



**NIBIO**

NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

NIBIO RAPPORT | NIBIO REPORT

**VOL.: 2, NR.: 151, 2016**

## Feltundersøkelser av jordegenskaper, vegetasjon og overflatetilstand i Gryteland



INGA GREIPSLAND, SIGRUN KVÆRNØ, RIKARD PEDERSEN  
NIBIO Miljø og naturessurser

## TITTEL/TITLE

FELTUNDERSØKELSER AV JORDEGENSKAPER, VEGETASJON OG  
OVERFLATETILSTAND I GRYTELAND

## FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

INGA GREIPSLAND, SIGRUN KVÆRNØ, RIKARD PEDERSEN

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKT NR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
20.12.2016	2(151) 2016	Åpen	8278.2	16/2179
ISBN-NR./ISBN-NO:	ISBN DIGITAL VERSJON/ ISBN DIGITAL VERSION:	ISSN-NR./ISSN-NO:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-01756-1		2464-1162	27	0

## OPPDRAGSGIVER/EMPLOYER:

Landbruks- og matdepartementet

## KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

-

## STIKKORD/KEYWORDS:

Jordegenskaper, jordtap, vegetasjonsdekke,

Soil properties, soil loss, land use

## FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Jordressurser og arealbruk

Soil science

## SAMMENDRAG

Rapporten presenterer resultater av en feltundersøkelse der hensikten har vært å kvantifisere romlig og temporær variasjon i utvalgte jordegenskaper og egenskaper knyttet til overflatetilstand og vegetasjonsdekke. Feltundersøkelsen ble gjennomført i det lille nedbørfeltet Gryteland i Ski kommune. Mettet vannledningsevne, målt i laboratoriet på uforstyrrede jordsylindre, var i størrelsesorden 10-80 cm/t på åpen åker, mens det i skogen var ca. 10 ganger høyere. Det var ingen tydelige forskjeller i Ksat mellom jordtyper eller over tid. Kohesjonen på åpen åker var i størrelsesorden ca. 30-60 kPa. Aggregatstabilitet på lettleire og mellomleire ble målt ved ett tidspunkt med tre ulike metoder, og var i størrelsesorden 40-50 % for regnsimulator, nesten 100 % ved våtsikting, og 30-160 dråper ved WDI-metoden. Overflateruhet viste lite forskjell mellom arealbruk (åpen åker, grasdekt kantsone, skog) i vekstsesongen (RR ca. 0,6) men høyere verdier på åpen åker rett etter jordarbeiding enn gjennom vekstsesongen (RR over 1). Mannings`n var omtrent dobbelt så høy i den grasdekte kantsonen som i åpen åker. Bestandshøyden i korn var på over 50 cm allerede midt i juni, og økte til omtrent en meters høyde mot slutten av vekstsesongen. Bladarealindeksen LAI var i størrelsesorden 2-4 i løpet av den aktuelle vekstsesongen.

## LAND/COUNTRY:

Norge

## FYLKE/COUNTY:

Akershus

## KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Ski

## STED/LOKALITET:

Gryteland

GODKJENT /APPROVED

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER



---

JANNES STOLTE

---

SIGRUN KVÆRNØ



**NIBIO**  
NORSK INSTITUTT FOR  
BIOØKONOMI

# FORORD

Dette arbeidet ble finansiert av Landbruks og matdepartementet (LMD) gjennom prosjektet Catchy (*Catchment processes, hydrology and water quality in a future climate; implications for agriculture and water resources management*). Prosjektet fokuserer på økt kunnskap om jordbrukets påvirkning på vannkvalitet i dag og i fremtiden. Arbeidspakke 2 «small scale processes» har hatt ansvaret for undersøkelsene i Gryteland, Ski. Videre ønsker prosjektet å modellere hvordan avrenning fra jordbruket endres i et endret klima. Data fra undersøkelsene i Gryteland er verdifulle for å kunne kalibrere modeller som LISEM, SWAP, etc.

Arbeidet er utført av Inga Greipsland, Sigrun Kværnø, Rikard Pedersen, Jannes Stolte og Geoff Kramer ved NIBIO, studentene Anne Schuls, og Ton van der Linden, fra Wageningen Universitet, Nederland og Isabel Febra fra Aveiro Universitet, Portugal. I forbindelse med arbeidet skrev Anne Schuls en masteroppgave om aggregatstabilitet, mens Ton van der Linden skrev en masteroppgave om Manning`n, resultatene er gjengitt her.

Ås, 20.12.16

Inga Greipsland

# INNHOOLD

1	INNLEDNING .....	6
2	MATERIALER OG METODER .....	8
2.1	Feltbeskrivelser .....	8
2.2	Felt- og laboratoriearbeid .....	10
2.2.1	Basis jordegenskaper .....	11
2.2.2	Stabilitet: skjærfasthet og aggregatstabilitet .....	11
2.2.3	Mettet vannledningsevne (Ksat).....	12
2.2.4	Vegetasjon .....	13
2.2.5	Overflateruhet .....	13
2.2.6	Mannings n .....	14
2.3	Statistikk .....	14
3	RESULTATER .....	15
3.1	Kornfordeling og kjemiske egenskaper .....	15
3.2	Variasjon i jordegenskaper i tid og rom .....	16
3.2.1	Kohesjon .....	16
3.2.2	Aggregatstabilitet .....	16
3.2.3	Mettet vannledningsevne (Ksat).....	17
3.3	Variasjon i overflatetilstand i tid og rom.....	18
3.3.1	Vegetasjon .....	18
3.3.2	Overflateruhet (RR).....	20
3.3.3	Mannings n .....	21
4	DISKUSJON.....	22
5	OPPSUMMERING.....	24
	REFERANSER.....	25

# 1 INNLEDNING

Avrenning, erosjon og næringsstofftap avhenger av flere faktorer, der de viktigste på overordnet nivå er været, terrenget, jordegenskapene og overflatetilstanden. Det er været som driver avrenningsprosessene, gjennom nedbør, snøsmelting, fryse-tineprosesser, intersepsjon og fordamping. Terrenget er med på å bestemme hvor raskt vann og medfølgende partikler og stoffer strømmer, og hvor mye som samler seg hvor i landskapet. De hydrauliske jordegenskapene, som har med jordstruktur og poresystem å gjøre, påvirker hvordan vannet fordeler seg på overflateavrenning, avrenning gjennom eventuelle drensør og perkolasjon til grunnvann, hvor mye vann plantene får tak i, og omsetning og transport av næringsstoffer. Jordas vanninnhold har også direkte innflytelse på jordas stabilitet, som er avgjørende for hvor motstandsdyktig jorda er mot løsrivelse av partikler (eroderbarhet). Overflatetilstanden bidrar til å modifisere strømningsforholdene og eroderbarheten: Et godt utviklet plantedekke beskytter mot dråpenedslag og strømmende vann og holder jorda fast med rotsystemet, overflateruhet/mikrotopografi bestemmer hvor mye vann som kan lagres på overflata og kan dermed påvirke hvor mye vann som infiltrerer eller renner av på overflata. Alle disse faktorene varierer fra sted til sted, og, med unntak av terrenget, også gjennom året.

For å forstå og kvantifisere hvordan avrenningsprosessene i et gitt område responderer på f.eks. klimaendringer og arealbruksendringer, og for å kunne estimere effekter av tiltak mot forurensning, bruker vi i dag gjerne ulike typer modeller. De enkleste modellene bygger på enkle empiriske sammenhenger, og utelater ofte en eller flere av de faktorene som spiller inn. De mer komplekse modellene på sin side, forsøker å inkludere så mye informasjon som mulig, og søker å beskrive de fysiske prosessene som forårsaker avrenning, løsrivelse av partikler og mobilisering/immobilisering og transport av løste og partikkelbundne stoffer. Disse prosessbaserte modellene kan brukes til helt andre og flere formål enn de enkle modellene, og i *prinsippet* med lavere usikkerhet i resultatene.

Prosessbaserte modeller krever mye mer detaljerte inputdata enn enkle modeller. Jo mer adekvate inputdata man har, og jo bedre kvaliteten på disse er, jo mindre blir usikkerhetene i beregningene. Terreng- og klimadata er i dag relativt enkelt å få tak i for store deler av landet, mens data for jordegenskaper og overflatetilstand er mangelfulle. Det nasjonale jordsmonnkartet (der dette fins) og den bakenforliggende jordsmonndatabasen gir god innsikt i statiske basisegenskaper som kornfordeling/teksturklasse og moldinnhold på ulike jordtyper. Disse kildene inneholder derimot ingen kvantitative data for jordas hydrauliske egenskaper og stabilitet. Dette kan løses ved å bruke «pedotransferfunksjoner», men disse har en tendens til å «glatte ut» romlig variasjon og representerer per i dag heller ikke den temporære variasjonen. Det har vært gjort en del undersøkelser på temaet romlig variasjon i jordegenskaper i Norge, mens tidsaspektet og betydningen av dette i modelleringsammenheng, har blitt studert i liten grad. Det samme gjelder «overflatetilstanden» - f.eks. er det nesten ikke kvantitative data å oppdrive for sesongvariasjoner i parametre som bladarealindeks, plantedekkets dekningsgrad, m.fl.

I denne rapporten presenterer vi resultater av en feltundersøkelse der hensikten har vært å kvantifisere romlig og temporær variasjon i jordegenskaper som vannledningsevne, aggregatstabilitet og kohesjon, og egenskaper knyttet til overflatetilstand, så som plantebestandens

høyde, dekningsgrad og bladareal, overflateruhet og motstand mot overflateavrenning (Mannings n). Hensikten med undersøkelsen har vært å få mer kunnskap om graden av variasjon i de ulike parameterne, og å skaffe tilveie mer detaljerte inputdata til prosessbaserte modeller. I denne studien har den episodebaserte erosjonsmodellen Limburg Soil Erosion Model, LISEM (De Roo, et al., 1996, Jetten, 2002.) dannet grunnlag for valg av måleparametre. Undersøkelsene er i størst mulig grad utført i samsvar med metodene beskrevet i Hessel, m.fl. (2003). Studien er gjennomført i et avgrenset område på Sørøstlandet, der det allerede har vært gjennomført mange andre forskningsprosjekter, slik at det også er tilgjengelig flere typer data for området.



## 2 MATERIALER OG METODER

### 2.1 Feltbeskrivelser

**Skuterudfeltet** er 4500 daa og ligger mellom 90 og 150 m.o.h. i kommunene Ås og Ski i Akershus (figur 1 og 2). Normal gjennomsnittstemperatur i området (Ås) er 5,3 °C, mens normal årsnedbør er 785 mm. Feltet har bølgende terreng. Hellingene er brattest (opptil 30 %) i de østre og vestre delene av feltet, mens områdene nærmest bekken og i sør er flatere. Arealbruken fordeler seg med 60 % jordbruksareal, 31 % skog, 2 % skogkledd myr, og 7 % boligområde/veier. I skogen er det ca. 50 % barskog (gran, furu), 30 % løvskog og resten blandingsskog. Det dyrkes hovedsakelig korn i feltet, med innslag av eng, oljevekster og potet. Midt i feltet er det et beiteområde.

Skuterud ligger under marin grense, og domineres av havavsetninger og strandavsetninger/strandvasket morene. På tvers av feltet går randmorener som er del av «Raet». Jordsmonnet på dyrka mark i feltet ble kartlagt av daværende Norsk institutt for jord- og skogkartlegging (NIJOS) tidlig på 1990-tallet. Jordsmonnskartet for Skuterud inneholder 34 lokale jordserier, fordelt på en rekke klasser i kartleggingssystemet World Reference Base for Soil Resources. De mest utbredte jordtypene er dannet på havavsetninger, har teksturen siltig lettleire og siltig mellomleire, og er klassifisert som Albeluvisols og Stagnosols. Strandavsetningene har hovedsakelig teksturene sand og siltig sand, og er klassifisert som Arenosols, Umbrisols, Podzols, Cambisols, og Gleysols. Lettleirer er ofte å finne i overgangssonene mellom hav- og strandavsetninger. De WRB-klassene som har størst utbredelse i Skuterud, er Endostagnic Albeluvisols, Luvic Stagnosol (Siltic) og Endostagnic Cambisol (Dystric).

Vannføring og vannkvalitet (konsentrasjoner av suspendert stoff, fosfor, nitrogen, m.fl.) er blitt overvåket ved utløpet av Skuterudfeltet siden 1993, som del av overvåkingsprogrammet Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA) (Hauken m.fl. 2016). I 2008 ble det anlagt en mindre målestasjon i den sørøstlige delen av Skuterudfeltet – Gryteland (Kramer et al., 2009), se neste avsnitt.



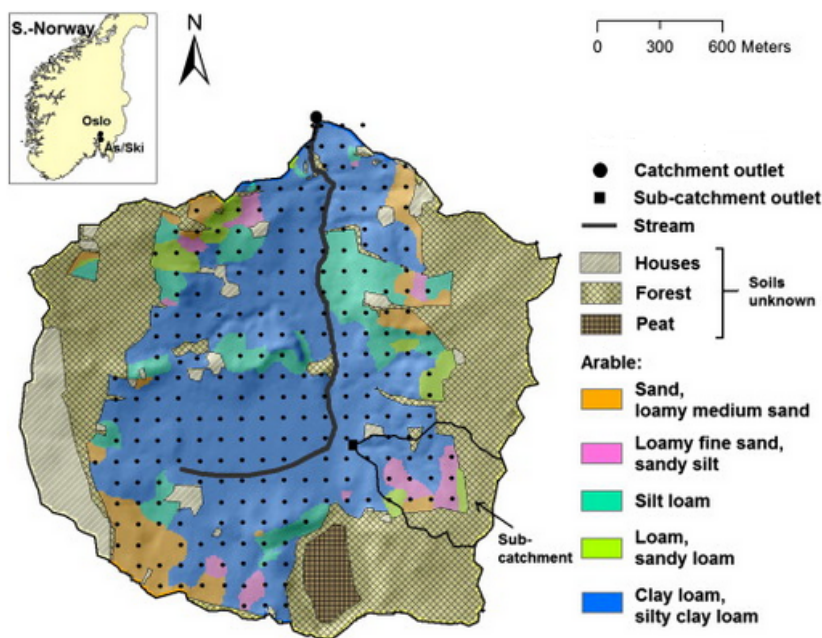
Figur 1. Skuterudfeltet i Ås, Akershus. Foto. Marit Hauken.



**Gryteland** ligger i den sørøstlige delen av Skuterud, i Ski kommune. Feltet har et areal på 273 daa og består av 54 % jordbruksareal, 45 % skog og 1% boligområde/veier. Vanlige vekster i feltet er havre, bygg og hvete. Mht. topografi, geologi og jordsmonn, likner Gryteland på Skuterudfeltet for øvrig, med noe større andel strandavsetninger og mindre andel flate arealer. Feltet har et drag (vannvei) der overflateavrenning kan akkumulere.

Jordsmonnkart fra 2012 viser at på dyrka mark er de viktigste WRB-klassene Albeluvisol, Umbrisol og Cambisol, med innslag av noe planert jord, Gleysol og Stagnosol. Tekstur varierer fra siltig sand i øvre del og langs skogen i sør og øst, til siltig lettleire og siltig mellomleire midt i feltet, mot nord og ned mot målestasjonen. Jorda er stort sett moldholdig, med noen unntak øverst ved skogen (moldrikt) og noe lavere i nedre del der det er bakkeplanert. Naturlig dreneringsgrad på leirjorda er dårlig, på sandjorda dårlig eller moderat god. De viktigste WRB-klassene i skogen er Podzol og Gleysol, med innslag av Cambisol, Albeluvisol, Leptosol og Stagnosol. Teksturen er hovedsakelig siltig sand, noen steder med stor andel grovere fragmenter som grus, stein og blokk. Noe lettleire forekommer også. Topplaget består vesentlig av et tynt A-sjikt, men enheter med torvlag eller strø forekommer også. Hele 40 % av arealet har jorddybde mindre enn 100 cm. Naturlig dreneringsgrad varierer fra god via moderat god til dårlig.

I 2008 ble det anlagt en målestasjon i utløpet av dette feltet der det registreres grøfteavrenning og overflateavrenning, og med mulighet til å hente ut vannprøver med en ISCO-prøvetaker. I feltet er det også fem stasjoner som registrerer jordfuktighet og jordtemperatur ved tre ulike dybder i jordprofilene. I perioden 2014-2015 ble det dyrket havre i hele arealet til Gryteland.

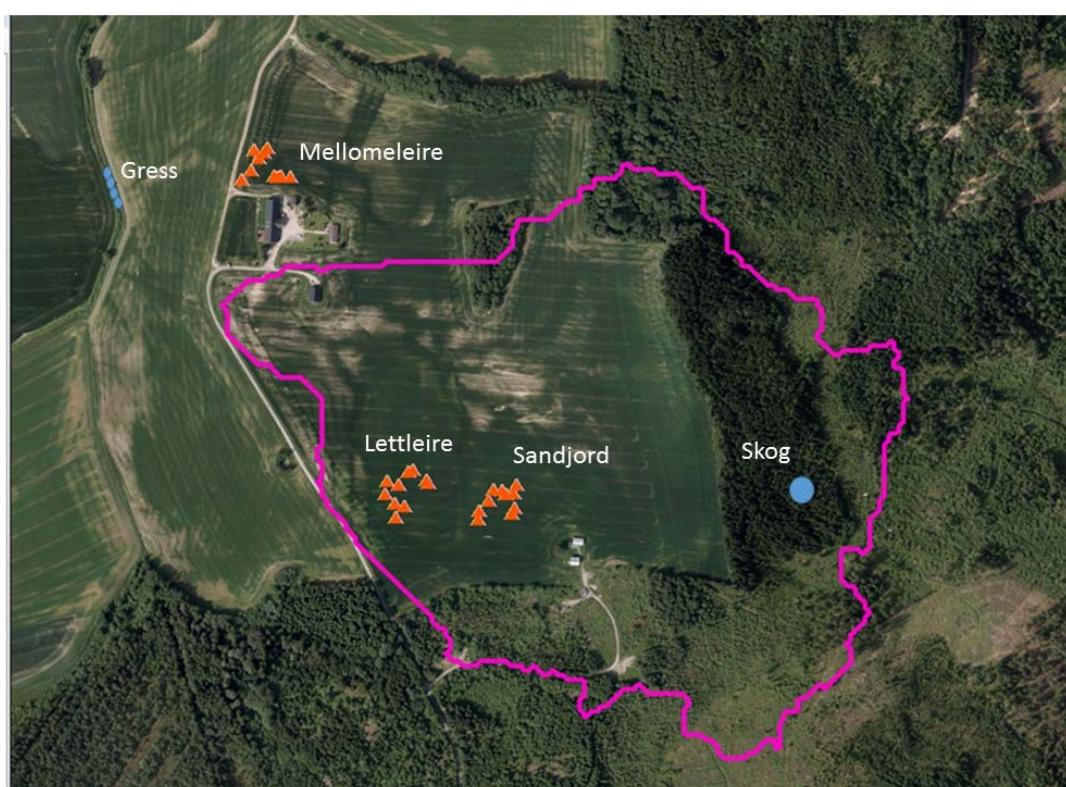


Figur 2. Nedbørfeltet til Skuterud og Gryteland (sub-catchment) med arealfordeling (Kværnø, 2011).

## 2.2 Felt- og laboratoriearbeid

Fem lokaliteter ved Gryteland ble undersøkt i feltarbeidet i 2013/2015; jordbruk på sandjord, jordbruk på lettleire, jordbruk på mellomleire, skog på sandjord og en grasdekt kantsone på mellomleiren. Kart over området, med prøvepunkter, er vist i figur 3. Ved alle lokaliteter unntatt den grasdekte kantsonen, ble prøvestedene valgt ut ved å avgrense et 50 x 50 m område. Deretter ble 10 koordinater definert ved å generere 10 tilfeldige tall for x- og y-koordinater i firkanten. I den grasdekte kantsonen ble 10 tilfeldige punkt generert langs en linje.

Tabell 1 viser en oversikt over hvilke parametre som er målt og/eller prøvetatt, ved hvilken lokalitet og når. Målemetoder beskrives i de følgende avsnittene.



Figur 3. Prøvelokaliteter i og ved Gryteland.

Tabell 1. Dato for prøvetaking, overflatetilstand og parametere prøvetatt/målt i Gryteland. Lokalitet S = sand, LL = lettleire, ML = mellomleire, KS = kantsone, SK = skog. Parametre Coh = kohesjon, Ksat = mettet vannledningsevne, Moi = jordfuktighet, RR1 = overflateruhet med kjetting, RR2 = overflateruhet med pinboard, PH = bestandshøyde, LAI = bladarealindeks, Pcov = dekningsgrad av plantebestand.

Runde	Dato	Lokalitet	Overflate-tilstand	Parametere
1	17.-18. juni 2014	S+LL+ML	Vårsådd	Coh, Moi, PH, Pcov, RR1, LAI, Ksat
2	1. juli 2014	SS+LL+ML	Vårsådd	Coh, PH, Pcov, LAI
3	29.-30. juli 2014	S+LL+ML	Vårsådd	Coh, Moi <sup>1</sup> , PH, Pcov, LAI
4	20.-22. aug. 2014	SS+LL+ML	Stubb	Coh, Moi, PH, Ksat
5	24.-30. sep. 2014	S+LL+ML+KS	Harvet/gras	Coh <sup>2</sup> , Moi <sup>2</sup> , RR, Ksat
6	09.-10. apr. 2015	S+LL+ML+KS	Harvet/gras	Coh, Moi, Ksat
7	13.-15. mai 2015	S+LL+ML+KS	Vårsådd	Coh, Moi, Ksat
8	02. juli 2015	SS+LL+ML	Vårsådd	RR
9	02. juli 2015	SK	Skog	moi, coh, lai, PH, Ksat
10	01.-02. okt. 2015	LL+S+SK+KS	Harvet/Gras	RR

<sup>1</sup> Ikke på ML, <sup>2</sup> Ikke på LL

### 2.2.1 Basis jordegenskaper

Det ble hentet jordprøve ved alle lokaliteter den 25. september 2015. Dette ble i etterkant analysert av Eurofins for kornfordeling, organisk karbon og utvalgte kjemiske jordegenskaper.

### 2.2.2 Stabilitet: skjærfasthet og aggregatstabilitet

Ved hver prøverunde ble det brukt et vingebor med fire blad, 2 cm i diameter og 4 cm lang, til å undersøke skjærfasthet, som representerer **kohesjon (Coh)**, og en fuktighetsmåler for å registrere **jordfuktighet (Moi)**. Hver måling ble utført 3-5 ganger ved hvert tidspunkt og hvert punkt.

Det ble tatt ut prøver til **aggregatstabilitet (AS)** i 5 av punktene i lettleiren og 5 av punktene i mellomleiren. De 5 prøvepunktene i hver jordtype ble blandet for å få et stort nok prøvevolum. Aggregatstabilitet ble målt med tre ulike metoder; Våtsikting, drypp-metoden (WDI) og regnsimulator, og beskrevet i Schuls (2016).

### 2.2.3 Mettet vannledningsevne (Ksat)

En 10 cm plastsylinder ble slått ned i jorden ved hjelp av en metall-bunn spisset nederst og en topp med håndtak (figur 4). Plastsylinderen ble deretter gravd ut, det ble satt på lokk og prøven ble fraktet til laboratoriet og lagret kjølig.

Jordsyldrene ble gradvis mettet fra bunnen i et «vannbad», i 1-2 døgn. Bunnen av sylindrene ble dekket av et tøystykke. De mettede sylindrene ble så plassert i en trakt og vann ble infiltrert gjennom jordprøven ved å ha en konstant høyde med vann som dekket jorden i sylinderen (figur 4). Mengde vann ut av sylinderen ble samlet opp, tiden ble notert og vannet veid for å beregne infiltrasjonshastigheten. Når infiltrasjonshastigheten var stabil, ble Ksat beregnet etter følgende likning 1:

$$K = (Q/At) \times (L/\Delta H) \quad (1)$$

der K= vannledningsevne, Q = vannvolum i målebeger, A = arealet til jordoverflaten, t = tid, L = prøvens lengde,  $\Delta H$  = gradient, høydeforskjell mellom vann inn og ut (topp vannoverflate og bunn sylinder).



Figur 4. Apparat (t.v.) for måling av mettet vannledningsevne på uforstyrta jordsylindre som er tatt ut i felt (t.h.). Foto. Inga Greipsland



## 2.2.4 Vegetasjon

**Plantehøyde (PH)** ble målt 3-5 ganger ved hvert prøvepunkt med en målestokk. Målingene ble utført fra bakken til høyeste punkt på veksten.

**Dekningsgrad av vegetasjon (Cov)** ble estimert ved å ta et bilde av prøvepunktet rett ovenfra. Weedcer algoritmen, som ble utviklet for å skille «broadleaf» weeds fra korn (Berge et al., 2012) ble testet for å beregne total grønn dekningsgrad i bildene. Algoritmen bruker filformatet ppm som input og de originale bildene ble derfor konvertert fra jpeg til ppm-formatet med programvaren IrfanView. Resultat fra analysen av Weedcer ble rundet til nærmeste heltall. Programvaren Weedcer er spesialdesignet for å estimere dekningsgrad av plantemateriale på et relativt tidlig utviklingsstadium i korn, dvs. korn med ca. 4 blad. Det ble tatt bilder den 14.06.2014, 1.07.2014 og den 29.07.2014.

**Bladarealindeks (LAI)** ble målt med instrumentet LAI-2000 og varierte fra 0 (ingen synlig himmel) til 1 (ingen vegetasjon). LAI 2000 bruker en optisk sensor (148° synsfelt) som måler fraksjonen av himmelen som ikke er blokkert av vegetasjon i 5 retninger. Hvor mye stråling som holdes tilbake av vegetasjonen bestemmes av løvverkets orientering, løvverkets tetthet og reiselengden for strålingen. En måling ble gjort over vegetasjonen og 5-10 målinger ble deretter gjort under vegetasjonen, LAI ble så beregnet av LAI 2000. Avlesninger skal skje i uniforme lysforhold, fortrinnsvis under skyer og alltid i skyggen av personen som gjør målinger. Målinger i sterkt sollys kan gi en overestimering av LAI på grunn av refleksjoner i vegetasjonen. Målinger av LAI ble utført på prøvepunktene i de tre jordtypene, i skogen og i diverse vegetasjon som illustrasjon.

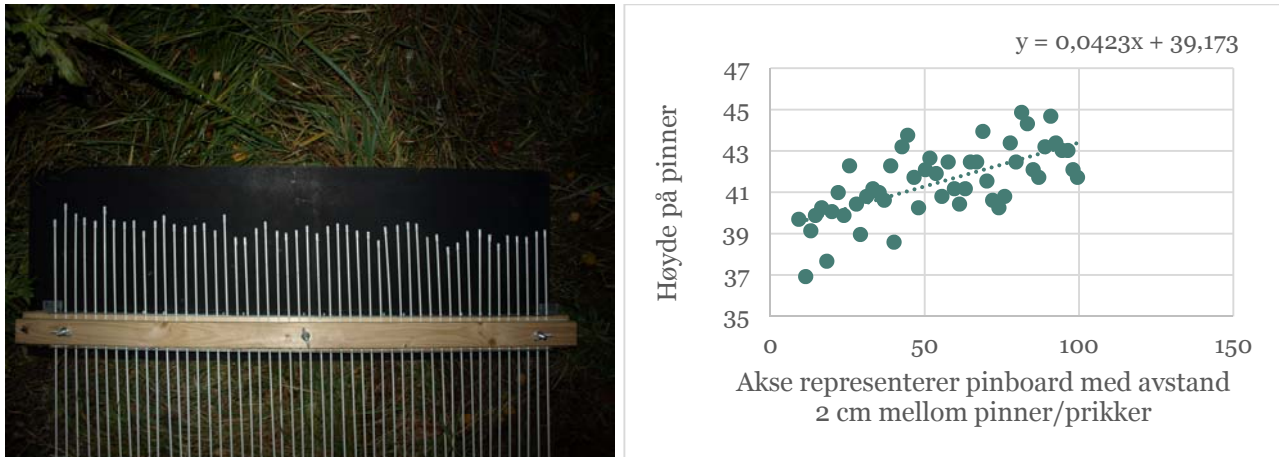
## 2.2.5 Overflateruhet

**Overflateruhet (RR)** er definert som uregelmessigheter i overflaten, og påvirkes av jordtype, kornstørrelse, steinfragmenter, vegetasjon og jordarbeiding. RR er også referert til som mikrotopografi. For å måle RR ble det brukt et pinboard med 50 hvite pinner med 2 cm mellomrom (figur 5). Metallpinnene ble løftet opp med rammen og deretter sluppet ned mot jorden for å representere høydeforskjellene på mikronivå. Pinnene ble holdt i vater og fotografert. Punktene ble prøvetatt i to retninger; med og mot jordarbeidingsretningen. RR i skog ble målt på samme måte som på åpen åker, men det er grunn til å anta at denne metoden underestimerer RR i skog. Metoden kan bare utføres i relativt åpne områder og inkluderer ikke røtter.

Fotoene ble prosessert i bilderedigeringsprogrammet Image J. Avstanden mellom pinnene på bildet ble målt, tuppen av hver pinne ble merket og x,y-koordinatene ble eksportert til Excel. I Excel ble avstanden mellom pinnene omregnet til den virkelige avstanden på 2 cm, og ut i fra dette kunne den virkelige høyden på pinnene estimeres. Det ble beregnet en lineæregresjonskurve mellom høyden på pinnene og avstand mellom pinnene. Standardavviket av avstanden fra punktene til den lineære regresjonskurven representerer RR. Likning 2 ble brukt for å finne avstanden og gjennomsnittlig standardavviket av avstanden ble deretter beregnet. Metoden er nærmere beskrevet i Thomsen (2013).

Avstand fra punkt til linjen = Absoluttverdi  $((a+x*c) -y)$  (2)

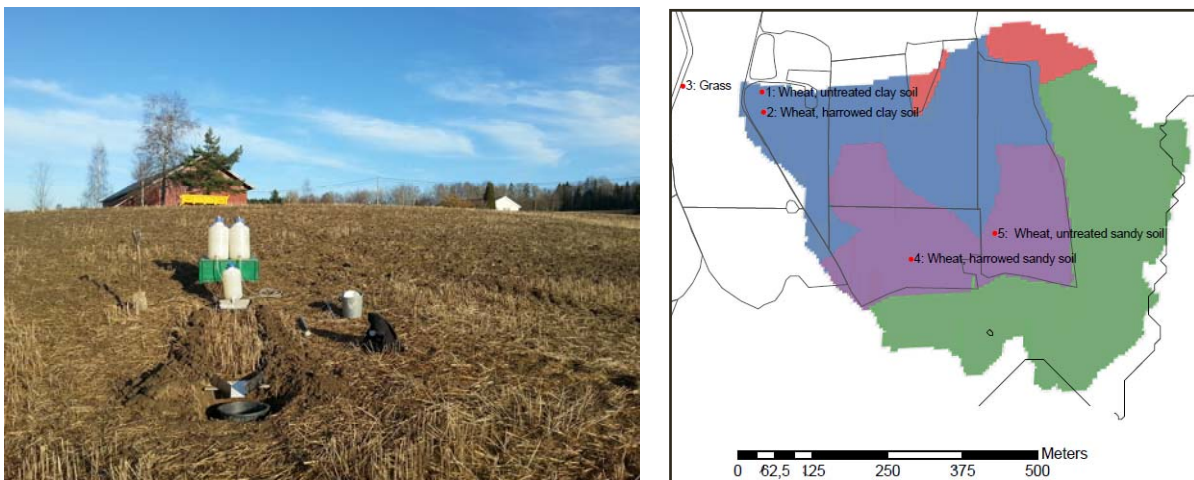
Der  $a$  = stigningstall lineær regresjonskurve,  $x$  = horisontal avstand,  $y$  = vertikal avstand og  $c$  = skjæringspunkt lineær regresjonskurve



Figur 5. Bilde av Pinboard og representasjon av forholdet mellom pinnene. Foto: Inga Greipsland.

### 2.2.6 Mannings n

Mannings n ble målt på stubb og etter harving på sandjorden og lettleiren. I tillegg ble det gjort en måling i den gradekte kantsonen rett ved bekken (figur 6). Metode kan finnes i Linden (2015).



Figur 6. Eksempel på måleoppsett til mannings`n (til venstre). Plassering av målingene av mannings`n (til høyre). Foto. Ton van der Linden.

## 2.3 Statistikk

Forskjeller mellom jordtyper og tidspunkt ble evaluert med en variansanalyse med én faktor (ANOVA) med programvaren Minitab. For å teste hvilke gruppe-gjennomsnitt som var signifikant ulike hverandre ble Tukeys metode brukt. Tukeys metode sammenligner gjennomsnittet i en gruppe med gjennomsnittet til alle andre grupper og identifiserer forskjeller som er større enn det forventede standardavviket.



## 3 RESULTATER

### 3.1 Kornfordeling og kjemiske egenskaper

Tabell 2 viser gjennomsnittlig kornfordeling for de ulike jordtypene undersøkt på dyrka mark og i den grasdekte kantsonen. Jortypen betegnet i teksten som Sand ble karakterisert som siltig mellomandsand med et leirinnhold på 7 %, jordtypen Lettleire ble karakterisert som lettleire med et leirinnhold på 16 % og jordtypen mellomleire ble karakterisert som siltig mellomleire med et leirinnhold på 29 %. Teksturklassen under gradekt kantsone var siltig mellomleire med et leirinnhold på 26 %.

Innhold av totalt organisk karbon var ganske likt for de fire områdene, mellom 2 og 2,4 %, som korresponderer til et moldinnhold på 3,4 til 4,1 %. Moldinnholdet var høyest i den grasdekt kantsonen.

I de ulike jordtypene varierte pH mellom 5,5 og 5,7, som er normalt pH-område for landbruksjord. Kationbyttekapasitet varierte mellom 3,5 og 11,3. Siltig mellomleire på dyrka mark og i grasdekt kantsonen hadde høyest CEC, da leirpartikler har flere bindingsplasser for kationer enn det silt- og særlig sandpartikler har.

Tabell 2. Kornfordeling i prøvepunkter med «sand», «lettleire», «mellomleire» på dyrka mark og i en grasdekt kantsonen. Fraksjonen grus er analysert i total jordprøve, mens de andre fraksjonene er målt i materiale mindre enn 2 mm i diameter. pH, Totalt tørrstoff (TS), kationbyttekapasitet (CEC), totalt organisk karbon (TOC) og moldinnhold (%).

Partikkelfraksjon	«Sand»	«Lettleire»	«Mellomleire»	«Grasdekt kantsone»
<b>Teksturklasse</b>	Siltig mellomandsand	Lettleire	Siltig mellomleire	Siltig mellomleire
<b>Grus, medium 6 &lt; 20 mm</b>	5	3	<1	<1
<b>Grus, fin 2 &lt; 6 mm</b>	6	3	1	<1
<b>Sand, grov 0.6 &lt; 2</b>	17	8	2	2
<b>Sand, medium 0.2 &lt; 0.6</b>	35	22	4	6
<b>Sand, fin 0.06 &lt; 0.2</b>	18	18	7	9
<b>Silt, grov 0.02 &lt; 0.06</b>	6	14	18	19
<b>Silt, medium 0.006 &lt; 0.2</b>	3	8	25	22
<b>Silt, fin 0.002 &lt; 0.006</b>	3	8	15	16
<b>Leire &lt; 0.002</b>	7	16	29	26
<b>Silt 0,002-0,06</b>	12	30	58	57
<b>Sand 0,06-2</b>	70	48	13	17
<b>Totalt Tørrstoff (TS, %)</b>	99	98	99	98
<b>Totalt Organisk Karbon (TOC, %)</b>	2,2	2,0	2,1	2,4
<b>Moldinnhold (SOM, %)</b>	3,8	3,4	3,6	4,1
<b>pH</b>	5,5	5,8	5,9	5,7
<b>Kationbyttekapasitet (CEC, cmol/kg)</b>	3,5	7,1	8,9	11,3

## 3.2 Variasjon i jordegenskaper i tid og rom

### 3.2.1 Kohesjon

Tabell 3 viser kohesjon målt på de ulike jordtypene ved ulike tidspunkt og ulik jordarbeiding. I gjennomsnitt over alle typer jordarbeiding, var kohesjonen betydelig høyere (157 kPa) i den grasdekt kantsone enn på dyrka mark (32 – 67 kPa). Det var en statistisk signifikant forskjell mellom de ulike jordtypene (letteleire, sand og mellomleire) og grasdekt kantsonen ( $P > 0.05$ ) i gjennomsnitt over alle tidspunkt. Det var i gjennomsnitt høyest kohesjon i den grasdekte kantsonen (108), deretter fulgte åpen åker med mellomleire (62), letteleire (48) og sand (27).

Det var signifikant lavere kohesjon på nysådd areal på alle jordtyper, og kohesjonen var da 48-61 % lavere enn i gjennomsnitt for målingene. Mellomleiren hadde mest «stabil» kohesjon mellom tidspunkter og ingen signifikante forskjeller med unntak av rett etter såing. På letteleiren og sanden var det også signifikant lavere kohesjon på harvet jord prøvetatt på våren enn i slutten av vekstsesongen/stubb.

Tabell 3. Kohesjon (kPa) målt med vingebor i letteleire, sand, mellomleire og i grasdekt kantsone, gjennomsnitt som ikke deler en bokstav innenfor jordtypen er signifikant ulike på 5 % nivå.

Jordarbeiding	«Sand»	«Letteleire»	«Mellomleire»	«Grasdekt kantsone»
Vårsådd, 17-18 juni 2014	23 ± 9 cd	52 ± 24 ab	62 ± 27 a	
Vårsådd, 1. juli 2014	25 ± 8 bcd	41 ± 10 b	65 ± 10 a	
Vårsådd, 20-30 aug. 2014	30 ± 10 bc	59 ± 15 a	66 ± 20 a	
Stubb, 20-22 aug. 2014	44 ± 9 a	60 ± 17 a	63 ± 19 a	
Harvet, 24-30 sept. 2014	32 ± 14 b	58 ± 25 a	76 ± 23 a	
Harvet, 9-10 april 2015	19 ± 7de	42 ± 6 b	64 ± 13 a	
Nysådd, 13-15 mai 2015	13 ± 5 e	25 ± 9 c	38 ± 14 b	
<b>Gjennomsnitt alle målinger</b>	<b>27 ± 11</b>	<b>48 ± 17</b>	<b>62 ± 17</b>	<b>108 ± 23</b>

### 3.2.2 Aggregatstabilitet

Aggregatstabilitet var høyere i mellomleiren enn i letteleiren for metodene WDI og Våtsikting, mens letteleiren hadde høyest stabilitet målt med metoden regnsimulator (tabell 4). Forskjellen mellom metoder var betydelig, men metodene kan anses å representere ulike prosesser for løsrivelse av partikler, der antall dråper (WDI) og regnsimulator naturlig nok gir et inntrykk av effekten av dråpenedslag, mens våtsikting gir mer inntrykk av virkningen av vann som renner over overflata.

Tabell 4. Gjennomsnitt, standardavvik og medianverdier for lettleire og mellomleire fra tre ulike metoder for å måle aggregatstabilitet.

	WDI (antall dråper)		Regnsimulator (%)		Våtsikting (%)	
	Lettleire	Mellomleire	Lettleire	Mellomleire	Lettleire	Mellomleire
<b>Gjennomsnitt</b>	34	161	50%	37%	97,4%	98,1%
<b>Stdav</b>	31	101	6%	7%	1,1%	0,5%
<b>Median</b>	18	143	50%	37%	97,9%	98,3%

Kilde: Shuls (2016).

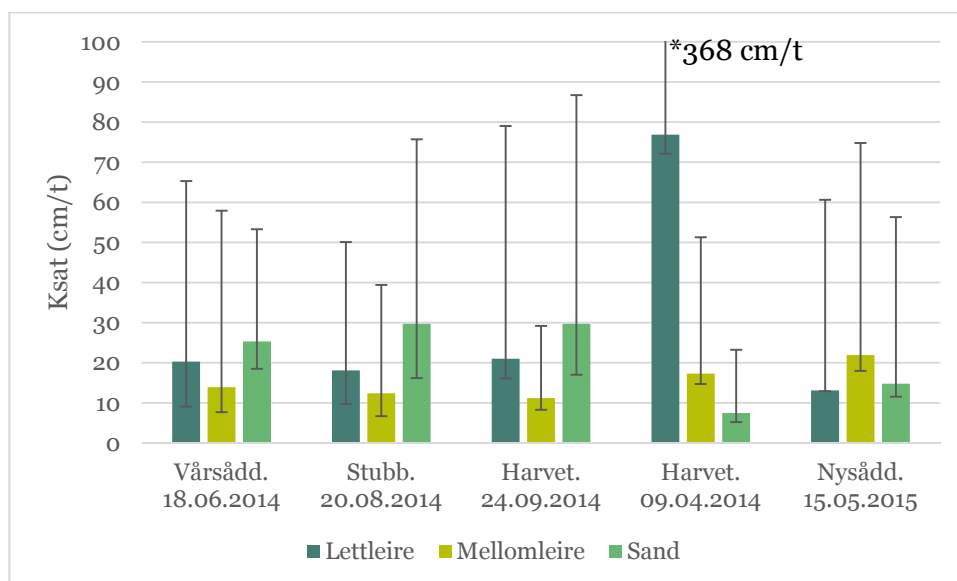
### 3.2.3 Mettet vannledningsevne (Ksat)

Tabell 5 viser Ksat målt på de ulike jordtypene ved ulike tidspunkt og ulik jordarbeiding. I gjennomsnitt over alle tidspunkt var Ksat betydelig høyere i skogen (287 cm/t) enn på dyrket mark og i grasdekt kantsonen (15-30 cm/t). Det var ingen statistisk signifikant forskjell mellom sand, lettleire, mellomleire og grasdekt kantsonene i grunnet stor variasjon i Ksat (figur 7).

I mellomleiren var det ingen signifikante forskjeller mellom ulike tidspunkt. I lettleiren var det signifikant lavere Ksat på nysådd jord (13 cm/t) enn på harvet jord (77 cm/t), og ellers ingen signifikante forskjeller. I sandjorden var Ksat på harvet jord (8 cm/t) var signifikant lavere enn på de andre tidspunktene, utenom på nysådd jord. Ksat på nysådd jord var signifikant lavere enn på stubb og harvet jord.

Tabell 5. Ksat (cm/t) ved 0-10 cm dybde, ved ulik overflatetilstand, gjennomsnitt som ikke deler en bokstav innenfor jordtypen er signifikant ulike på 5 % nivå.

Jordarbeiding	«Sand»	«Lettleire»	«Mellomleire»	«Grasdekt kantsonen»	Skog
<b>Vårsådd, 18. juni 2014</b>	25 ± 12 ab	20 ± 12 ab	14 ± 7 a		
<b>Stubb, 22. aug. 2014</b>	30 ± 11 a	18 ± 7 ab	12 ± 6 a		
<b>Harvet, 30. sept. 2014</b>	30 ± 15 a	21 ± 19 ab	11 ± 5 a		
<b>Harvet, 10. april 2015</b>	8 ± 4 c	77 ± 101 a	17 ± 10 a		
<b>Nysådd, 15. mai 2015</b>	15 ± 16 bc	13 ± 16 b	22 ± 7 a		
<b>Grasdekt kantsonen, 30 sept 2014</b>				20 ± 22	
<b>Grasdekt kantsonen, 10 april 2015</b>				33 ± 30	
<b>Skog, 2. juli 2015</b>					287 ± 130
<b>Gjennomsnitt</b>	<b>21 ± 14</b>	<b>30 ± 52</b>	<b>15 ± 10</b>	<b>27 ± 27</b>	<b>287 ± 136</b>



Figur 7. Gjennomsnitt, min og max av Ksat ved 5 ulike tidspunkt gjennom året.

### 3.3 Variasjon i overflatetilstand i tid og rom

#### 3.3.1 Vegetasjon

**Plantehøyde:** Plantehøyden 18. juni 2014 varierte mellom 58 cm i mellomleiren til 67 cm i lettleiren, rett før høsting den 30. juli varierte høyden mellom 71 og 85 cm. Planteveksten var generelt best i lettleire (tabell 6). Stubb ble målt til 17-18 cm.

Tabell 6. Gjennomsnittlig plantehøyde (cm) og standardavvik ved fire ulike tidspunkt på tre lokaliteter på dyrka mark. Gjennomsnitt som ikke deler en bokstav innenfor tidspunkt er signifikant ulike på 5 % nivå.

Jordarbeiding	«Sand»	«Lettleire»	«Mellomleire»
Vårsådd, 18. Juni 2014	63 ± 6 ab	67 ± 5 a	58 ± 5 b
Vårsådd, 1. Juli 2014	74 ± 10 a	79 ± 9 a	69 ± 6 a
Vårsådd, 30. Juli 2014	71 ± 13 b	85 ± 13 a	75 ± 8 ab
Stubb, 22. august 2014	17 ± 2 a	18 ± 2 a	

**LAI:** På dyrka mark varierte LAI (-) over alle tidspunkt fra 1,9 til 3,7, og viste en tendens til å minke med tiden ettersom plantene ble større (tabell 7 og figur 8), en mulig grunn er blader som visner hos modne planter. LAI på mellomleiren var statistisk signifikant lavere enn LAI på lettleire ved alle tidspunkt. LAI i skogen ble målt til 4,8, men det er usikkert hvor representativt dette tallet er for hele skogen (tabell 8). LAI ble målt i ulike typer vegetasjon og varierte da fra 1,1 i spredt sådd høsthvete til 7,2 under en liten gran og bregner.

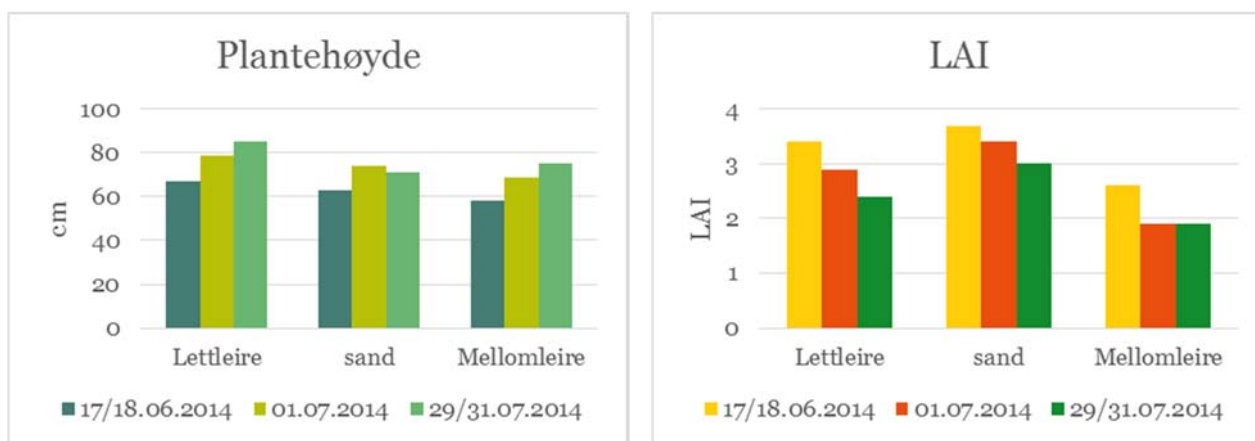
Tabell 7. Gjennomsnittlig bladarealindeks (LAI) og standardavvik ved fire ulike tidspunkt på tre lokaliteter på dyrka mark, og ved ett tidspunkt i skogen, gjennomsnitt som ikke deler en bokstav innenfor tidspunkt er signifikant ulike på 5 % nivå.

Jordarbeiding	«Sand»	«Lettleire»	«Mellomleire»
Vårsådd, 18. juni 2014	2,9 ± 0,6 ab	3,4 ± 0,4 a	2,4 ± 0,7 b
Vårsådd, 1. juli 2014	3,4 ± 0,4 ab	3,7 ± 0,5 a	3,0 ± 0,6 b
Vårsådd, 30. juli 2014	1,9 ± 0,4 b	2,6 ± 0,4 a	1,9 ± 0,2 b
Skog, 2. juli 2015			

Tabell 8. Gjennomsnittlig bladarealindeks (LAI) på diverse vekster den 18.juni 2014.

Vekst	LAI
Bygg	2,8
Høsthvete	1,1
Gran og bregner	7,2
Kratt med bjørk	4,1
Liten gran	2,9
Skog1 n=6	3,8
Skog2 n=10	4,8*

\*Skog2 tilsvarer prøvepunkt for Ksat og RR, og er derfor skilt fra Skog1.



Figur 8. Målte verdier av plantehøyde og LAI i Gryteland i lettleire, sand og mellomleire på tre ulike tidspunkt.

**Dekningsgrad:** Den 01.07.2014 var dekningsgraden mellom 31 og 34 % og varierte lite mellom jordtypene (tabell 9). Den 29.07.2014 viste bildeanalysen en dekningsgrad på 45-48 %, men ved visuell inspeksjon av bildene ble kornet ansett til å dekke hele jordflaten. Analysemetoden er utviklet for korn i et tidlig stadium og dårlig samsvar var derfor ikke overraskende.

Tabell 9. Dekningsgrad av korn i tre ulike jordtyper.

	«Sand» %	«Lettleire» %	«Mellomleire» %
Vårsådd 01.07.2014	34	31	33
Vårsådd 29.07.2014	45	48	48

### 3.3.2 Overflateruhet (RR)

Tabell 10 viser RR målt på de ulike jordtypene i vekstsesongen, etter harving, etter pløying, i grasdekt kantsone og i skogen. RR varierte i gjennomsnitt mellom 0,6 og 0,7 cm på dyrka mark, sandjorden hadde en statistisk signifikant lavere RR enn lettleire, men forskjellen i gjennomsnitt var liten (0,15 cm). RR var statistisk signifikant høyere etter jordarbeiding (både harving og pløying) enn i vekstsesongen og også høyere enn i grasdekt kantsonene og i skogen. Det var også en statistisk signifikant forskjell mellom RR med og mot retning av jordarbeidingretning ved både harving og pløying ved alle lokaliteter undersøkt, men ikke i vekstsesongen.

Tabell 10. Gjennomsnittlig RR (cm) og standardavvik for tre lokaliteter på dyrka mark, og ved ett tidspunkt i grasdekt kantsoneonen og i skogen. Gjennomsnitt som ikke deler en bokstav innenfor gjennomsnitt for dyrka mark er signifikant ulike på 5 % nivå.

	Sand (cm)	Lettleire (cm)	Mellomleire (cm)	Grasdekt kantsone (cm)	Skog (cm)	Gjennomsnitt dyrka mark (cm)
<b>VEKSTSESONG</b>	0,6 ± 0,1	0,7 ± 0,2	0,6 ± 0,1	0,7 ± 0,2	0,8 ± 0,4	0,65 ± 0,2 a
<b>HARVET</b>	1,1 ± 1,3	1,5 ± 2,2				1,3 ± 0,5 b
<b>PLØYD</b>			1,5 ± 0,7			1,5 ± 0,7 b



### 3.3.3 Mannings n

Tabell 11 viser gjennomsnittlig mannings n på ulike jordtyper og jordarbeiding (Linden, 2015). Mannings n var høyest i grasdekt kantsoneonen (0,42) og lavest på harvet sand (0,06). Mannings n på lettleire under stubb lettleire og på sand under stubb var tilnærmet lik (0,17 og 0,18), mens harvet lettleire hadde en litt høyere verdi (0,20).

Tabell 11. Målte verdier av mannings n i Gryteland.

	Mannings n
Stubb, lettleire	0,17 ± 0,05
Harvet, lettleire	0,20 ± 0,03
Harvet, sand	0,06 ± 0,07
Stubb, sand	0,18 ± 0,03
Grasdekt kantsone	0,42 ± 0,03

## 4 DISKUSJON

Denne studien har i hovedsak fokusert på variasjon i jordegenskaper og overflatetilstand på åpen åker, men det har også blitt samlet inn noe data for andre arealbrukstyper, som grasdekt kantsone langs bekken og skog. Jordsmonnet som ble studert er typisk for store deler av jordbruksarealene på Sørøstlandet og dels i Trøndelag, med leirholdige havavsetninger og sandige strandavsetninger.

Jordas stabilitet var i denne studien representert av aggregatstabilitet og kohesjon (skjærfasthet) i øvre 5 cm av jorda. Kohesjonen på åpen åker var i størrelsesorden ca. 30-60 kPa, og økte med økende leirinnhold. Det er i tråd med teorien – partikler i leirfraksjonen har bindingsplasser, eller ladninger, som gjør at det er tiltrekning mellom dem, derfor henger jorda også bedre sammen. Dette medfører at sandjord i prinsippet er mer utsatt for løsrivelse ved skjærstress som utøves av strømmende vann. Dette motvirkes imidlertid av at sandpartikler er større og vanskeligere lar seg flytte av rennende vann. I den grasdekte kantsonen var kohesjonen omtrent dobbelt så høy som på åpen åker, enten det var bart, plantedekke eller stubb på åkeren, hvilket forklares ved at høy tetthet av røtter hjelper til med å holde jorda sammen, tillegg til at den grasdekte kantsonen hadde nesten like høyt leirinnhold som lokaliteten med høyest leirinnhold på åpen åker. Resultatene viste også tendenser til at kohesjonen endrer seg over tid, selv om ikke alle forskjeller var statistisk signifikante. Aller lavest var kohesjonen på nysådd jord – om lag halvparten av gjennomsnittet over alle tidspunkt. Det viser at jordarbeiding roter til og bryter opp bindingene, og gjør jorda mer sårbar mht. erosjon. På de to lettere jordtypene var det også forskjell i kohesjon om høsten og om våren etter. Dette kan dels skyldes forskjeller i vanninnhold, men en rekke studier har også vist at jordas stabilitet og kohesjon påvirkes av fryse-tine-prosesser gjennom vinteren (se Kværnø og Øygarden (2006) for flere referanser). Når vannet i jorda fryser, utvider det seg, og partiklene skyves fra hverandre. Derfor er jorda gjerne mer erosjonsutsatt om våren enn om høsten.

Aggregatstabilitet var ikke målt på ulike tidspunkter i denne studien, kun med ulike metoder, og var i størrelsesorden 40-50 % for regnsimulator, nesten 100 % ved våtsikting, og 30-160 dråper ved WDI-metoden. Metodene ga forskjellig utslag for de to leirjordsartene (det var ikke målt på sandjorda). Metodene kan anses å representere ulike prosesser for løsrivelse av partikler, der antall dråper (WDI) og regnsimulator naturlig nok gir et inntrykk av effekten av dråpenedslag, mens våtsikting gir mer inntrykk av virkningen av vann som renner over overflata. Dette har delvis vært diskutert av Kværnø og Øygarden (2006). De gjorde også undersøkelser av hvordan frysing og tining påvirker aggregatstabilitet, bl.a. på en leirjord fra samme området som i denne studien, og fant at aggregatstabiliteten ble signifikant redusert ved økt antall kunstige fryse-tine-sykluser.

Jordas hydrauliske egenskaper ble i denne studien representert ved mettet vannledningsevne (Ksat) i jordoverflata (øverste 10 cm). Denne sonen er viktig for infiltrasjonen, og vil antakelig variere mer over tid enn dypere jordlag, som i mindre grad er påvirket av «vær og vind», jordarbeiding og plantevekst. Ksat var i størrelsesorden 10-80 cm/t på åpen åker og i grasdekt kantsone. Ksat ble målt i skogen på kun ett tidspunkt om sommeren, da var Ksat ca. 10 ganger høyere i skogsjorda enn på dyrka mark. Skogen i Gryteland består hovedsakelig av sandjord og lettleire med et organisk topplag bestående av delvis nedbrutt humus. Det er forventet høy Ksat i skogen, ettersom skogsjorda er mer uforstyrret, har mye røtter i ulike størrelser, og sannsynligvis også noe høyere biologisk aktivitet. Det ble dessuten bare tatt prøver av topplaget, der høyere organisk innhold (enn jordbruksjorden) er forventet å gi høyere infiltrasjonshastighet.

Studien viser at det med valgte metode, dvs. målinger på sylindrerprøver, var vanskelig å påvise signifikante forskjeller i mettet vannledningsevne mellom de tre jordtypene på åpen åker. Teoretisk strømmer vann saktere gjennom finkornet jord (leir) enn gjennom grovkornet jord (sand), ettersom porene er mye mindre i sistnevnte. På leirjord blir denne effekten fort motvirket av strukturdannelse, som gir makroporer i form av sprekker/hulrom mellom aggregater og markganger. Tilsvarende målinger har også tidligere vært utført på sand- og leirjord i samme området, og disse dataene ga samme konklusjon (Kværnø, upubl.). Ksat endres teoretisk også over tid, pga. løsning ved jordarbeiding, konsolidering og gjenslemming etter nedbør og overflateavrenning, oppsprekking under tørke (inklusive effekter av frysing, som er en uttørrende prosess), mm. Dette var også vanskelig å påvise i denne studien. På sandjorda var det imidlertid en tydelig reduksjon av Ksat fra høst til vår, noe som kan være knyttet til konsolidering, og evt. noe nedvasking av små partikler i poresystemet. Her var det så en økning igjen etter såing om våren, dvs. at jorda har blitt løsnet ved jordarbeiding, en effekt som også gjenspeilte seg i redusert kohesjon etter såing om våren. Effekten av såing var motsatt på lettleira, som hadde en spesielt høy verdi for Ksat etter vinteren, før såing. Dette kan skyldes tilfeldigheter, f.eks. var det i dette tilfellet et par ekstremverdier som dro gjennomsnittet opp.

Overflatetilstand ble i denne studien representert ved egenskaper ved plantedekket, overflateruheten og Mannings  $n$ . Målinger av overflateruhet viste resultater etter forventningene: lite forskjell på arealbruk (åpen åker, grasdekt kantsone, skog) i vekstsesongen (RR ca. 0,6), og høyere verdier på åpen åker rett etter jordarbeiding enn gjennom vekstsesongen (RR over 1). Tallene illustrerer at løsning av jorda har en positiv effekt på overflateruheten, som da gir en litt bedre vannlagringskapasitet på overflata i perioden etter jordarbeiding. Etter hvert som jorda påvirkes av nedbør, avrenning og tørke, konsolideres den, lagringskapasiteten avtar, og risiko for overflateavrenning blir større. Arealenes motstand mot overflateavrenning, i form av parameteren Mannings  $n$  (størrelsesorden 0,06-0,42), var omtrent dobbelt så høy i den grasdekte kantsonen som i åpen åker. Hensikten med grasdekte kantsoner langs bekker i jordbuksområder er delvis å redusere hastigheten på overflateavrenning slik at partikler kan sedimentere i sonen. Målingene av Mannings  $n$  indikerer at kantsonen virker etter denne hensikten.

Plantehøyden sammen med dekningsgrad og bladarealindeks sier noe om hvor godt beskyttet jorda er mot nedbørens kraft og hvor mye vann som fanges opp i bladverket i stedet for å havne på/i jorda. Der det er harvet og pløyd vil disse parameterne naturligvis være null, slik at all nedbør når bakken. Studien viste at bestandshøyden var på over 50 cm allerede midt i juni, og økte til omtrent en meters høyde mot slutten av vekstsesongen. Veksten var noe høyere på lettleira enn på sand og mellomleire, men det fins ikke noen data for å fastslå en årsak til dette. Generelt kan vi peke på at sandjord er mer tørkesvak og har mindre tilgjengelig vann enn leire, mens planter på den tyngste leira kan være mer utsatt for stress pga. for mye vann, tettere jord, e.l. Lettleire kommer i en mellomposisjon, og det samsvarer med at høyest kornavlinger har forekommet på lettleire i norske forsøk (de Wit et al., 2004). Høyde av stubbåker ble også målt, stubben var rundt 20 cm høy. Bladarealindeksen LAI var i størrelsesorden 2-4 i løpet av den aktuelle vekstsesongen, og var i likhet med bestandshøyden høyest på lettleira, og sank fra juni til slutten av juli. Sistnevnte kan være knyttet til at blader visner og bestanden blir mer glissent utover i sesongen. Et par målinger av LAI i skog ga verdier mellom 3 og 7, altså høyere enn for korn. Tallene for dekningsgrad (ca. 30-50 % start og begynnelsen av juli), basert på bildeanalyse, syntes å ikke være realistiske, så dataene bør reanalyseres med en bedre metode.

## 5 OPPSUMMERING

- Kohesjonen på åpen åker var i størrelsesorden ca. 30-60 kPa. I den grasdekte kantsonen var kohesjonen omtrent dobbelt så høy som på åpen åker. Kohesjonen økte med økende leirinnhold, og resultatene viste tendenser til at kohesjonen endrer seg over tid.
- Aggregatstabilitet på lettleire og mellomleire ble målt ved ett tidspunkt med tre med ulike metoder, og var i størrelsesorden 40-50 % for regnsimulator, nesten 100 % ved våtsikting, og 30-160 dråper ved WDI-metoden.
- Ksat var i størrelsesorden 10-80 cm/t på åpen åker og i grasdekt kantsone, mens Ksat i skogen var ca. 10 ganger høyere. Det er forventet høy Ksat i skogen, ettersom skogsjorda er mer uforstyrret, har mye røtter i ulike størrelser, og sannsynligvis også noe høyere biologisk aktivitet. Forskjeller i Ksat mellom jordtyper og mellom ulike tidspunkter var jevnt over ikke signifikante.
- Målinger av overflateruhet viste lite forskjell på arealbruk (åpen åker, grasdekt kantsone, skog) i vekstsesongen (RR ca. 0,6), men høyere verdier på åpen åker rett etter jordarbeiding enn gjennom vekstsesongen (RR over 1).
- Arealenes motstand mot overflateavrenning, i form av parameteren Mannings  $n$  (størrelsesorden 0,06-0,42), var omtrent dobbelt så høy i den grasdekte kantsonen som i åpen åker.
- Bestandshøyden i korn var på over 50 cm allerede midt i juni, og økte til omtrent en meters høyde mot slutten av vekstsesongen. Bladarealindeksen LAI var i størrelsesorden 2-4 i løpet av den aktuelle vekstsesongen.

## REFERANSER

- Berge T.W., Goldberg S., Kaspersen K. & Netland J., 2012. *Towards machine vision based site-specific weed management in cereals*. Computers and Electronics in Agriculture 81, 79-86.
- De Roo, A.P.J., Wesseling, C.G., Ritsema, C.J. 1996. *LISEM: A single-event physically based hydrological and erosion model for drainage basins. I: Theory, input and output*. Hydrological Processes 10, 1107-1117.
- De Wit, H., Rafoss, T., Arnoldussen, A., Skjelvåg, A.O., Åssveen, M., Solbakken, E., Klaveness, M., 2004. Grunnlag for verdsetting av innmark. Bruk av plante-, klima- og jorddata ved verdsetting av innmark. NIJOS-rapport 4-04, 38 s. ISBN-nr: 82-7464-319-4.
- Hauken, M., Stenrød, M., Deelstra, J., Eggestad, H., Øgaard, A. F., Skaalsveen, K., Greipsland, I., Riley, H., Molversmyr, Å., Lunnan, T., Selnes, S., Stubhaug, E., Dreyer, L. & Paulsen, L. 2016. Jord- og vannovervåking i landbruket (JOVA). Feltrapporter fra programmet i 2014. NIBIO RAPPORT 2(85).
- Hessel, R., Van Dijk, S., Stolte, J., Van den Elsen, E. 2003. *LISEM Field Measurements Manual v1.2*. Alterra Green World Research.
- Jetten, V. 2002. *LISEM Limburg Soil Erosion User Manual*. Universiteit Utrecht.
- Kramer, G., Stolte, J., 2009. Cold-season hydrologic modelling in the Skuterud catchment. An energy balance snowmelt model coupled with a GIS-based hydrology model. Bioforsk report 4(126), 46 s. ISBN: 978-82-17-00548.
- Kværnø, S.H., Øygarden, L. 2006. *The influence of freeze-thaw cycles and soil moisture on aggregate stability of three soils in Norway*. Catena 67, 175-182.
- Kværnø, S.H. 2011. *Variability and uncertainty in soil physical properties: Effects of data source on functional criteria*. PhD thesis, 2011:40, Norwegian Institute of Life Science.
- Linden, van den, T. 2015. Soil surface resistance to runoff. Researching the resistance of different soil surfaces and post-harvest tillage types to flow. 2015. MSc Thesis. Wageningen University: Soil physics and land management group.
- Schuls, A. 2016. The influence of natural-simulated freeze thaw cycles on aggregate stability in clayey soils in Norway. MSc Thesis. Wageningen University: Soil physics and land management group.
- Thomsen, L.M. 2013. *Soil surface roughness measurements and erosion modelling*. MSc Thesis. Wageningen University, The Netherlands.

## NOTATER



# ETTERORD

Nøkkelord:	Jordressurser og arealbruk
Key words:	Soil science, soil properties, land use
Andre aktuelle publikasjoner fra prosjekt:	



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.