent for samme gårds- og bruksnummer i jordprøver tatt med minst 5 års mellomrom, men resultatene fra disse analysene gav ingen mening. Antakelig fordi de aktuelle prøvene ikke ble tatt fra samme områder begge år og det ikke var så mange jordprøver.

Ved å lage en enkel lineær regresjon over gjennomsnittlig innhold av karbon i jorda for hvert driftsopplegg fant vi en trend som støtter at driftsmetoden har påvirket innholdet av mengde karbon i jorda (Figur 7). Driftsopplegg som er dominert av engdyrking (D) viser et stabilt karboninnhold, mens i de andre er det en nedadgående trend. Fordi jordprøvene er tatt ulike steder hvert år og det er en lav determinasjonskoeffisient (R^2) er heller ikke dette et entydig bevis, men det er en tydelig trend.

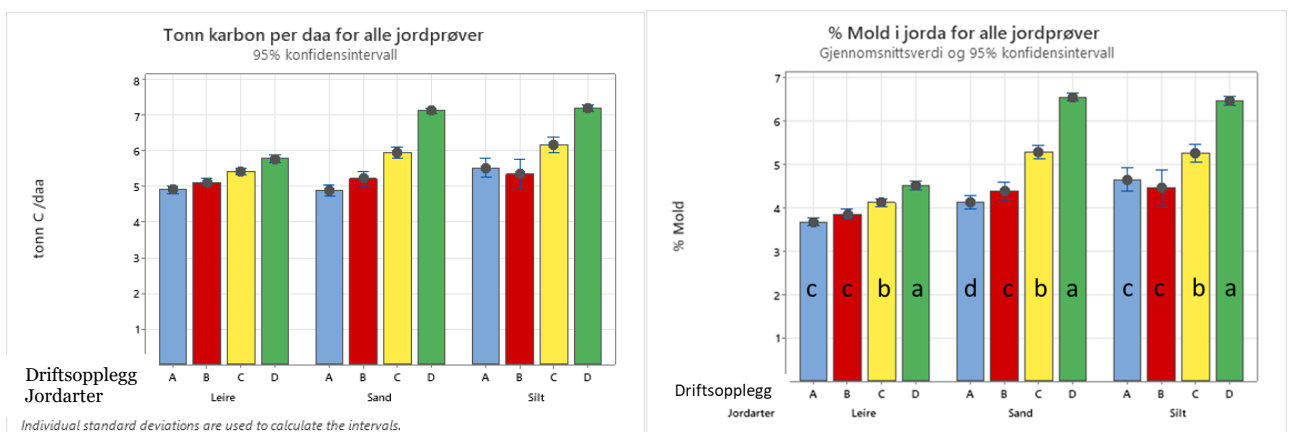


Figur 7. Gjennomsnittlig innhold av karbon per daa for ulike driftsopplegg i jordprøver tatt ulike år. Det varierer i hvilke kommuner jordprøvene er tatt og organisk jord er ikke med. Driftsopplegg A-D er forklart under figur 2.

Jordarten påvirker innholdet av mold i jorda. I våre prøver er det høyere innhold av mold i siltjord og sandjord enn i leirjord (Figur 7) med et gjennomsnittlig moldinnhold i silt- og sandjord på 5,8 % og i leirjord 4,1%. Det er imidlertid stor variasjon i moldinnholdet innafor hver jordart (Figur 8). I 474 jordprøver fant vi et moldinnhold på 1 % eller lavere. Dette omfatter 2,3 % av alle prøvene. Flest jordprøver med så lavt moldinnhold fant vi i leirjord. Her var det også 5 jordprøver med rundt 0,1 % mold. Det laveste innholdet i siltjord er 0,2 % mold. Lavt moldinnhold i leirjord skyldes nok at en del av leirjorda er planert i ei tid da molda ikke ble tatt vare på. Det tar lang tid å påvirke moldinnholdet i ei leirjord. Hvilke jorder som er planert har vi ikke oversikt over. Det er lettere å dyrke eng enn korn i ei planert leirjord med lite mold. Vi forventet derfor å finne flere jordprøver med svært lavt moldinnhold på leirjord i driftsopplegg D enn i driftsopplegg A og B, men det fant vi ikke. Det kan skyldes at enga har rukket å øke moldinnholdet i jorda på de åra som har gått siden den ble planert. Usikkerheten i hvor mye av vannet bundet til leirpartiklene betyr for bestemmelse av prosent mold vil også virke på estimert moldprosent i leirjorda. Lavt innhold i sandjorda kan skyldes at det er skarp sand med liten evne til å lagre organisk materiale. For alle tre jordarter er det også prøver med høyt moldinnhold med henholdsvis 17,8; 20,4 og 19,4 % mold i leir-, sand- og siltjord.



Figur 8. Prosent mold ned til 20 cm dyp i alle jordprøver som er med i undersøkelsen for driftsopplegg A, B, C, D og for leir-, sand- og siltjord. Øverst: Alle jordprøver, nederst: Jordprøver med 3 % mold eller lavere. I alt 50 45 jordprøver. Driftsoppleggene er forklart under figur 2.



Figur 9. Karbon-innhold i jorda og prosent mold ned til 20 cm dyp i 20 206 jordprøver fra alle kommunene som er med i undersøkelsen for A, B, C, D og jordartene leire, sand og silt. Der søylene ikke har samme bokstav (a,b,c,d) innafor samme jordart er prosent mold i jorda forskjellig for de ulike driftsoppleggene for den jordarten. Driftsoppleggene er forklart under figur 2.

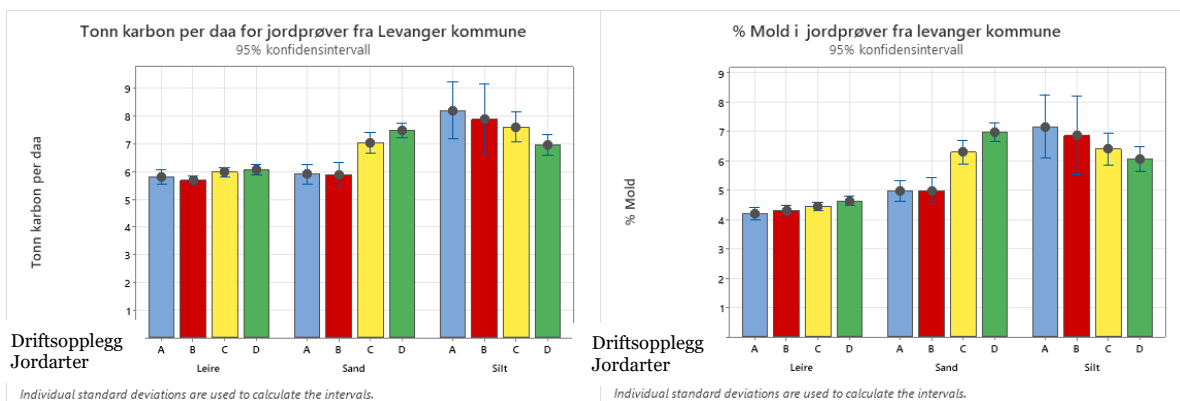


Fig.10. Karbon-innhold i jorda og prosent mold ned til 20 cm dyp i 3 744 jordprøver fra Levanger. Driftsoppleggene er forklart under figur 2.

3.2 Mulig å øke karboninnholdet?

Moldinnholdet kan økes med dyrking av eng, fangvekster, belgvekster og tilførsel av organisk materiale (Serikstad m.fl. 2018; Rasse m.fl. 2019; Magnus Land m.fl. 2021). Når jorda har nådd en metning, er det imidlertid vanskelig å øke moldinnholdet i jorda ytterligere. Det dannes en likevekt i jorda som er påvirket av jordart, leirinnhold, fuktighet og temperatur. Når temperaturen stiger, vil aktiviteten til organismene i jorda stige og mer av det organiske materialet i jorda brytes ned (Pommeresche & Riley 2018). Fordi de naturgitte forholdene varierer svært mye, er det vanskelig å oppgi en eksakt moldprosent som en grense for om det er mulig å øke moldinnholdet i jorda.

Mye av leirjorda i denne undersøkelsen har et lavt innhold av mold. Dette skyldes antakelig at mye av leirjorda i Trøndelag ble planert i perioden sist på 1960-tallet og fram til midt på 1980-tallet. På den tida ble mye av den øverste matjorda skjøvet ned i søkk i terrenget og den moldfattige undergrunnsjorda ble liggende i dagen. Når så mye som 25 % av jordprøvene har et lavere moldinnhold enn 3 % er det realistisk å kunne øke moldinnholdet og dermed karbonlagringa i denne jorda ved økende andel eng, fangvekster og tilbakeføring av organisk materiale til jorda (I. Sturite pers med. 2023). Men fordi det bare er en liten del av avlingen som går tilbake til jorda via stubb og røtter, vil det ta lang tid å øke moldinnholdet dersom det ikke gjøres spesielle tiltak (Pommeresche & Riley 2018, Rasse m.fl. 2019).

Tidligere forsker i NIBIO, Arne Grønlund, fant ved å analysere avlingsdata fra 2 600 gårder at byggavlingene var større på jord med 4.5 - 6 % mold enn på jord med lavere moldinnhold, mens det ikke var avlingseffekt av et høyere moldinnhold (referert av Riley & Bakkegard, 2006). I sand og siltig jord er det organiske materialet mindre beskyttet mot nedbryting enn i leirjord, og dermed er det vanskelig å få et like høyt innhold av mold. Samtidig trengs det ikke så mye mold i ei sandjord som i ei leirjord for å oppnå gunstig agronomisk effekt. Det vil si at jorda får en bedre struktur og vannhusholdning. De samme mekanismer som bidrar til å stabilisere det organiske materialet i leirjord gjør at det trengs et høyere moldinnhold enn i sand og siltig jord for å få gunstige effekter på aggregatdannelse og jordstruktur. I sand og siltig jord er antagelig 4 - 4,5 % mold en god verdi for å danne stabile jordaggregat. Mange og dype røtter kan være en god måte å øke moldinnholdet på i slik jord da røtter brytes mye langsommere ned enn det overjordiske plantematerialet gjør (Rasse m.fl., 2005). Kompost inneholder også mye mer stabile humuspartikler enn det fersk husdyrgjødsel gjør (Bernal m. fl. 2017).

3.3 Videre arbeid

Jordprøveresultatene som er samlet av NLR Trøndelag er et unikt materiale som kan gi mange nye innsikter. Det er mulighet til å hente inn opplysninger om når jorda er planert, og hvordan denne er utført, og om matjordlaget er kjørt til sides før planeringen startet og tilbakeført etter utført planering. Det er dermed mulig å sammenligne karboninnhold i jord planert på ulik måte og med jord som ikke er planert.

Det er også mulig å hente inn klimadata og koble denne opp mot jordprøveresultat og geografi, for å få sett på klimaets innvirkning på tap/lagring av karbon. Ved å kunne korrigere for planering og klima er det lettere å få fram effekter av driftsopplegg i en senere undersøkelse. I datamaterialet er det også oppgitt innhold av kalium, fosfor, magnesium og kalsium i jorda. Dette kan gi mulighet til å se langtidseffekter av vekstskifte, gjødsling og jordarbeiding på tilgjengelig næring i jorda.



Samspill et jord, planter og organismer er grunnlaget for all karbonlagring i jorda. Her er det mer å finne ut enn det vi kunne gjøre i dette lille prosjektet. Foto: NORSØK

4 Konklusjon

Selv om vi har hatt et stort datamateriale har vi ikke funnet statistisk sikre utslag for endring av karbon over tid. Trenden er at det er kun driftsopplegg med mye eng som har et stabilt karboninnhold i jorda. Som forventet har vi funnet høyest innhold av mold og dermed karbon i driftsopplegg med mye eng, uavhengig av jordart.

Referanser

Bernal, M.P., Sommer, S.G., Chadwick, D., Qing, C., Guoxue, L. & Michel, F.C. 2017. Current Approaches and Future Trends in Compost Quality Criteria for Agronomic, Environmental, and Human Health Benefits. *Adv. Agron.* 144, 143–233. <https://doi.org/10.1016/BS.AGRON.2017.03.002>

Data Norge <https://data.norge.no/>

Grønlund, A. & O.M. Harstad 2014. Klimagasser fra jordbruket. Kunnskapsstatus om utslippskilder og tiltak for å redusere utslippene. *Bioforsk Rapport (9) 11*, 51 s.

Land, M. m.fl. 2021. Växtföljders påverkan på inlagring av organiskt kol i jordbruksmark. En systematisk översikt och samhällsekonomisk analys. FORMAS, Stockholm.

<https://formas.se/download/18.453f3191784aec71fd3e990/1622192325983/f1-2021-vaxtfoljders-paverkan-pa-inlagring-av-organiskt-kol.pdf>

Regjeringen 2020. Nye kommune- og fylkesnummer fra 2020.

<https://www.regjeringen.no/no/tema/kommuner-og-regioner/kommunestruktur/nyekommuneogfylkesnummer/id2629203/?expand=factbox2629210>

Pommeresche, R. & Riley, H. 2018. Forskeren forteller: Karbonlagring i jord er avhengig av både planter og jordliv. *Forskning.no*. <https://forskning.no/forskeren-forteller-jord-og-skog-klima/forskeren-forteller-karbonlagring-i-jord-er-avhengig-av-bade-planter-og-jordliv/280099>

Pommeresche, R. & Hansen, S. 2023. Kalkulator for karbonmengde i jord.

<https://www.agropub.no/fagartikler/kalkulator-for-karbonmengde-i-jorda>

Rasse, D. , I. Økland, T. G. Bárcena, H. Riley, V. Martinsen, I. Sturite, E. Joner, A.O'Toole, S. Øpstad, T. Cottis & A. Budai 2019. Muligheter og utfordringer for økt karbonbinding i jordbruksjord. *NIBIO rapport nr ??VOL 5*, 95 s.

Riley, H. & Bakkegard, M. 2006. Declines of soil organic matter content under arable cropping in southeast Norway. *ACTA Agric. Scand. Sect. B-SOIL PLANT Sci.* 56, 217–223.

Serikstad, G. L., Pommeresche, R., McKinnon, K. & Hansen, .S. 2018. Karbon i jord – kilder, handtering og omdanning. *NORSØK rapport, VOL 3, nr. 9*, 60 s.



Norsk senter for økologisk landbruk, NORSØK er ei privat, sjølvstendig stifting.

Stiftinga er eit nasjonalt senter for tverrfagleg forskning og kunnskapsformidling for å utvikle økologisk landbruk. NORSØK skal bidra med kunnskap for eit meir berekraftig landbruk og samfunn. Fagområda er økologisk landbruk og matproduksjon, miljø og fornybar energi.

Besøks- /postadresse

Gunnars veg 6
6630 Tingvoll

Kontakt

Tlf. +47 930 09 884
E-post: post@norsok.no
www.norsok.no