



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp
Institutt for miljøvitenskap

Jordflytting som tiltak for å opprettholde produksjon på dyrka areal etter terrenginngrep i jordbruksområder

– undersøkelse av flyttet jord i Nedre
Eiker

Transportation and construction of Agricultural Soil
as a Method for Sustaining Production in
Agricultural Areas after Anthropogenic
Encroachment
– a survey of transported agricultural soil in Nedre
Eiker

Torhild Narvestad Anda
Plantevitenskap

Forord

Denne masteroppgaven avslutter fem flotte år som student på Ås. Oppgaven er skrevet ved Institutt for Miljøvitenskap, i samarbeid med NIBIOs avdeling for grøntanlegg og miljøteknologi på Ås.

Jeg vil først rette en meget stor takk til to dyktige veiledere. Hovedveileder professor Tore Krogstad (NMBU) og biveileder seniorforsker Trond Knapp Haraldsen (NIBIO) har begge vært svært behjelpelige og tatt seg tid til god og grundig veiledning gjennom hele prosessen. Videre vil jeg takke Toril Trædal på Vollebekk, Øyvind Peder Vartdal på jordfysikklaboratoriet samt Irene E. Eriksen Dahl og Magdalena Rygalska på IMV-laboratoriet, som alle har vært imøtekommende og kjekke å arbeide sammen med. Jeg vil også takke professor Trond Børresen for veiledning i forbindelse med de jordfysiske analysene.

I tillegg vil jeg takke gårdbruker Finn Arild Stryken på Søndre Horgen gård for disponering av forsøksareal og innblikk i driften på gården. Jeg vil også takke de tidligere gårdbrukerne Per Stryken og Nils Kristoffer Stenberg for verdifull informasjon om deres erfaringer med forsøksarealene. Disse bidrag har i stor grad styrket oppgaven.

Yara Norge AS fortjener også en stor takk for tildeling av stipend. Samtidig vil jeg også takke Statens Vegvesen for økonomisk støtte til oppgaven.

Jeg vil også takke Torbjørn Friborg for korrekturlesning. Til slutt vil jeg rette en stor takk til alle de flotte medstudentene som har bidratt til et svært så trivelig studieløp, samt mine kjære foreldre for god støtte i innspurten.

Ås, 16. mai 2016

Torhild Narvestad Anda

Sammendrag

Jordflytting blir i dag sett på som en mulig løsning på den stadige konflikten mellom jordvern og utbygging i sentrale strøk. Det er imidlertid lite kunnskap og få gode eksempler å vise til, og metoden fremstilles som usikker. Låg beskrev i 1981 et jordflyttingsprosjekt i Nedre Eiker kommune der overskuddsmasser fra arbeidet med en veiskjæring ble gjenoppbygget som et jordsmonn beregnet for jordbruksdrift på to lokaliteter. Gjennom en undersøkelse av disse to arealene, Elvesletta og Steinberghaugen, er formålet med oppgaven å dokumentere et eksempel på hvordan jordflytting har fungert i praksis. I løpet av 2015 ble det gjennomført avlingsregistreringer og jordundersøkelser, blant annet gjennom beskrivelse av jordprofiler, både på flytta jord og opprinnelig jordsmonn i samme område.

Det var i undergrunnsjorda at det ble funnet størst forskjeller mellom opprinnelig og flytta jord. Prøver av toppjorda (øvre 20 cm) samt analyser av korn viste få forskjeller på begge områder. I motsetning til i opprinnelig jord, ble det ikke funnet noe form for horisontal lagdeling under Ap-sjiktene i flytta jord. På Elvesletta ble det også funnet stor variasjon i oppbygging innad på den flytta jorda. Årlig vannmetning av arealet som følge av flom, setter bruksbegrensninger både på opprinnelig og flytta jord på Elvesletta. Bruk av siltige masser har gjort den flytta jorda særlig pakkingsutsatt. Oppbyggingen av jordsmonnet bidrar til dårlig drenering og gir reduserte muligheter for rotutvikling. Basert på undersøkelsene kan man likevel hevde at det er ”normal” produksjon på den flytta jorda (495 kg(TS)/daa hvete) og at Elvesletta er høyst drivverdig som kornareal.

Den opprinnelige jorda på Steinberghaugen var noe mer tørkesterk og hadde noe bedre drenering enn den flytta jorda. Det var også signifikant høyere avling på den opprinnelige jorda. Likevel var avlingene både på opprinnelig og flytta jord, henholdsvis 798 og 728 kg (TS)/daa, betydelig høyere enn gjennomsnittlig avling for bygg i Buskerud; 337 kg/daa (2004 - 2014). På bakgrunn av undersøkelsene er det liten tvil om at arealet på Steinberghaugen er drivverdig som kornareal, og man kan hevde at det er høy produksjon.

Summary

The expansion of urban areas, with the associated building of infrastructure, has often led to loss of agricultural land in Norway. It has been proposed that by transporting soil, and reconstruct it as agricultural soil at new locations, one could limit the loss of high quality soil in these areas. Meanwhile, questions are raised regarding the lack of good reference examples and knowledge about the method. In Nedre Eiker the method was used as part of a road cut construction work in 1981, and resulted in two new areas with arable land. This thesis aims to conduct a survey to follow up these two land areas, by studying soil profiles as well as analysing soil samples and yields. For comparison, the same investigations were carried out for natural soils in adjoining areas.

The main difference between the natural soil and the transported and constructed soil and was the construction of the subsoil. While natural soils were characterized by a horizontal stratification within the profile, this was not the case in the areas with constructed soil. In these areas, the soil in the C-horizon had a lack of stratification and an apparently random alignment. By describing two profiles of constructed soils at Elvesletta, a great variation within the constructed area was also discovered. Fluctuations in ground water level, caused by the flooding of the nearby river, at this location usually lead to a fully saturated soil every spring. The silty soil types cause high moisture content, and combined with a poor drainage, the risk of soil compaction is high. In spite of this the yield levels at Elvesletta were normal.

At Steinberghaugen the constructed subsoil had slightly lower water holding capacity as well as somewhat poorer drainage, as compared to the natural soil. The yield was also significantly lower. Still, the yields are considerable larger than the average yields in Buskerud county from previous years (2004 – 2014), both for constructed and natural soils at Steinberghaugen.

Innhold

Forord	ii
Sammendrag	iv
Summary	vi
Innhold	viii
1 Innledning	1
2 Materiale og metoder	5
2.1 Presentasjon av feltområdet	5
2.1.1 Meteorologiske data for området	5
2.1.2 Elvesletta	7
2.1.3 Steinberghaugen	8
2.2 Forsøksoppsett	8
2.3 Jordprøvetaking og beskrivelse av jordprofiler	8
2.3.1 Beskrivelse av jordprofiler	8
2.3.2 Jordprøvetaking til fysiske analyser	8
2.3.3 Jordprøvetaking til kjemiske analyser	9
2.4 Jordfysiske analyser	9
2.4.1 Vannlagringsevne	9
2.4.2 Luftinnhold	11
2.4.3 Luftpermeabilitet og mettet vannledningsevne	11
2.5 Jordkjemiske analyser	11
2.5.1 Forbehandling av jordprøver	11
2.5.2 pH i jord	12
2.5.3 Kationbyttekapasitet	12
2.5.4 Kornfordelingsanalyse og jordartsbestemmelse	12
2.5.5 Total karbon, total nitrogen og organisk materiale	13
2.5.6 Volumvekt	13
2.5.7 Glødetap	13
2.5.8 P-AL, K-AL, Mg-AL og Ca-AL	13
2.5.9 K-HNO ₃	13
2.5.10 Kopper	13

2.5.11	Mangan	13
2.5.12	Sink og titrerbar alkalitet	14
2.5.13	Bor	14
2.6	Avlingsregistreringer og forbehandling av korn	14
2.6.1	Elvesletta	14
2.6.2	Steinberghaugen	15
2.7	Kornanalyser	16
2.7.1	Hektolitervekt	16
2.7.2	Maling av kornprøver	16
2.7.3	Total karbon og total nitrogen	16
2.7.4	Innhold av grunnstoffer	16
2.8	Personlige meddelelser	16
2.9	Statistisk analyse	17
3	Resultater	19
3.1	Elvesletta	19
3.1.1	Jordprofil 1 (Opprinnelig jord Elvesletta)	19
3.1.2	Jordprofil 7 (Flytta jord Elvesletta)	22
3.1.3	Jordprofil 10 (Flytta jord Elvesletta)	25
3.1.5	Toppjordprøver (fra øvre 20cm)	29
3.1.6	Avlingsregistrering og kornanalyser	30
3.2	Steinberghaugen	32
3.2.1	Jordprofil 15 (Flytta jord Steinberghaugen)	32
3.2.2	Jordprofil 19 (opprinnelig jord Steinberghaugen)	35
3.2.3	Toppjordprøver (fra øvre 20 cm)	38
3.2.4	Avlingsregistrering og kornanalyser	39
4	Diskusjon	41
4.1	Elvesletta	41
4.1.1	Sammensetning av jordarter - jordsmonnsoppbygging	41
4.1.2	Jordfysiske forhold i profilene	42
4.1.3	Jordkjemiske forhold i profilene	45
4.1.4	Toppjorda (øvre 20 cm) på Elvesletta	45
4.1.5	Avlingsregistreringer og kornanalyser	47
4.2	Steinberghaugen	48
4.2.1	Sammensetning av jordarter – jordsmonnsoppbygging	48
4.2.2	Jordfysiske forhold i profilene	49

4.2.3	Jordkjemiske forhold i profilene	51
4.2.4	Toppjorda (øvre 20 cm) på Steinberghaugen	51
4.2.5	Avlingsregistreringer og kornanalyser	52
4.3	Felles diskusjon for jordflyttingene i Nedre Eiker	53
4.3.1	Kunne jordflyttingen vært gjennomført på en bedre måte?	53
4.3.2	Evaluering av metode	54
4.3.3	Forslag til videre arbeid	55
5	Konklusjon	57
6	Litteraturliste	59
Vedlegg A – Beskrivelse av jordprofiler		i
Jordprofil 1– Opprinnelig jord Elvesletta		i
Jordprofil – Elvesletta 7		iii
Jordprofil – Elvesletta 10		iv
Jordprofil – Steinberghaugen 15		v
Jordprofil – Steinberghaugen 19		vi
Vedlegg B – Jordfysiske resultater fra profilprøver		vii
Vedlegg C – Jordkjemiske resultater fra profilprøver		ix
Vedlegg D – Avlingsregistrering og kornanalyser		xi
Vedlegg E – Analyserapporter fra Eurofins (Toppjordprøver)		xii

1 Innledning

Det er en politisk målsetning i Norge at matproduksjonen skal øke i takt med befolkningsveksten, slik at dagens selvforsyningsgrad kan opprettholdes (St.meld. nr 9 (2011-2012)). Av stortingsmeldingen går det frem at både mengde og kvalitet på jord er avgjørende for å nå dette målet. Arealer egnet til kornproduksjon fremheves som særlig viktig for opprettholde selvforsyningsgraden. Kun 3 % av Norges landareal er jordbruksareal, hvor ca. 1/3 er egnet for kornproduksjon (Landbruksdirektoratet 2016).

Mange byer og tettsteder ble opprinnelig etablert der hvor forholdene for å drive jordbruk var gode. Dette gjør at utbyggingspresset i dag er stort der hvor mye av den mest produktive jorda ligger. For å styrke jordvernet la regjeringen frem en jordvernstrategi i juni 2015 (Prop. 127 S (2014-2015)). Konflikten mellom utbygging og jordvern i sentrale strøk omtales her som en stor utfordring. Fysisk kompensasjon av jordbruksareal i form av jordflytting pekes på som en mulig løsning. Mangel på gode eksempler på hvordan jordflytting har fungert i praksis gjør at metoden likevel fremstilles som usikker, og det etterspørres flere eksempler. Erfaringsgrunnlaget for opparbeiding av arealer til grøntanlegg er betydelig større enn for arealer til jordbruksformål. Etableringen av grøntanlegg på tidligere Fornebu flyplass, hvor det ble konstruert et jordsmonn basert på stedege masser, er et godt dokumentert eksempel (Haraldsen & Pedersen 2001).

Begrepet *jordflytting* vil i denne oppgaven bli brukt om det å flytte jordsmonn til en ny lokalitet hvor det bygges opp igjen, som et jordsmonn, med sikte på å brukes som dyrka mark. Idegrunnlaget for denne prosessen ble presentert av professor Jul Låg, som allerede i 1979 beskrev muligheten for å opparbeide produktive jordbruksareal ved å benytte bl.a. overskuddsmasser fra steinindustrien, kloakkslam og andre avfallsstoffer (Låg 1979). To år senere publiserte Låg en artikkel med et konkret eksempel på jordflytting, som inneholdt en beskrivelse av selve flyttingen med kostnadsoverslag (Låg 1981). I dette tilfellet ble overskuddsmasser av jord fra anleggsarbeidet i forbindelse med omlegging av E76 (nå FV 283) ved Krokstadelva i Nedre Eiker flyttet til Steinberghaugen på Stenberg gård. Steinberghaugen var

opprinnelig et tilnærmet jordfritt areal på ca. 10 daa og fikk tilført jorddekke med varierende dybde (70 cm – 2 m). Det nye arealet ble laget slik at det var i direkte tilknytning til allerede eksisterende jordbruksareal. I samme artikkel (Låg 1981) nevner Låg et annet areal i nærheten, nede ved Drammenselven, hvor det var påbegynt oppfylling av jordmasser til et forsumpet område med lav planteproduksjon. Dette ble gjort for å heve jordoverflaten med 1,2 - 1,5 m og dermed skape fullverdig kulturjord.

Fystro undersøkte tykkelse på jordlag over fylling av sprengstein i Vestre Slidre kommune i forbindelse med sin masteroppgave ved Norges Landbrukshøgskole (NLH) (Fystro 1986). Det oppfylte området besto opprinnelig av flere oppdelte jordbruksareal på gården Hølo, som etterpå ble en større sammenhengende enhet beregnet for jordbruksformål. Fystro konkluderte med at optimal jordtykkelse over sprengsteinmassen må ses opp mot flere faktorer, som sprengmassens og dekkmassens egenskaper, plantevalg, bruk av arealet, klima, kostnader og metoder. Det ble gjort undersøkelser på Hølo over tre år. Basert på disse undersøkelsene publiserte Vigerust og Njøs en artikkel hvor de påviste økende avling med stigende tykkelse på jordlaget opp til 50-60 cm (Vigerust & Njøs 1987). De la også vekt på hvordan korn- og porestørrelsesfordelingen i jordsmonnet under matjordlaget (B-sjiktet), som i dette tilfellet ble øvre del av sprengsteinfyllingen, er avgjørende både for vanntransport og luftutveksling, og dermed også plantevekst.

Muligheten for å dyrke opp avslutta avfallsfyllinger er også undersøkt (Vigerust 1987). Også her blir tykkelse på jordlag over avfallsfyllingen diskutert. Da planterøttene ikke kan vokse i selve avfallshaugen grunnet oksygenmangel, legges det vekt på at jordtykkelsen over avfallshaugen må være tykk nok til å gi tilstrekkelig vannforsyning til plantene. Jordas vannlagringsevne, samt tiltenkt vekst avgjør hvor tykt dekke som kreves. Det foreslås eksempelvis minst 1 meter tykt dekke av leirholdige masser for korndyrking i nedbørfattige områder.

På oppdrag fra Samferdselsdepartementet utarbeidet Bioforsk Jord og Miljø (nå NIBIO) i 2012 en rapport som oppsummerte mye av erfaringsgrunnlaget innenfor jordflytting i Norge (Haraldsen 2012). Her pekes det på at feil utførelse i forhold til opprinnelige planer ofte har vært den største fallgruben ved reetablering av

jordbruksareal etter jernbane- og veiutbygginger. Unøyaktig fjerning av matjordlaget, innblanding av sprengstein, komprimeringsskader, manglende drenering eller dreneringssystemer uten ønsket funksjon har vært vanlige feil. Det vises også til et vellykket jordflyttingsprosjekt i Lierdalen, i forbindelse med graving av en vannledning gjennom jordbruksareal. Dette arbeidet ble omtalt i tidsskriftet Norsk Landbruk (Sloreby 2009), hvor det kommer frem at lagvis håndtering av jordsmonnet og fokus på å unngå komprimeringsskader var viktige momenter i planen for gjennomføringen. Kombinasjonen av detaljerte jordsmonnsundersøkelser i forkant og nøyaktig oppfølging av alle ledd underveis i prosessen blir fremhevet som avgjørende for det gode resultatet.

Internasjonale erfaringer med kompensasjon av jordbruks- og naturområder ble i 2012 sammenstilt i et litteraturstudie utarbeidet av Multiconsult AS, Naturrestaurering AS og Norsk institutt for skog og landskap, på vegne av samferdselsdepartementet (Hårklau 2013). Her kommer det frem at Sveits, som eneste land i verden, kan dokumentere et system for fysisk kompensasjon av tapt jordbruksareal grunnet nedbygging. Dette har de hatt siden 1992. Samtidig presiseres det at det trolig også praktiseres i mindre skala i flere andre land, eksempelvis ved å ta i bruk gamle massetak eller reparere arealer utsatt for flom, men at dette sjelden dokumenteres.

Jordflytting er særlig aktuelt da det inngår i reguleringsplanene for utbyggingen av E18 gjennom kommunene Ås og Ski i Akershus. Statens vegvesen skal erstatte 100 % av all dyrka jord som beslaglegges som følge av den vedtatte utbyggingen. I den forbindelse har de startet prosjektet ”Ny jord”, som skal være et pilotprosjekt for flytting av jord fra vegtraseen (Statens Vegvesen 2016). Også i forbindelse med en mulig utbygging av IKEA på dyrka jord i Vestby kommune i Akershus er jordflytting aktuelt. NIBIO har utarbeidet en faglig rapport med forslag til hvordan en eventuell jordflytting bør gjennomføres (Haraldsen et al. 2015). Resultatene fra denne undersøkelsen/masteroppgaven vil kunne brukes i det videre arbeidet for begge disse prosjektene.

Låg presiserte i sin artikkel fra 1981 at det hadde vært ønskelig å gjennomføre mer omfattende undersøkelser av begge de beskrevne arealene. Dette ble imidlertid ikke gjennomført da det den gang ikke var midler til rådighet. Formålet med denne

masteroppgaven er å gi et dokumentert eksempel på hvordan jordflytting har fungert i praksis, ved å gjennomføre en oppfølgingsundersøkelse av jordflyttingen i Nedre Eiker, beskrevet av Låg (1981).

Arbeidet med oppgaven har hatt en hovedproblemstilling og to delproblemstillinger:

- Har jordflyttingen i Nedre Eiker (beskrevet av Låg, 1981) resultert i drivverdige arealer med høy produksjon?
 - Hvordan skiller jordsmonnsoppbyggingen til den flytta jorda seg fra opprinnelig jord i samme område?
 - Hvordan har jordsmonnsoppbygging til den flytta jorda påvirket egenskapene til jorda?

Gjennom samtaler og intervjuer med nåværende og tidligere gårdbrukere vil oppgaven også finne informasjon om dyrkningspraksisen de siste 35 år, samt få et inntrykk av hvordan arealene har fungert som dyrka jord i tiden mellom jordflyttingen og frem til i dag.

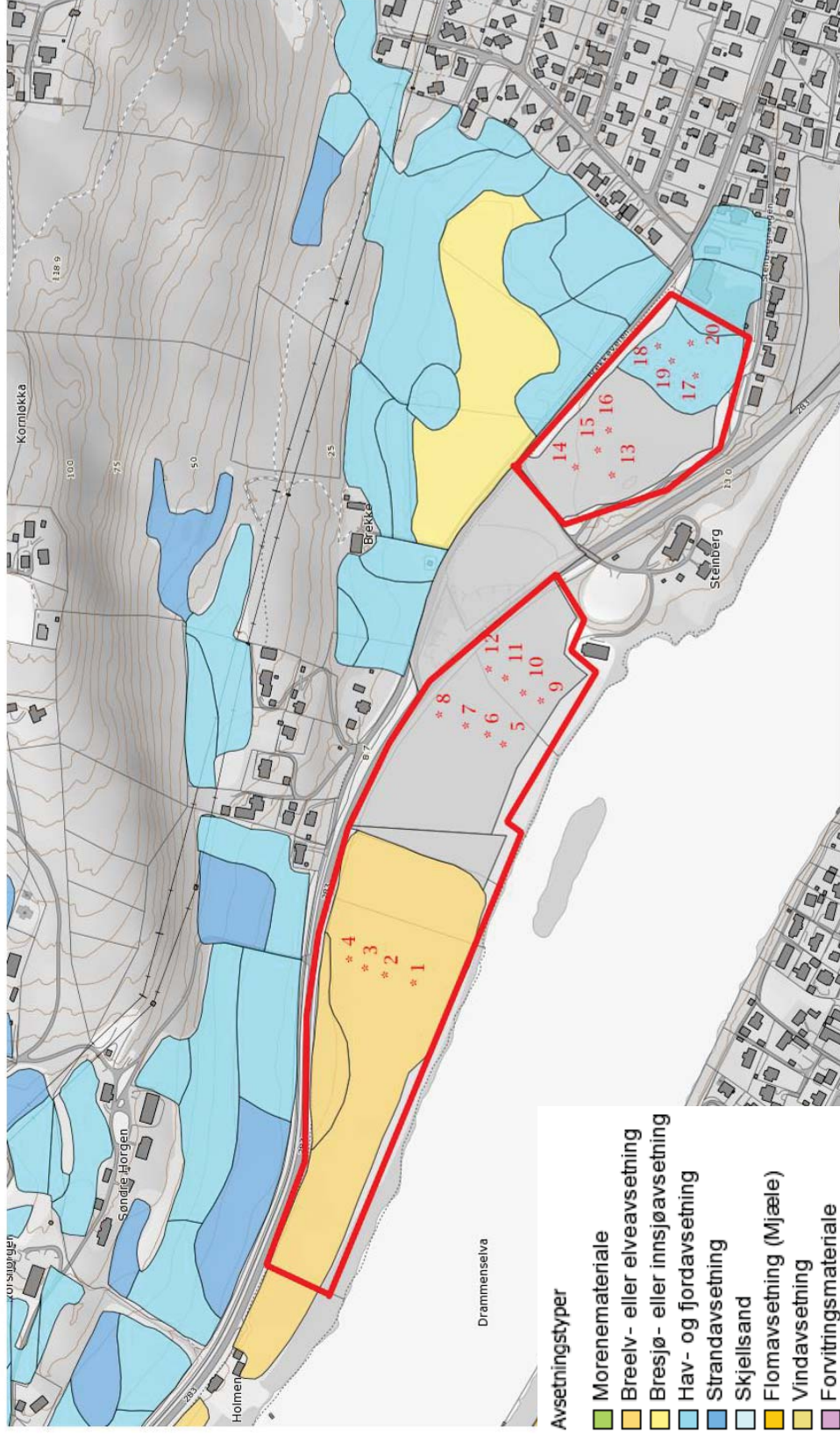
2 Materiale og metoder

2.1 Presentasjon av feltområdet

Området som studeres i oppgaven ligger i Nedre Eiker kommune i Buskerud fylke. Det ble utført feltarbeid på to skifter, som i denne oppgaven omtales som Elvesletta og Steinberghaugen, vist i Figur 2.1. Begge skiftene drives i dag av Kristin og Finn Arild Stryken på Søndre Horgen gård (34/2). Deler av feltområdet er leiejord, og jorda har vært drevet av flere ulike gårdbrukere siden 1981. Begge skiftene består av flytta jord i direkte tilknytning til opprinnelige jordbruksarealer. Feltområdet er jordsmonnskartlagt av Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO). Avsetningstypen til den flytta jorda er på begge skiftene beskrevet som menneskepåvirket materiale og er plassert i WRB-gruppen Regosol (NIBIO 2016). De tilflytta jordmassene stammer i følge G. Knudsen (e-post, 16. februar 2016) fra veiskjæringen mellom Mjøndalen bru og Buskerud storsenter.

2.1.1 Meteorologiske data for området

Nærmeste meteorologiske målestasjon med komplette data for 2015 og normalverdier er Hokksund målestasjon (15 moh.), ca. 4,5 km fra Steinberghaugen i nordvestlig retning. Årsnormalen (1961 – 1990) for nedbør og temperatur i området ligger henholdsvis på 880 mm og 5,0 °C (Aune 1993). Mens april 2015 var spesielt nedbørfattig med bare 5,2 mm, kom det hele 110,8 mm i mai, nesten det dobbelte av normalen (Yr 2016). Månedene juni, juli og august 2015 svingte rundt normalen. 26. august kom en kraftig nedbørepisode med 36,8 mm og 3. september kom det ytterligere 45,2 mm. September var den mest nedbørsrike måneden i 2015, med hele 236 mm. Månedsnormal for september er på 100 mm.



Figur 2.1: Forsøksruter på Elvesletta (venstre) og Steinberghaugen (høyre). Grå farge viser flyttet jordsmonn innenfor begge feltområder.

2.1.2 Elvesletta

Den opprinnelige delen av Elvesletta er av NIBIO kartlagt som breelv- eller elveavsetninger og plassert i WRB-gruppen Gleysol (NIBIO 2016). Denne delen tilhører Søndre Horgen gård, mens delen med flytta jordsmonn leies. Da det ble fylt på masser på Elvesletta ble det samtidig fylt igjen ei bukt, Brekkebogen, vist i Figur 2.2. Delen av Elvesletta med flytta jord, deles i to varianter; jorda over Brekkebogen (representert ved forsøksrute 5-8) og den østligste delen (representert ved forsøksrute 9-12). Etter 1981 har det vært vekstskifte med kornvekster og noe oljevekster både på den opprinnelige jorda og jorda over Brekkebogen (Pers. med. P. Stryken). På den østligste delen er det kun drevet ensidig kornproduksjon. Gårdbrukerne har generelt fulgt råd fra Norsk Landbruksrådgivning (NLR) med hensyn til gjødsling, kalking og plantevern (Pers med. F. A. Stryken; P. Stryken; N. K. Steenberg). I 2014 ble det kjørt på 8 tonn pr. daa (tilsvarende 2 ton TS/daa) med avløpsslam fra Lindum, på hele Elvesletta Pers. med. F. A. Stryken). Det er ikke benyttet husdyrgjødsel på skiftet etter 1981, og skiftet har oftest vært vårpløyd (Pers. med. P. Stryken). Vekstsesongen 2015 ble det dyrket vårhvete av sorten Mirakel på hele skiftet, og sådato var 28. april (Pers. med. F. A. Stryken). Elvesletta ligger langs Drammenselva, og oversvømmes normalt hver vår (ved pinse) og ved ekstremnedbør på høsten, slik som i 2015 (Pers. med. P.Stryken; F.A. Stryken).



Figur 2.2: Elvesletta før igjenfylling av Brekkebogen (Nedre Eiker Kommune 2016).

2.1.3 Steinberghaugen

NIBIO har beskrevet den opprinnelige delen av Steinberghaugen som havavsetning og tilhørende WRB-gruppen Albeluvisol (NIBIO 2016). Etter 1981 har det vært ensidig kornproduksjon på skiftet, og det er ikke benyttet husdyrgjødsel (Pers. med N. K. Steenberg). Skiftet tilhører Steinberg gård, og har vært leiejord for Søndre Horgen gård siden 2013. Gårdbrukerne har generelt fulgt råd fra NLR med hensyn til gjødsling og plantevern (Pers. med. N. K. Steenberg; F. A. Stryken). På slutten av 80-tallet ble det kjørt ut avløpsslam på skiftet og forrige kalking var rundt 2000 og skiftet har oftest vært høstpløyd (Pers. med. N. K. Steenberg). Vekstsesongen 2015 ble det dyrket torads bygg av sorten Fairytale og sådato var 13. april (Pers. med F.A Stryken).

2.2 Forsøksoppsett

Juni 2015 ble det etablert 20 forsøksruter på 10x10 m fordelt på de to skiftene, slik Figur 2.1 viser. På Elvesletta ble det plassert fire ruter på opprinnelig jordsmonn (1-4) og 8 ruter på flytta jordsmonn (5-12). På Steinberghaugen ble det plassert fire ruter på flytta jordsmonn (13-16) og fire ruter på opprinnelig jordsmonn (17-20). Det ble registret senterkoordinater i hver forsøksruterute med GPS (Magellan GPS 315). For alle ruter ble det gjort avlingsregistreringer og standard kvalitetsanalyser av kornet. Det ble tatt jordprøver fra øvre 20 cm i alle ruter, og beskrevet jordprofil i fem av forsøksrutene (1, 7, 10, 15 og 19). I jordprofilene ble det tatt ut sjiktvis prøver for jordfysiske og jordkjemiske analyser.

2.3 Jordprøvetaking og beskrivelse av jordprofiler

2.3.1 Beskrivelse av jordprofiler

I løpet av fire feltdager i september og oktober 2015 ble det gravd jordprofiler i følgende fem ruter; 1, 7, 10, 15 og 19. Profilene ble gravd ut for hånd med spade og hadde en størrelse på ca. 1x1x1m. Jordprofilene ble beskrevet i henhold til Sveistrup (1984) og fargebestemmelsene ble gjort ved bruk av Munsell Soil Color Book (Munsell 2009). Det ble tatt ut sjiktvis prøver fra jordprofilene for jordfysiske og jordkjemiske analyser.

2.3.2 Jordprøvetaking til fysiske analyser

Til bruk for jordfysiske analyser ble det tatt ut sjiktvis jordprøver fra profilveggene i 100 cm³ stålsylindere. Det ble tatt ut tre sylindere per sjikt. I profiler i flytta jord hvor

det ble observert flere varianter av samme sjikt, ble det tatt ut 3 pF-sylindere fra alle varianter som forekom i store nok mengder. Sylindrene ble banket ned i jorden ved bruk av stempel med påmontert lodd. En murespade ble brukt til å løsne sylindrene fra jorda og en kniv ble brukt til å fjerne overflødig jord på over- og undersiden av sylindren. Det ble satt på plastlokk i begge ender av sylindren. Prøvene ble oppbevart kjølig frem til videre analysering. Det ble totalt tatt ut 60 sylindere.

2.3.3 Jordprøvetaking til kjemiske analyser

Til bruk for jordkjemiske analyser ble det tatt ut en jordprøve per sjikt i profilveggene. I jordprofil på flytta jord, hvor det ble funnet sjikt bestående av flere ulike masser, ble tatt ut en prøve fra hver sjiktvariant. Prøvene ble tatt ut med en murespade og overført til standard prøveesker i papp fra Eurofins (0,5 L). Det ble totalt tatt ut 25 prøver fra jordprofilene.

I tillegg til jordprøvene fra profilveggene ble det 23.09.15 tatt ut jordprøver fra toppjorda (0 - 20 cm) i hver av de 20 forsøksrutene, totalt 20 prøver. Det ble gjort 9 stikk i hver rute med håndholdt jordbor. Jorda ble samlet i ei plastbøtte, blandet og overført til standard prøveesker. Alle jordprøvene til kjemisk analyse ble tørket ved 40 °C i ca. 60 timer.

2.4 Jordfysiske analyser

2.4.1 Vannlagringsevne

For å måle jordas vannlagringsevne ble det utført en pF-analyse i løpet av november og desember 2015, samt januar 2016. Jordprøvene ble analysert ved fem ulike pF-grenser basert på sug (-20 og -50 hPa) og trykk (-100, -1000 og -15000 hPa).

Analysering av vannlagringsevne ved -20 hPa og -50 hPa ble utført ved bruk av sandbokser (Eijkelkamp), i henhold til metoden beskrevet av Eijkelkamp (2007). Ved -100 hPa og -1000 hPa ble det benyttet keramiske plater plassert i trykkbeholdere (5 bar pressure plate extractor) fra Soil Moisture Equipment Company, Santa Barbara, California. Etter kjøring på -1000 hPa ble prøvene tørket på 105°C i ca. 24 timer, og veid. De tre prøvene fra samme sjikt ble slått sammen og knust gjennom en 2 mm sikt. Fra hver sammenslåtte prøve ble det tatt ut to paralleller som ble kjørt på -1500 hPa (pF 4,2). Denne målingen ble utført ved bruk av keramiske plater og trykkbeholdere av typen 15 bar ceramic plate extractor, også fra Soil Moisture

Equipment Company. Kjøring på -100 hPa, -1000 hPa og 15000 hPa, samt beregninger, ble utført som beskrevet av Børresen (2014). Følgende beregninger ble gjort:

- (1) Jordtetthet (g/cm^3): Netto tørrvekt¹ (g)/ 100 (cm^3)
- (2) Vannvolum ved gitt pF-grense (vol. %): Vekt av sylinder ved pF-grense – tørrvekt
- (3) Vanninnhold ved -15000 hPa (vekt %):
$$(100 \cdot (\text{vekt ved } -15000 \text{ hPa} - \text{tørrvekt})) / \text{netto tørrvekt}$$
- (4) Vannvolum ved -15000 hPa (vol. %): vekt % vann ved -15000 hPa * jordtetthet
- (5) Porevolum (vol. %): Luftvolum ved -100 hPa + vannvolum ved -100 hPa
- (6) Nyttbart vann (vol. %): Vannvolum ved -100 hPa – vannvolum ved -15000 hPa

Fysisk nyttbart vannlager i rotsonen (mm) ble regnet ut for hvert sjikt ved å multiplisere volum % (vol. %) vann med sjiktdybde (dm) (Hillel 2004), og deretter summere vannlager i sjiktene med rotutvikling.

Det ble laget volum-dybdediagram basert på de jordfysiske resultatene, samt kornfordelingsanalysen og innhold av organisk materiale (se kapittel 2.5 for jordkjemiske analyser). Ved utregning av vol. % for fast materiale, ble $1,3 \text{ g}/\text{cm}^3$ benyttet som tetthet for organisk materiale, og $2,6 \text{ g}/\text{cm}^3$ for leir, silt og sand. For jordprofil 15, hvor det ble tatt ut pF-sylindere fra to ulike varianter av et Cg-sjikt (Cg-leir og Cg-sand), ble et gjennomsnitt av resultatene fra disse fremstilt i volum-dybdediagrammet.

Vol. % vann og luft ved gitte pF-grenser brukes for å beskrive porestørrelsesfordelingen i jorda, hvor følgende sammenhenger er gitt (Riley 1996): Vol. % luft ved pF 2 (-100 hPa) viser andel drenerbare porer ($>30 \mu\text{m}$), vol. % vann bundet mellom pF 2 og pF 4,2 (-15000 hPa) tilsvarer vol. % mellomstore porer ($0,2 - 30 \mu\text{m}$) og vol. % vann bundet ved pF 4,2 tilsvarer vol. % små porer ($<0,2 \mu\text{m}$) og vann bundet til partikkeloverflater.

¹ Netto tørrvekt = vekt av tørr sylinder - sylindervekt

2.4.2 Luftinnhold

Et luftpyknometer ble benyttet til å måle luftinnhold i sylinderprøvene ved -100 hPa, i henhold til Torstenson og Erikson (1936). Ved å bruke stålskiver med gitt volum ble det laget en kalibreringskurve som ble benyttet til å regne ut vol. % luft ved.

2.4.3 Luftpermeabilitet og mettet vannledningsevne

Luftpermeabilitet ble målt i sylinderprøvene ved -100 hPa i henhold til Børresen og Haugen (2003), og utregningen ble gjort ut i fra formelen på side 33 i øvelseshefte.

Mettet vannledningsevne (K_{sat}) ble estimert ut i fra luftpermeabiliteten ved følgende formler (Riley 1996):

$$(7) \text{ Vannpermeabilitet } (\mu\text{m}^2) = 0,106 * \text{luftpermeabilitet}^{1,31}$$

$$(8) K_{\text{sat}} (\text{cm/t ved } 10^\circ\text{C}) = \text{Vannpermeabilitet} * 2,70$$

2.5 Jordkjemiske analyser

2.5.1 Forbehandling av jordprøver

Samtlige jordprøver tatt ut til kjemiske analyser ble etter tørking siktet gjennom 2 mm stålsikt ved hjelp av porselenspistill i henhold til Krogstad (2012). Frasikt (> 2 mm) ble registrert.

Jordprøvene fra toppjorda i hver forsøksrute ble splittet slik at 50 mL jord ble overført til et sentrifugerør og den resterende jorden ble tilbakeført til standard jordprøveesker. Jordprøveeskene ble sendt til Eurofins Agro Testing Norway AS i Moss for analysering for analysepakke 2 (jordart, volumvekt, pH, moldklasse, glødetap, Na-AL, K-AL, Mg-AL, Ca-AL, P-AL, K-HNO₃, kobber (Cu), mangan (Mn), sink (Zn) og titrerbar alkalinitet), samt for bor (B) i fem av prøvene (fra forsøksrutene 1, 5, 9, 13 og 17). Alle analysene av næringsstoffer er med bruk av metoder som relaterer til plantetilgjengelighet.

Til analysering for total karbon (tot. C) og total nitrogen (tot. N) ble det tatt ut ca. en spiseskje jord fra de 20 sentrifugerørene, og fra alle profilprøvene. Disse ble knust med agarmorter i 3 min.

2.5.2 pH i jord

I toppjordprøvene ble pH målt i henhold til ISO 10390 av Eurofins med jord:væske forhold på 1:5. I prøvene tatt ut fra profilene ble pH målt i henhold til Krogstad (1992) med jord:væske forhold på 1:2,5 ved laboratoriet ved Institutt for miljøvitenskap (IMV) på NMBU. Her ble et Orion pH-meter med Ross kombinert elektrode brukt til å måle pH. Ved IMV ble det også utført pH-målinger på toppjordprøvene (fra sentrifugerørene). Gjennomsnitt for pH er regnet ut ved å regne om til $[H^+]$, ta gjennomsnitt av $[H^+]$ -verdiene, og deretter regne gjennomsnittet av $[H^+]$ -verdiene om til en pH-verdi.

2.5.3 Kationbyttekapasitet

Kationbyttekapasitet (CEC) ble målt ved bruk av ammonium-acetat metoden i henhold til Bartles og Bigham (1996). 3,00 gram jord ble veid inn og ristet for hånd sammen med 25 mL 1 Molar ammoniumacetat med pH 7,00. Suspensjonen stod deretter i ro over natten. Suspensjonen ble filtrert gjennom blåttbåndfiler over i en 250 mL syrevasket måleklobe. Det ble etterfylt med ammoniumacetat i flere omganger frem til totalvolumet var 250 mL, og prøven ble ristet godt (ca. 30 ganger opp-ned). Ca. 40 mL ble overført til et sentrifugerør og analysert for K^+ , Na^+ , Mg^{2+} og Ca^{2+} ved bruk av ICP OES (Perkin Elmer Optima 5300 DV). Den resterende suspensjonen i kolben stod til neste dag for H^+ -titrering. Det ble laget fire blanke prøver for kontroll.

Ved H^+ -titrering ble det brukt 20 mL av suspensjon. Det ble tilsatt 0,05 M NaOH frem til pH var 7,00. pH ble målt med PHM210 standard pH meter og Ross kombinert elektrode.

CEC ble regnet ut i cmol c+/kg jord som summen av utbyttbart H^+ og basekationene (Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} og Na^+). Basemetningsgraden (BS) ble regnet ut i % ved å dividere summen av basekationene på CEC og deretter multiplisere med 100.

2.5.4 Kornfordelingsanalyse og jordartsbestemmelse

Det ble utført en kornfordelingsanalyse etter pipettemetoden i henhold til Krogstad et al. (1991). Jordart ble bestemt ut fra kornfordelingen ved å bruke den norske jordartstrekanten, beskrevet av Sveistrup og Njøs (1984).

2.5.5 Total karbon, total nitrogen og organisk materiale

Analyse av total karbon (tot. C) og total nitrogen (tot. N) ble gjort ved bruk av instrumentet Leco Truspec CHN. Prinsippet er at ca. 0,20 g av prøven forbrennes ved 1050 °C og totalt C omdannes til CO₂ og totalt N til NO_x gasser. Konsentrasjonen av disse gassene måles henholdsvis av en IR celle og ved termisk ledningsevne. Metoden er beskrevet av Bartles og Bigham (1996).

Innhold av organisk materiale (OM) ble beregnet ut fra tot. C, ved å multiplisere med 1,72, som i Riley (1996). Denne beregningen forutsetter at tot. C tilsvarer organisk karbon (org. C) i jorda, og at OM inneholder 58 % org. C.

2.5.6 Volumvekt

Volumvekt ble bestemt i henhold til Krogstad (1992).

2.5.7 Glødetap

Glødetap ble bestemt i prosent av tørrstoffinnhold i henhold til Krogstad (1992).

2.5.8 P-AL, K-AL, Mg-AL og Ca-AL

AL-metoden ble benyttet for å bestemme P-AL, K-AL, Mg-AL og Ca-AL.

Ekstraksjoner ble gjort i henhold til Egnør et al. (1960). Innholdet ble målt ved bruk av ICP.

2.5.9 K-HNO₃

Ved analysering for syreløselig kalium (K-HNO₃) ble ekstraksjon gjort i henhold til Krogstad (1992). Innhold av K-HNO₃ ble målt ved bruk av ICP.

2.5.10 Kobber

Ved analysering for kobber (Cu) ble ekstraksjon gjort i henhold til Krogstad (1992), med EDTA (etylendiamintetraeddiksyre) og NH₄Cl som ekstraksjonsmiddel.

Innholdet av kobber ble målt ved bruk av ICP.

2.5.11 Mangan

8,00 g jord ble tilsatt 0,5 M Mg(NO₃)₂ og ristet ved romtemperatur i 2 timer.

Løsningen ble filtrert og innhold av mangan (Mn) ble målt ved bruk av ICP.

2.5.12 Sink og titrerbar alkalitet

Analysering for sink (Zn) og titrerbar alkalitet ble utført i henhold til Nelson et al. (1959). Det ble brukt 0,2 M HCl for å ekstrahere jorden. Fare for mangel ble vurdert ut i fra figur 6 på side 281 i publikasjonen.

2.5.13 Bor

25,0 g jord ble overført til en 250ml kolbe av borfritt glass og tilsatt 50ml destillert vann. Suspensjonen ble kokt i 5 min. Etter avkjøling ble prøven filtrert gjennom papirfilter og innhold av bor (B) ble målt ved bruk av ICP.

2.6 Avlingsregistreringer og forbehandling av korn

2.6.1 Elvesletta

Det ble forsøkt to ganger med maskinell høsting uten å lykkes, grunnet for bløt jord. Forsøksrutene på elvesletta (1-12) ble derfor høstet for hånd 06.10.15. I hver forsøksrute ble det høstet tre ruter på 1x1m (kun aks, minst mulig halm). Aksene ble klippet med saks og lagt i papirposer (tre poser per forsøksrute). På grunn av tilnærmet ingen avling i enkelt av rutene, ble det ikke høstet korn fra rute 2, 3, 5 og 6. Rute 2 og 3 var dominert av ugress, mens det i rute 5 og 6 var avgnagde aks (trolig på grunn av gjess). I rute 2 og 3 (Figur 2.3) ble avlingen satt til 0 kg/daa, og ikke tatt med i kornanalysene. Rute 5 og 6 (Figur 2.4) ble ikke regnet med i avlingsregistreringene eller kornanalysene.



Figur 2.3: Forsøksrute 3 og 4 var dominert av ugress, vist her ved rute 3



Figur 2.4: Forsøksrute 5 og 6 hadde avnagde aks, vist her ved rute 5.

Innhøstet plantemateriale ble veid og tørket ved 60 °C i ca. 48 timer. Tørt plantemateriale ble så veid og deretter tresket i en forsøksstresker av typen KURT PELZ SAATMEISTER Allesdrescher K34. Ved tresking ble alle tre prøver fra samme forsøksrute slått sammen. Tresket korn ble rensket ved bruk av Perten Grain Cleaner. Rensket korn ble veid og prøvene ble lagret tørt frem til videre analyser. Utregning av avling i kg/daa ble gjort basert på kg korn etter rensing, slik at det ble ett avlingstall per forsøksrute (basert på korn fra tre 1x1 ruter). Avling oppgis på tørrstoffbasis, forutsatt at prøvene ikke hadde noe vanninnhold etter tørking.

2.6.2 Steinberghaugen

Forsøksrutene på Steinberghaugen (13-20) ble høstet med forsøksstresker (Zurn 150) av NLR Østafjells 21.09.15. Det ble høstet tre ruter på 1,5 x10m per forsøksrute, slik at det ble registrert tre avlingstall per forsøksrute. Det ble tatt ut kornprøver på ca. 0,5 kg for hver av de tre rutene per forsøksrute. Kornprøvene ble veid og tørket av NLR Østafjells og deretter sendt til IMV.

De tørkede kornprøvene ble veid og deretter rensket med Perten Grain Cleaner. Ved rensing ble de tre prøvene fra hver forsøksrute slått sammen. Rensket korn ble veid og prøvene ble lagret tørt frem til videre analyser.

2.7 Kornanalyser

2.7.1 Hektolitervekt

En ¼ l veiesylinder ble fylt med korn og veid. Resultatet ble regnet om til hektolitervekt. Det ble gjort to målinger per prøve, og gjennomsnittet av disse målingene ble brukt videre.

2.7.2 Maling av kornprøver

Hver kornprøve ble blandet godt før ca. 1 dl ble malt opp ved bruk av Laboratory Mill 3100, og overført til plastposer med zip-lås.

2.7.3 Total karbon og total nitrogen

Tot. C og tot. N i kornprøvene ble analysert med lik metode som for jord (se kapittel 2.5.5). Innveid mengde korn var 0,15 g. Analyseresultatene oppgis på tørrstoffbasis.

2.7.4 Innhold av grunnstoffer

Innholdet av grunnstoffene kalium (K), Magnesium (Mg), kalsium (Ca), fosfor (P), svovel (S), kobber (Cu), sink (Zn), mangan (Mn), bor (B), jern (Fe) og kadmium (Cd) ble analysert ved bruk av ICP-MS (Inductively coupled plasma mass spectrometry, Agilent 8800 Triple Quadrupole) etter dekomponering av plantematerialet i konsentrert salpetersyre (HNO₃) ved bruk av UltraClave Microwave High Pressure Reactor System (Milestone). Analyseresultater oppgis på 60 °C tørket prøvemateriale.

2.8 Personlige meddelelser

Det ble gjennom samtaler i løpet av høsten 2015 og våren 2016, samlet informasjon om arealene fra nåværende og tidligere gårdbrukere. Informasjon de har kommet med brukes for å presentere de to feltområdene i kapittel 2.1, og i diskusjonen. Følgende personer har bidratt med informasjon:

- Finn Arild Stryken. Nåværende gårdbruker på Søndre Horgen gård, og driver i dag både Elvesletta og Steinberghaugen
- Per Stryken: Tidligere gårdbruker på Søndre Horgen Gård
- Nils Stenberg: Tidligere gårdbruker på Steinberg gård

Det ble også sendt e-poster med Gunnar Knudsen, som var oppsynsmannsassistent i Buskerud Vegvesen i 1981.

2.9 Statistisk analyse

Det ble kjørt en to utvalgs t-test (antatt ikke like varianser) i Microsoft Excel mellom opprinnelig og flytta jord innad på begge skifter, med signifikansnivå på 0,05. For å avdekke eventuelle forskjeller mellom de to variantene av flytta jord på Elvesletta, ble samme type t-test kjørt mellom disse også.

I resultatene henvises det til ulike signifikansnivå med symboler vist i Tabell 2.1. P-verdier $> 0,05$ gir ikke signifikante utslag, og er symbolisert ved Ns.

Tabell 2.1: Symboler brukt for tilhørende p-verdi under resultater.

P-verdi	Symbol
$>0,05$	Ns
0,05-0,01	*
0,01-0,001	**
$<0,001$	***

3 Resultater

3.1 Elvesletta

3.1.1 Jordprofil 1 (Opprinnelig jord Elvesletta)

Feltobservasjoner

Jordprofil 1 ble gravd ut på Elvesletta i forsøksrute 1, ca. 50 m fra elvekanten (nordøstlig retning) og viser opprinnelig jord (Figur 3.1). Profilområdet var en flat slette uten synlig helling. Det ble ikke observert stein og blokk i overflaten eller fjell i dagen i umiddelbar nærhet. Det var heller ingen spor etter erosjon. Under beskrivelsen var det lettskyet til skyet opphold (ca. 13 °C), og det hadde vært oppholdsvær de siste 7 døgn (v/Hokksund målestasjon). Den naturlige dreneringsgraden ble vurdert som dårlig. Fuktighetsgraden i profilet var svakt til svært fuktig nedover. Profilet ble gravd ned til ca. 1 m, hvor det raskt etablerte seg en vannfilm på bunn. Ett døgn etter utgraving var det ikke vann i bunn av profilgroppen. Figur 3.1 viser de seks sjiktene det var mulig å dele inn i under profilbeskrivelsen.



Figur 3.1: Profilvegg med inntegnede sjiktgrenser for jordprofil 1 på Elvesletta. Profilet viser opprinnelig jordsmonn.

Jordprofil 1 viste tydelig sedimentasjonsstruktur i jordsmonnet, med lagvis teksturvariasjon, i form av lag med finere tekstur, innad i Cg-sjiktene. Resultat fra kornfordelingsanalysen, innhold av OM og jordart er vist i Tabell 3.1, sammen med jordtetthet, luftpermeabilitet og mettet vannledningsevne. Jorda var jevnt over gråaktig i store deler av profilet og hadde fargeflekker helt opp til og med BCg-sjiktet. Ap1 og Ap2 hadde til sammen en tykkelse på 31 cm og det ble observert røtter ned til 45 cm. Det ble funnet noen sandlinser (0,5-2 cm) og meitemarkganger fylt med sand i Ap1 og Ap2. Det ble funnet både horisontale, vertikale og diagonale meitemarkganger, hovedsakelig ned til og med BCg-sjiktet. Rotutvikling i BCg-sjiktet var hovedsakelig i meitemarkganger, som vist i Figur 3.2.



Figur 3.2: Rotutvikling i diagonal meitemarkgang i BCg-sjiktet i jordprofil 1.

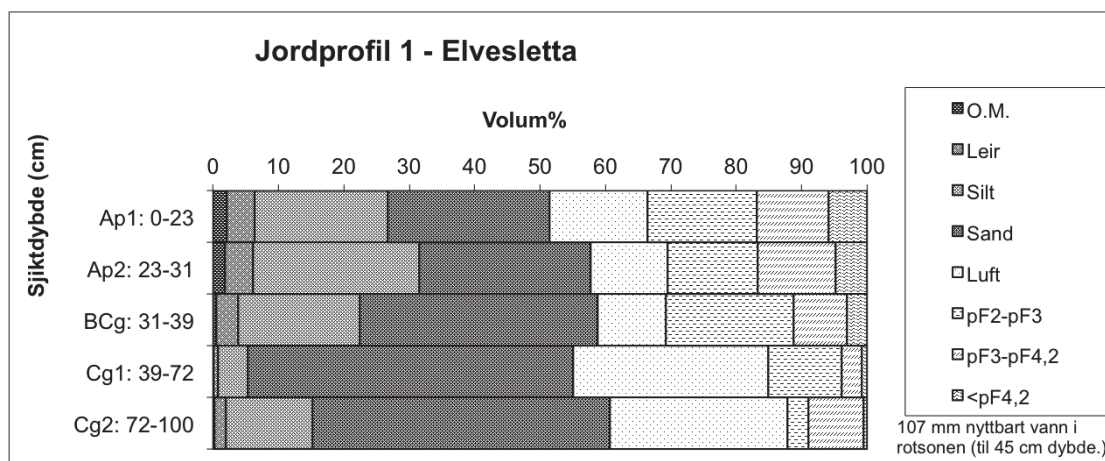
Tabell 3.1: Kornfordeling, organisk materiale (OM), jordart, jordtetthet (ρ_s), luftpermeabilitet (LP) og mettet vannledningsevne (K_{sat}) for sjiktene i jordprofil 1

Sjikt	Leir	Silt	Sand	OM (%)	Jordart	ρ_s g/cm ³	LP (μm^2)	K_{sat} (cm/d)
Ap1	8,5	41,3	50,2	2,2	Siltig finsand	1,37	1	7
Ap2	7,7	45,4	46,9	1,6	Siltig finsand	1,54	1	7
BCg	5,6	31,9	62,5	0,5	Siltig finsand	1,56	0,4	2
Cg1	1,2	8,4	90,4	0,1	Finsand	1,48	5	56
Cg2	2,9	21,8	75,3	0,2	Siltig finsand	1,62	4	40

Leir, silt og sand er oppgitt som prosentandeler av partikler <2 mm, slik at summen av de tre er 100 %
 ρ_s , LP og K_{sat} er alle basert på gjennomsnitt av tre sylinderprøver

Jordfysiske resultater

Ap1 hadde lavest jordtetthet ($1,37 \text{ g/cm}^3$) og Cg2 har høyest ($1,62 \text{ g/cm}^3$). Det var økende luftpermeabilitet nedover i profilet, med unntak av BCg-sjiktet, som hadde den laveste luftpermeabiliteten. Mettet vannledningsevne fulgte det samme mønsteret. Resultatene fra analysering av vannlagringsevne er fremstilt i et volum-dybdediagram (Figur 3.3). Regnet fra øverst til nederst i profilet var vol. % luft (ved pF 2) i sjiktene henholdsvis 15, 12, 10, 30 og 27 og vol. % nyttbart vann (pF 2 – pF 4,2) 28, 26, 28, 14 og 11. Fysisk nyttbart vannlager i rotsonen (ned til 45 cm) var 107 mm.



Figur 3.3: Volum-dybdediagram for jordprofil 1 på Elvesletta. Vol. % luft er ved gitt ved pF 2, mens de gitte pF-intervallene viser vol. % vann bundet ved disse sug/trykk (O.M.= Organisk materiale).

Jordkjemiske resultater

Høyeste pH-verdi ble registrert i Ap1-sjiktet, mens den laveste ble funnet i Cg2. Tabell 3.2 viser pH-verdiene for de ulike sjiktene, samt CEC og BS. Verdiene for begge disse parameterne var høyere i Ap-sjiktene enn underliggende sjikt. Totalt i profilet lå BS lå mellom 34,3 og 14,2 %. Av basekationene utgjorde Ca^{2+} den største andelen, og Na^+ den minste, for alle sjikt.

Tabell 3.2: pH, kationbyttekapasitet (CEC) og Basemetningsgrad (BS) for sjiktene i jordprofil 1.

Sjikt	pH	H ⁺ cmol(H ⁺)/kg	Basekation cmol/kg	CEC cmol/kg	BS %
Ap1	6,0	5,8	3,0	8,9	34,3
Ap2	5,6	6,5	2,3	8,7	26,0
BCg	5,6	4,6	1,1	5,7	19,2
Cg1	5,7	2,9	0,5	3,4	14,2
Cg2	5,4	4,2	0,8	5,0	16,2

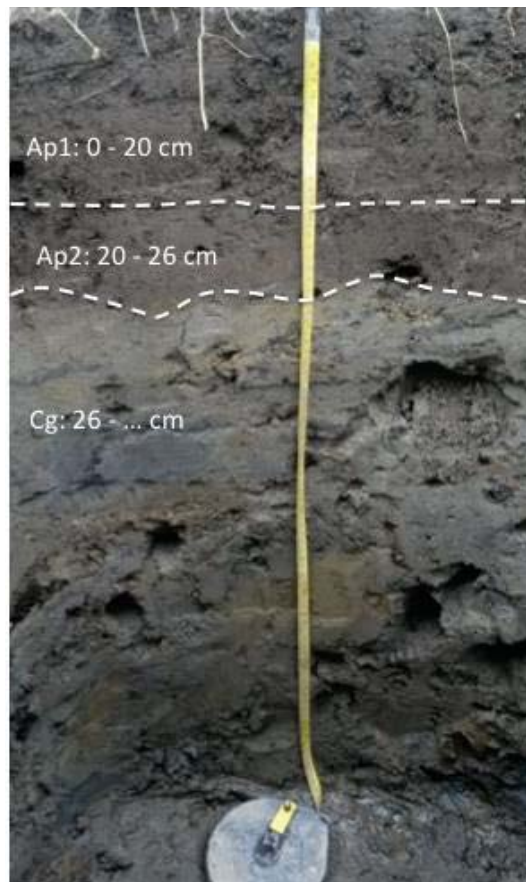
Basekation = summen av Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺ og Na⁺

3.1.2 Jordprofil 7 (Flytta jord Elvesletta)

Feltobservasjoner

Jordprofil 7 ble gravd ut på tilflytta jordsmonn på Elvesletta i forsøksrute 7, ca. 95 meter fra elvekanten (nordøstlig retning). Profilområdet var en flat slette med svak helling (0-2 %) i retning elva (mot sørvest). Det ble ikke observert stein og blokk i overflaten eller fjell i dagen i umiddelbar nærhet. Det var heller ingen spor etter erosjon. Under beskrivelsen var det skyet opphold (ca. 7 °C), og det hadde vært oppholdsvær de siste 7 døgn (v/Hokksund målestasjon).

Den naturlige dreneringen ble vurdert som dårlig. Jorda var svakt fuktig i øverste sjikt, og gikk gradvis over til svært fuktig i nedre halvdel av profilet. På 85 cm piplet det inn vann, som stabiliserte seg på dette nivået. Figur 3.4 viser de tre sjiktene det ble inndelt i under profilbeskrivelsen. Ap1 og Ap2 hadde til sammen en tykkelse på 26 cm og det ble funnet rotutvikling ned til 40 cm. Det var ingen horisontal lagdeling under Ap2. Cg-sjiktet bestod av tre ulike varianter av masser i en tilfeldig blanding. Sjiktet var dominert av Cg-hovedmasse, med linser, striper og tilfeldige innslag av Cg-oliven og Cg-mørk grå. Under Ap2 var det det svært mye kantet grus og stein fra rundt 2 – 15 cm, som vist i Figur 3.5. Det ble observert fargeflekker i alle sjikt helt opp i Ap2. Resultat fra kornfordelingsanalysen, innhold av OM og jordart er vist i Tabell 3.3, sammen med jordtetthet, luftpermeabilitet og mettet vannledningsevne.



Figur 3.4: Profilvegg med inntegnede sjiktgrenser for jordprofil 7 på Elvesletta. Profilet viser flyttet jordsmonn.



Figur 3.5: Tilfeldig utvalg av grus og stein funnet under Ap2 i jordprofil 7.

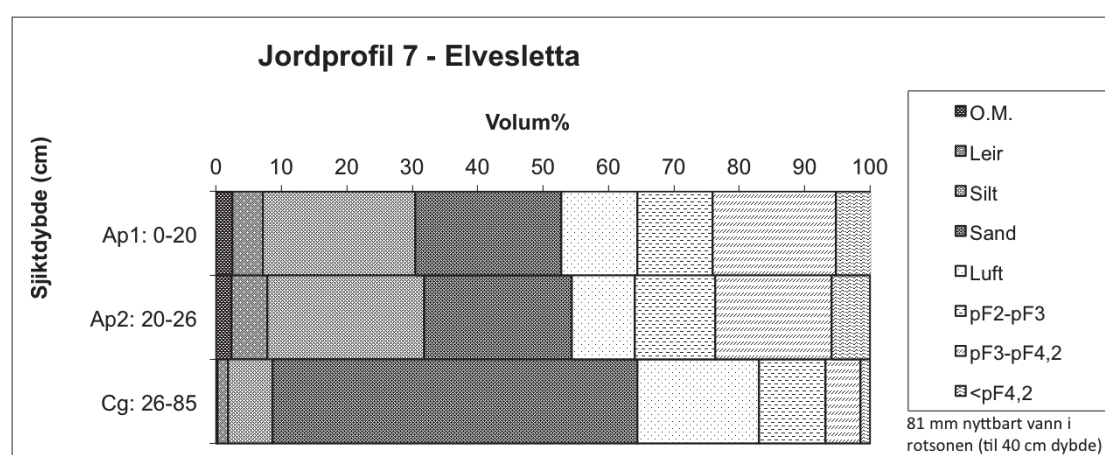
Tabell 3.3: Kornfordeling, organisk materiale (OM), jordart, jordtetthet (ρ_s), luftpermeabilitet (LP) og mettet vannledningsevne (K_{sat}) for sjikt og sjiktvarianter i jordprofil 7.

Sjikt	Leir	Silt	Sand	OM (%)	Jordart	ρ_s g/cm ³	LP (μm^2)	K_{sat} (cm/d)
Ap1	9,3	46,7	44,7	2,5	Siltig finsand	1,41	3	25
Ap2	10,5	46,1	43,4	2,3	Lettleire	1,45	1	3
Cg-Hovedmasse	2,5	10,6	86,9	0,2	Finsand	1,63	2	20
Cg-Oliven	6,7	40,0	53,3	0,2	Siltig finsand	-	-	-
Cg-Mørk grå	6,5	44,9	48,6	0,6	Siltig finsand	-	-	-

Leir, silt og sand er oppgitt som prosentandeler av partikler <2 mm, slik at summen av de tre er 100 %

Jordfysiske resultater

Det var høyere jordtetthet i Cg-hovedmasse enn i Ap1 og Ap2. Både luftpermeabilitet og mettet vannledningsevne var lavest i Ap2. Resultatene fra analysing av vannlagringsevne er fremstilt i et volum-dybdediagram (Figur 3.6). Under Ap2 var det kun Cg-hovedmasse som forkom i store nok sammenhengende mengder til å ta ut sylindere til pF-analyse, og i Figur 3.6 er Cg kun representert ved pF-analyse fra denne massen. I Ap1, Ap2 og Cg-hovedmasse var vol. % luft henholdsvis 12, 10 og 19 og vol. % nyttbart vann 30, 30 og 15. Fysisk nyttbart vannlager i rotsonen (ned til 40 cm) var 81 mm.



Figur 3.6: Volum-dybde diagram for jordprofil 7 på Elvenesletta. Vol. % luft er ved gitt ved pF 2, mens de gitte pF-intervallene viser vol. % vann bundet ved disse sug/trykk (O.M.= Organisk materiale).

Jordkjemiske resultater

Det var lavere pH i Ap1 og Ap2 enn i alle de tre variantene av Cg-sjiktet. pH var gjennomgående over 6,0 for alle sjikt og sjiktvarianter. Tabell 3.4 viser verdiene for pH, CEC og BS for sjiktene og sjiktvariantene i profilet. Det var nedgang i CEC fra Ap1 og Ap2 til Cg, mens BS var høyest for de to variantene av Cg; Cg-oliven og Cg-mørk grå. Av basekationene utgjorde Ca^{2+} den største andelen for alle sjikt, og andelen K^{+} og Na^{+} var de laveste.

Tabell 3.4: pH, kationbyttekapasitet (CEC) og Basemetningsgrad (BS) for sjikt og sjiktvarianter i jordprofil 7.

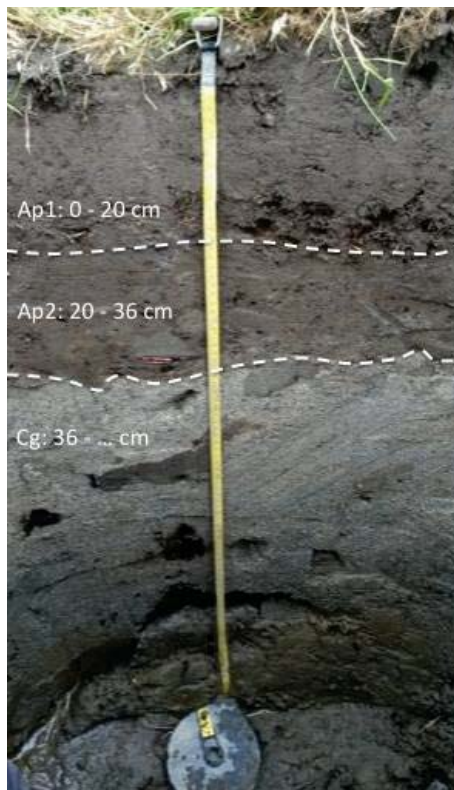
Sjikt	pH	H+ cmol(H+)/kg	Basekation cmol/kg	CEC cmol/kg	BS %
Ap1	6,1	4,4	4,8	9,2	52,3
Ap2	6,3	4,4	5,0	9,4	53,4
Cg-hovedmasse	6,7	1,7	1,1	2,8	39,6
Cg-oliven	6,7	1,2	1,9	3,1	60,0
Cg-mørk grå	6,5	1,2	2,1	3,4	63,1

Basekation = summen av Ca^{2+} , K^{+} , Mg^{2+} og Na^{+}

3.1.3 Jordprofil 10 (Flytta jord Elvesletta)

Feltobservasjoner

Jordprofil 10 ble gravd ut på tilflytta jordsmonn i forsøksrute 10 på Elvesletta, ca. 60 meter fra elvekanten (nordøstlig retning) og ca. 65 meter sørøst fra jordprofil 7. Det ble ikke observert stein og blokk i overflaten eller fjell i dagen i umiddelbar nærhet. Det var heller ingen spor etter erosjon. Under beskrivelsen var det skyet opphold med sol utover dagen (ca. 7 °C), og det hadde vært oppholdsvær de siste 7 døgn (v/Hokksund målestasjon). Den naturlige dreneringen ble vurdert som dårlig. Fuktighetsgraden i profilet var svak i Ap, med en gradvis overgang til svært fuktig under 65 cm. Kort tid etter utgraving rant det inn vann, som stabiliserte seg på 85 cm. Den naturlige dreneringen ble vurdert som dårlig under feltbeskrivelsen. Figur 3.7 viser de tre sjiktene det var mulig å dele inn i under profilbeskrivelsen. Ap1 og Ap2 hadde til sammen en tykkelse på 36 cm, og det ble observert røtter ned til 40 cm. Under Ap2 var det en brå teksturendring ned til et Cg-sjikt hovedsakelig bestående av mellomsand. Resultat fra kornfordelingsanalysen, innhold av OM og jordart er vist i Tabell 3.5, sammen med jordtetthet, luftpermeabilitet og mettet vannledningsevne.



Figur 3.7: Profilvegg med inntegnede sjiktgrenser for jordprofil 10 på Elvesletta. Profilet viser flyttet jordsmonn



Figur 3.8: Fargeflekker i Ap2 i jordprofil 10.

Tabell 3.5: Kornfordeling, organisk materiale (OM), jordart, jordtetthet (ρ_s), luftpermeabilitet (LP) og mettet vannledningsevne (K_{sat}) for sjiktene i jordprofil 10.

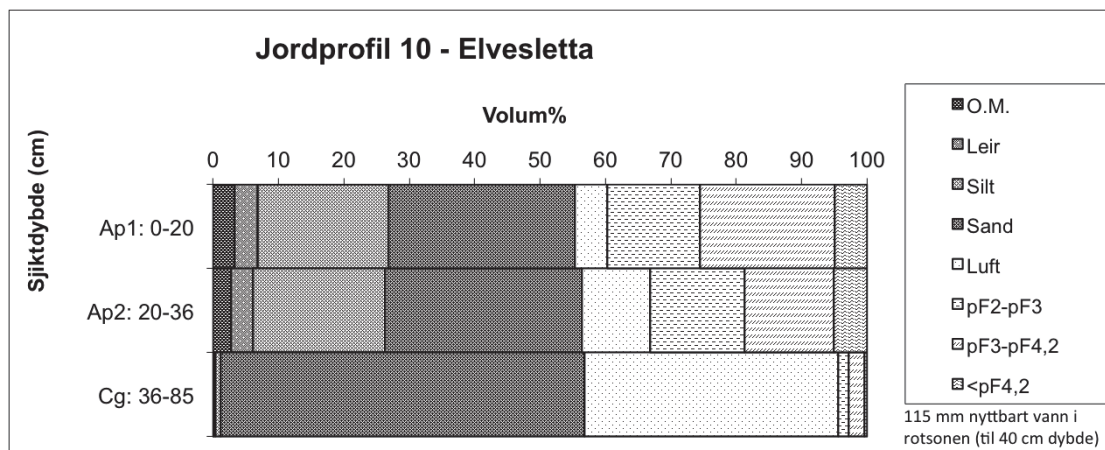
Sjikt	Leir	Silt	Sand	OM (%)	Jordart	ρ_s g/cm ³	LP (μm^2)	K_{sat} (cm/d)
Ap1	6,8	38,5	54,7	3,1	Siltig finsand	1,47	1	8
Ap2	6,2	37,6	56,1	2,5	Siltig finsand	1,47	2	12
Cg	0,4	1,4	98,1	0,1	Mellomsand	1,54	54	1276

Leir, silt og sand er oppgitt som prosentandeler av partikler <2 mm, slik at summen av de tre er 100%

I øvre del av Cg-sjiktet ble det observert linser av sandig silt, som også forekom i nedre del av Ap2. I Ap-sjiktene ble det funnet noe kantet grov grus. Det ble observert fargeflekker i alle sjikt (Figur 3.8). Det ble ikke funnet stein i Cg-sjiktet, med unntak av én kantet stein på 40x10x25cm i overgangen fra Ap2 og ned til Cg. Nedre del av profilveggen var svært ustabil, og raste delvis ut kort tid etter utgraving. Det steg vondt lukt, karakterisert som hydrogensulfid, opp fra bunnen av profilet på 85 cm. Under sanden var det mørke grå masser av finere tekstur enn mellomsanden, men grunnet vann og innblanding av utraste profilvegger ble det ikke tatt ut en jordprøve fra det underliggende sjiktet. Under feltundersøkelsen ble denne underliggende massen oppfattet som ganske lik den sandige silten som forekom i linsene lengre opp i profilveggen, men med en mørkere grå farge. Generelt var det en del sorte flekker med lite omdannet organisk materiale.

Jordfysiske resultater

Jordtettheten var lik i Ap1 og Ap2, og noe høyere i Cg. Det var en kraftig økning i luftpermeabilitet og mettet vannledningsevne fra Ap1 og Ap2 til Cg. Resultatene fra analysing av vannlagringsevne er fremstilt i et volum-dybdediagram (Figur 3.9). Regnet fra øverst til nederst i profilet var vol. % luft i sjiktene henholdsvis 5, 10 og 39 og vol. % nyttbart vann 35, 29 og 4. Fysisk nyttbart vannlager i rotsonen (ned til 45 cm) var 115 mm.



Figur 3.9: Volum-dybde diagram for jordprofil 10 på Elvesletta. Vol. % luft er ved gitt ved pF 2, mens de gitte pF-intervallene viser vol. % vann bundet ved disse sug/trykk (O.M.= Organisk materiale).

Jordkjemiske resultater

Som vist i Tabell 3.6, øker pH nedover i profilet, fra 6,1 i Ap1 til 6,4 i Cg. CEC og BS fremstilles i samme tabell. Det var nedgang i CEC fra øverste til nederste sjikt, med 0,6 cmol/kg i Cg. For Ap2 og Cg var innholdet av H^+ 0,0 cmol/kg og BS er på 100 %.

Tabell 3.6: pH, kationbyttekapasitet (CEC) og Basemetningsgrad (BS) for sjiktene i jordprofil 10.

Sjikt	pH	H+ cmol(H+)/kg	Basekation cmol/kg	CEC cmol/kg	BS %
Ap1	6,1	2,3	5,7	8,0	71,3
Ap2	6,3	0,0	5,9	5,9	100
Cg	6,4	0,0	0,6	0,6	100

Basekation = summen av Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} og Na^+

3.1.5 Toppjordprøver (fra øvre 20cm)

Gjennomsnittlige verdier med standardavvik for utvalgte jordkjemiske parameterne er vist i Tabell 3.7. Gjennomsnittet for pH i opprinnelig jord ble målt til 0,1 pH-enhet høyere i analysen utført ved Eurofins i forhold til analysen utført ved IMV. På flytta jord var det ingen forskjell mellom de to analyseresultatene. Resultatene fra begge pH-målingene viste signifikant høyere pH i flytta enn i opprinnelig jord.

Ut i fra standard klasseinndeling av jordanalyser, se for eksempel Yara (2014), var gjennomsnittlig innhold av P-AL innenfor klasse *God* i både opprinnelig og flytta jord. Innholdet av K-AL var *Middels* i opprinnelig jord, og i øvre del av klassen *Lite* i flytta jord. K-HNO₃ og Mg-AL i klassen *God* i både opprinnelig og flytta jord. Gjennomsnittlig Ca-AL var henholdsvis 62 og 92 mg/100g, i opprinnelig og flytta jord. Begge verdiene var innenfor klassen *Middels*, og forskjellen var ikke signifikant. Det var signifikant forskjell i Cu-innhold mellom opprinnelig og flytta jord. I opprinnelig jord var Cu-innholdet på 3,0 mg/kg (klasse *God*), og 10 mg/kg (klasse *Meget god*) i den flytta jorda.

Av de resterende parameterne ble det funnet signifikant forskjell mellom opprinnelig og flytta jord for Zn og titrerbar alkalitet. Både for Zn og titrerbar alkalitet var det høyest verdier i flytta jord. Resultatene fra analysering av B viste 0,16 mg/kg i opprinnelig jord (rute 1), og $0,29 \pm 0,10$ mg/kg i flytta jord (rute 5 og 9). For alle ruter på Elvesletta var Na-AL < 5,0 mg/100g. Det var ingen signifikant forskjell i innhold av tot N og C, OM eller glødetap. Ut i fra standard moldklasse-inndeling (Yara 2014) var den opprinnelige jorda i klassen *Moldfattig* (2,6 %), og den flytta jorda var *Moldholdig* (3,17 %).

Tabell 3.7: Resultater fra jordprøver fra toppjorda (øvre 20 cm) i alle forsøksruter på Elvesletta.

	Opprinnelig jord (Gj.snitt ± SD)	Flytta jord (Gj.snitt ± SD)	Signifikans- nivå
Volumvekt (kg/L)	1,4 ± 0,1	1,6 ± 0,1	*
pH (IMV)	5,6	6,2	*
pH (Eurofins)	5,7	6,2	*
P-AL (mg/100g)	9,9 ± 2,0	8,1 ± 2,1	ns
K-AL (mg/100g)	8,0 ± 1,7	6,4 ± 0,7	ns
K-HNO ₃ (mg/100g)	87 ± 5,7	87 ± 7,1	ns
Mg-AL (mg/100g)	3,2 ± 1,1	3,1 ± 0,4	ns
Ca-AL (mg/100g)	62 ± 36	92 ± 36	ns
Cu (mg/kg)	3,0 ± 0,5	10 ± 1,6	***
Mn (mg/kg)	8,2 ± 2,7	10 ± 4,8	ns
Zn (mg/kg)	2,6 ± 1,0	5,4 ± 1,1	**
Tit.alkalitet (mekv/100g)	1,0 ± 0,7	2,0 ± 0,8	*
Total C (% TS)	1,49 ± 0,28	1,85 ± 0,30	ns
Total N (% TS)	0,15 ± 0,04	0,13 ± 0,02	ns
OM (%)	2,56 ± 0,48	3,17 ± 0,51	ns
Glødetap (% TS)	3,0 ± 0,6	3,5 ± 0,4	ns
SD = Standardavvik, OM = Organisk materiale, Tit.alkalitet = Titrerbar alkalitet			
pH (IMV) er analysert ved IMV –laboratoriet på NMBU			
pH (Eurofins) er analysert ved Eurofins Agro Testing Norway AS			

Mellom de to variantene av flytta jord ble det registrert signifikant forskjell for Ca-AL, Zn, titrerbar alkalitet, total C, OM og glødetap. Ca-AL var høyere på den østligste delen (119 ± 31 mg/100g) enn i jorda over Brekkebogen (66 ± 16 mg/100g). Det samme var tilfellet for titrerbar alkalitet, hvor gjennomsnittene var $2,6 \pm 0,7$ mekv/100g og $1,4 \pm 0,5$ mekv/100g, for den østligste delen og jorda over Brekkebogen. Total C, OM og glødetap var alle høyest på den østligste delen. Gjennomsnittlig innhold av OM var 2,8 % i jorda over Brekkebogen, mot 3,5 % på den østligste delen.

3.1.6 Avlingsregistrering og kornanalyser

For rutene som representerte det opprinnelige jordsmonnet (1-4) var gjennomsnittlig avlingen (hvete) 247 kg/daa, og 495 kg/daa for rutene på flytta jord (7-12).

Forskjellen mellom opprinnelig og flytta jord var ikke signifikant. Det var heller ingen signifikant forskjell mellom de to ulike variantene av flytta jord, representert ved rute 7-8 og 9-12. Gjennomsnittlig hektolitervekt for korn fra opprinnelig og flytta

jord var henholdsvis 78 og 77, og var uten signifikant forskjell. Både avlingstall og hektolitervekt med standardavvik er fremstilt i Tabell 3.8.

Innhold av grunnstoff er også fremstilt i Tabell 3.8. Det var ingen signifikante forskjeller mellom opprinnelig og flytta jord i innhold av de målte grunnstoffene.

Tabell 3.8: Gjennomsnittsverdier for avling, hektolitervekt og innhold av grunnstoffer i korn fra Elvenesletta.

	Opprinnelig jord (Gj.snitt ± SD)	Flytta jord (Gj.snitt ± SD)	Signifikans- nivå
Kg/daa (TS)	247 ± 301	495 ± 82	ns
Hektolitervekt	78 ± 1	77 ± 1	ns
Total C (%TS)	44,7 ± 0,1	44,6 ± 0,1	ns
Total N (%TS)	2,50 ± 0,51	2,14 ± 0,12	ns
B (mg/kg)	1,3 ± 0,1	1,3 ± 0,1	ns
Mg (g/kg)	1,4 ± 0,1	1,3 ± 0,1	ns
P (g/kg)	4,0 ± 0,1	3,8 ± 0,1	ns
S (g/kg)	1,6 ± 0,2	1,4 ± 0,1	ns
K (g/kg)	4,5 ± 0,2	4,6 ± 0,1	ns
Ca (g/kg)	0,46 ± 0,04	0,46 ± 0,05	ns
Mn (mg/kg)	36 ± 16	19 ± 6,0	ns
Fe (mg/kg)	33 ± 4,2	30 ±	ns
Cu (mg/kg)	5,1 ± 0,8	5,5 ±	ns
Zn (mg/kg)	29 ± 7,8	29 ±	ns
Cd (mg/kg)	0,047 ± 0,0064	0,053 ± 0,0066	ns
SD= Standardavvik			

Mellom de to variantene av flytta jord var det signifikant forskjell når det gjaldt innhold av Ca i kornet. Rute 7-8 hadde et innhold på $0,40 \pm 0,02$, mens 9-12 inneholdt $0,49 \pm 0,02$.

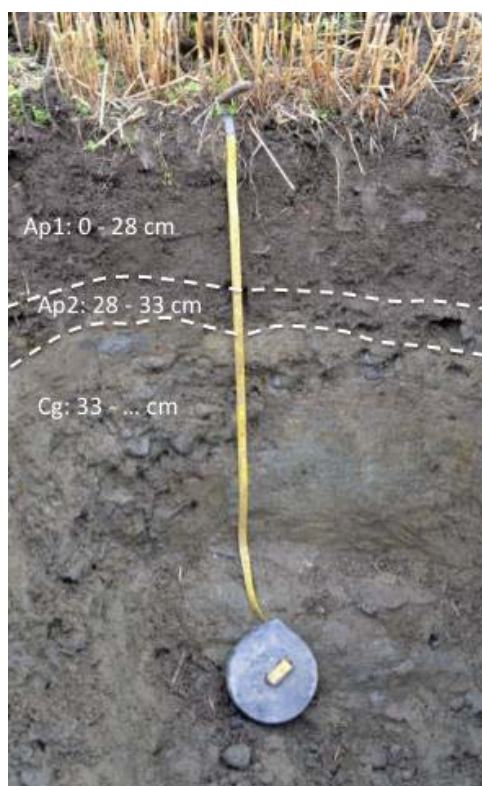
3.2 Steinberghaugen

3.2.1 Jordprofil 15 (Flytta jord Steinberghaugen)

Feltobservasjoner

Jordprofil 15 ble gravd ut i flytta jord på Steinberghaugen, i en nordøstlig hellende konveks (på grensen til konkav) dalside. Det ble ikke observert stein og blokk i overflaten. Det var heller ingen spor etter erosjon. Nærmeste fjell i dagen er ca. 60 meter unna (vestlig retning). Under beskrivelsen var det lettskyet opphold (ca. 15 °C), og det hadde vært ca. 59 mm nedbør siste syv døgn (ved Hokksund målestasjon).

Den naturlige dreneringsgraden ble vurdert som moderat god til ufullstendig. Jorda var svært fuktig og det ble ikke påtruffet grunnvann i løpet av utgravingen. Figur 3.10 viser de tre sjiktene det var mulig å dele inn i under profilbeskrivelsen. Ap1 og Ap2 hadde til sammen en tykkelse på 33 cm. Under Ap2 var det ingen horisontal lagdeling. Massene her ble vurdert som et Cg-sjikt bestående av tre ulike varianter; Cg-leir, Cg-sand og Cg-grus. Totalt i profilgropen forkom variantene Cg-leir og Cg-sand i størst mengder. Cg-leir bestod av siltig lettleire med sandlinser, mens Cg-sand



Figur 3.10: Profilvegg med inntegnede sjikt for jordprofil 15 på Steinberghaugen. Profilet viser flyttet jordsmonn

var siltig finsand men noen leirholdige partier. Grusvarianten viste seg som et belte diagonalt på tvers gjennom profilveggen, vist i Figur 3.10. Dette beltet gikk over to av veggene i profilgropen. Forholdet mellom Cg-sand og Cg-leir var ulikt på de ulike veggene i profilgropen, i en tilfeldig fordeling. Resultat fra kornfordelingsanalysen, innhold av OM og jordart, samt jordtetthet, luftpermeabilitet og mettet vannledningsevne for sjiktene er vist i Tabell 3.9. Det ble observert fargeflekker i Cg-sjiktet, hovedsakelig i Cg-leir. Utgravingen av jordprofilet ble naturlig stanset da det ble påtruffet fast fjell på 80 cm. Det ble observert rotutvikling ned til 80 cm, men med få røtter under 70 cm. Det var noen røtter i alle de tre Cg-variantene. I Cg-grus var røttene i sprekkesoner med finere tekstur mellom grusen. Både rosa (*Aporrectodea rosea*) og grå meitemark (*Aporrectodea caliginosa*) ble observert i Ap1 og Ap2.

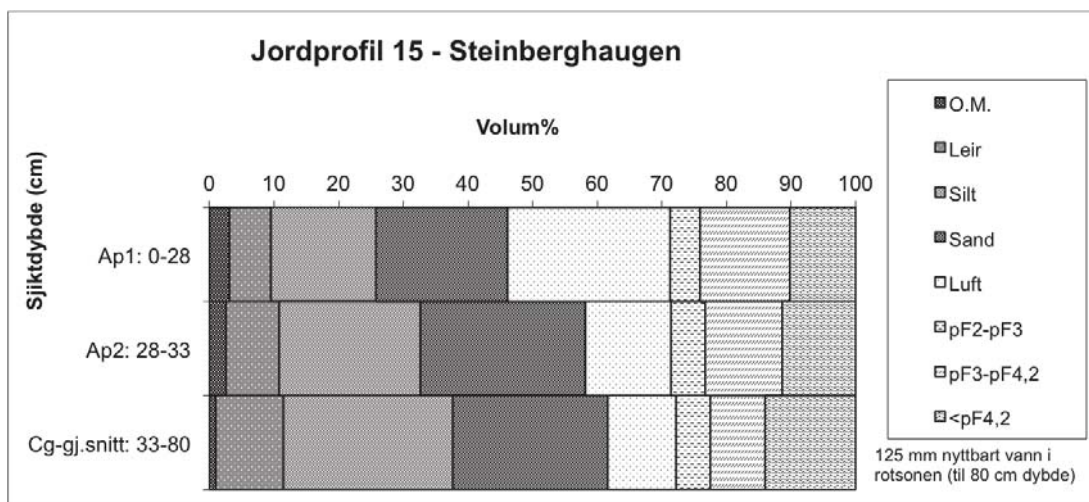
Tabell 3.9: Kornfordeling, organisk materiale (OM), jordart, jordtetthet (ρ_s), luftpermeabilitet (LP) og mettet vannledningsevne (K_{sat}) for sjikt og sjiktvarianter i jordprofil 15.

Sjikt	Leir	Silt	Sand	OM (%)	Jordart	ρ_s g/cm ³	LP (μm^2)	K_{sat} (cm/d)
Ap1	15,0	37,8	47,2	3,4	Lettleire	1,26	42	932
Ap2	14,9	39,3	45,8	2,3	Lettleire	1,57	8	113
Cg-leir	28,4	59,6	12,0	0,8	Siltig mellomleire	1,62	2	15
Cg-sand	6,1	26,9	67,0	0,3	Siltig fin sand	1,75	1	4
Cg-grus	14,8	37,8	47,4	0,6	Lettleire	-	-	-

Leir, silt og sand er oppgitt som prosentandeler av partikler <2 mm, slik at summen av de tre er 100%

Jordfysiske resultater

Det var økende jordtetthet nedover i profilet. Cg-sand hadde den høyeste jordtettheten (1,75 g/cm³). Luftpermeabilitet og mettet vannledningsevne var lavere i Cg-sjiktet enn i Ap-sjiktene. Resultatene fra analysing av vannlagringsevne er fremstilt i et volum-dybde diagram (Figur 3.11). Under Ap2 ble det kun tatt ut prøver fra Cg-leir og Cg-sand, og Cg-snitt i Figur 3.11 er basert på gjennomsnittverdier fra disse to sjikt. Regnet fra øverst til nederst i profilet var vol. % luft i sjiktene henholdsvis 25, 13 og 11 og vol. % nyttbart vann 19, 17 og 13. Fysisk nyttbart vannlager i rotsonen (ned til 80 cm) var 125 mm.



Figur 3.11: Volum-dybde diagram for jordprofil 15 på Steinberghaugen. Vol. % luft er ved gitt ved pF 2, mens de gitte pF-intervallene viser vol. % vann bundet ved disse sug/trykk (O.M.= Organisk materiale).

Jordkjemiske resultater

Tabell 3.10 viser pH, CEC og BS for sjikt og sjiktvarianter i profil 15. Det var generelt en økende pH nedover i profilet fra 6,7 og 6,9 i Ap1 og Ap2, til 7,5 og 7,6 i de ulike variantene av Cg. Ap1 og Cg-leir hadde omtrent tilsvarende verdier for CEC og BS på 100 %. I Cg-sand og Cg-grus var innholdet av H^+ høyere og BS lavere enn de overliggende sjiktene, samt Cg-leir.

Tabell 3.10: pH, kationbyttekapasitet (CEC) og Basemetningsgrad (BS) for sjikt og sjiktvarianter i jordprofil 15.

Sjikt	pH	H ⁺ cmol(H ⁺)/kg	Basekation cmol/kg	CEC cmol/kg	BS %
Ap1	6,7	0,0	10,8	10,8	100,0
Ap2	6,9	0,2	9,0	9,2	97,7
Cg-leir	7,5	0,0	10,3	10,3	100,0
Cg-sand	7,5	3,1	2,7	5,8	46,1
Cg-grus	7,6	1,0	8,3	9,4	88,9

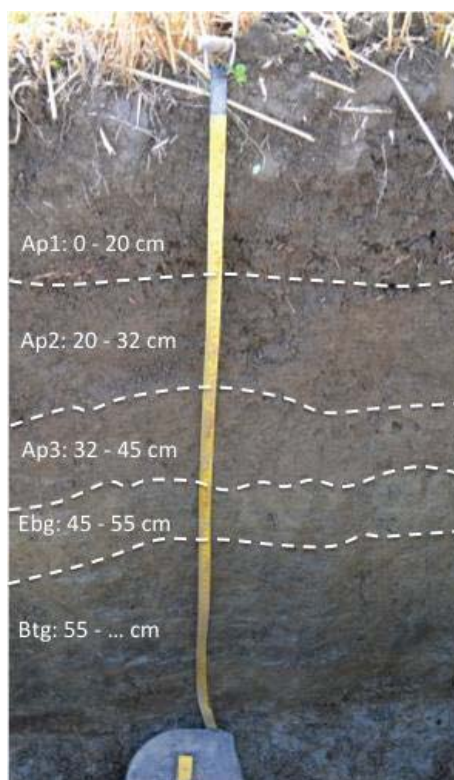
Basekation = summen av Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} og Na^+

3.2.2 Jordprofil 19 (opprinnelig jord Steinberghaugen)

Feltobservasjoner

Jordprofil 19 ble gravd i opprinnelig jord på Steinberghaugen, på en slette med svak helling fra vest mot øst. Det ble ikke observert stein og blokk i overflaten. Det var heller ingen spor etter erosjon. Nærmeste fjell i dagen er ca. 150 meter unna (vestlig retning). Under beskrivelsen var det lettskyet opphold (ca. 15 °C), og det hadde vært ca. 59 mm nedbør siste syv døgn (ved Hokksund målestasjon).

Den naturlige dreneringsgraden ble vurdert som moderat god. Jorda var svakt fuktig i øvre del, og svært fuktig under 60 cm. Det ble ikke påtruffet grunnvann i løpet av utgravingen, ned til 90 cm. Figur 3.12 viser de fem sjiktene det var mulig å dele inn i under profilbeskrivelsen.



Figur 3.12: Profilvegg med innregnede sjiktgrenser for jordprofil 19 på Steinberghaugen. Profilet viser opprinnelig jordsmonn

Ap-sjiktene hadde til sammen en tykkelse på 45 cm. Det ble observert røtter ned til bunnen av profilet, på 90 cm. Røtter under Ap2 var hovedsakelig lokalisert i meitemarkganger, som vist på Figur 3.13. Leirinnholdet var økende nedover i profilet, og det ble funnet leirfilmer på aggregater og på innsiden av meitemarkganger i Btg-sjiktet. Resultat fra kornfordelingsanalysen, innhold av OM og jordart, samt jordtetthet, luftpermeabilitet og mettet vannledningsevne for sjiktene er vist i Tabell 3.11.

Tabell 3.11: Kornfordeling, organisk materiale (OM), jordart, jordtetthet (ρ_s), luftpermeabilitet (LP) og mettet vannledningsevne (K_{sat}) for sjiktene i jordprofil 19.

Sjikt	Leir	Silt	Sand		OM (%)	Jordart	ρ_s g/cm ³	LP (μm^2)	K _{Sat} (cm/d)
Ap1	21,6	66,0	12,4	4,0	21,6	Siltig lettleire	1,19	32	654
Ap2	21,6	66,9	11,5	3,6	21,6	Siltig lettleire	1,44	6	70
Ap3	24,7	66,2	9,1	2,4	24,7	Siltig lettleire	1,61	3	29
						Siltig mellomleire	1,68	4	46
EBg	28,4	64,8	6,9	1,1	28,4	Siltig mellomleire	1,63	3	27
Btg	35,1	60,4	4,5	0,4	35,1	Siltig mellomleire			

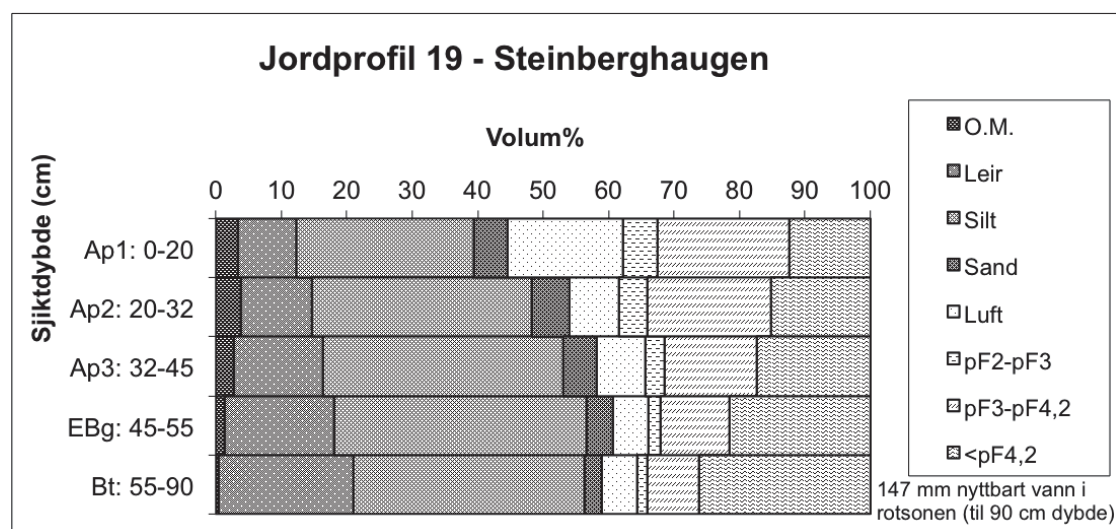
Leir, silt og sand er oppgitt som prosentandeler av partikler <2 mm, slik at summen av de tre er 100%



Figur 3.13: Rotutvikling i meitemarkgang i Btg-sjiktet i jordprofil 19.

Jordfysiske resultater

Det var en generell økning i jordtetthet nedover i profilet. Resultatene fra analysering av vannlagringsevne er fremstilt i et volum-dybde diagram (Figur 3.14). Regnet fra øverst til nederst i profilet var vol. % luft i sjiktene henholdsvis 18, 7, 7, 5 og 5 og vol. % nyttbart vann 25, 23, 17, 13 og 10. Samtidig med en nedgang i vol. % luft og nyttbart vann er det en økning i visnegrense nedover i profilet. Fysisk nyttbart vannlager i rotsonen (ned til 90 cm) var 147 mm.



Figur 3.14: Volum-dybde diagram for jordprofil 19 på Steinberghaugen. Vol. % luft er ved gitt ved pF 2, mens de gitte pF-intervallene viser vol. % vann bundet ved disse sug/trykk (O.M.= Organisk materiale).

Jordkjemiske resultater

Tabell 3.12 viser verdiene for pH, CEC og BS for sjiktene og sjiktvariantene i profilet. Det var økende pH nedover i profilet fra 6,7 i Ap1-3 til 7,1 i Btg. For CEC og BS var det en generell nedgang fra topp til bunn i profilet.

Tabell 3.12: Oversikt over pH, kationbyttekapasitet (CEC) og Basemetningsgrad (BS) for sjikt og sjiktvarianter i jordprofil 19.

Sjikt	pH	H+ cmol(H+)/kg	Basekation cmol/kg	CEC cmol/kg	BS %
Ap1	6,7	2,9	13,1	16,0	81,8
Ap2	6,7	4,6	12,0	16,6	72,4
Ap3	6,7	4,4	11,1	15,5	71,8
EBg	6,9	4,4	9,8	14,1	69,1
Btg	7,1	4,2	9,1	13,2	68,5

Basekation = summen av Ca²⁺, K⁺, Mg²⁺ og Na⁺

3.2.3 Toppjordprøver (fra øvre 20 cm)

Gjennomsnittlige verdier med standardavvik for utvalgte jordkjemiske parameterne målt i toppjord fra Steinberghaugen er vist i Tabell 3.13. På opprinnelig jordsmonn ble gjennomsnittlig pH målt til 6,6 ved IMV, mens den var 0,3 pH-enheter høyere (6,9) i analyseresultatene fra Eurofins. I flytta jord var forskjellen mellom de to analysemetodene 0,2 pH-enheter, også da høyest verdi fra Eurofins. Analysen ved IMV viste høyere pH i flytta enn opprinnelig jord (ikke signifikant), mens analysen ved Eurofins resulterte i like gjennomsnitt for opprinnelig og flytta jord.

Ut i fra standard klasseinndeling av jordanalyser var gjennomsnittlig innhold av P-AL innenfor klasse *God* i opprinnelig og flytta jord, og var uten signifikant forskjell. Det var signifikant høyere innhold av K-AL i den opprinnelige jorda (10 mg/100g) enn i den flytta (8,7 mg/100g). Begge verdier var innenfor klasse *Middels*. I både opprinnelig og flytta jord var innholdet av K-HNO₃ innenfor klasse *Middels*, Ca-AL innenfor klasse *Meget god* og Mg-AL innenfor klasse *God*, uten signifikante forskjeller. Det var signifikant forskjell i Cu-innhold mellom opprinnelig og flytta jord. I opprinnelig jord var innholdet på 5,5 mg/kg, sammenlignet med 8,1 mg/kg i den flytta jorda. Begge verdiene var i samsvar med klassen *Meget godt*.

Det ble også funnet signifikant forskjell innhold av Zn og tot N. Innholdet av Zn var høyest i flytta jord, og det var ikke fare for Zn-mangel på verken opprinnelig eller flytta jord. Den opprinnelige jorda hadde høyest innhold av tot N. Resultatene for analysing av B viste 0,75 mg/kg for opprinnelig jordsmonn (rute 17) og 0,53 mg/kg

for flytta jord (rute 13). For alle ruter på Steinberghaugen var Na-AL < 5,0 mg/100g. Ut i fra standard moldklasse-inndeling var både den opprinnelige og den flytta jorda i klassen *Moldholdig* (3-6%).

Tabell 3.13: Resultater fra jordprøver fra toppjordprøver (øvre 20) cm i alle forsøksruter på Steinberghaugen.

	Opprinnelig jord (Gj.snitt ± SD)	Flytta jord (Gj.snitt ± SD)	Signifikans- nivå
Volumvekt (kg/L)	1,5 ± 0,1	1,6 ± 0,0	**
pH (IMV)	6,6	6,8	ns
pH (Eurofins)	6,9	6,9	ns
P-AL (mg/100g)	13 ± 2,9	12 ± 1,3	ns
K-AL (mg/100g)	10 ± 0,7	8,7 ± 0,5	*
K-HNO ₃ (mg/100g)	160 ± 21,6	148 ± 5,0	ns
Mg-AL (mg/100g)	8,4 ± 1,7	6,0 ± 0,6	ns
Ca-AL (mg/100g)	200 ± 35	203 ± 30	ns
Cu (mg/kg)	5,5 ± 1,0	8,1 ± 0,4	*
Mn (mg/kg)	3,3 ± 0,4	4,0 ± 1,0	ns
Zn (mg/kg)	3,5 ± 1,0	6,5 ± 0,3	*
Tit.alkalitet (mekv/100g)	3,9 ± 0,2	4,4 ± 0,5	ns
Total C (% TS)	2,20 ± 0,13	2,18 ± 0,11	ns
Total N (% TS)	0,18 ± 0,01	0,13 ± 0,01	*
OM (%)	3,78 ± 0,2	3,75 ± 0,19	ns
Glødetap (% TS)	5,1 ± 0,3	4,6 ± 0,2	ns
SD = Standardavvik, OM = Organisk materiale, Tit.alkalitet = Titrerbar alkalitet			
pH (IMV) er analysert ved IMV-laboratoriet på NMBU			
pH (Eurofins) er analysert ved Eurofins Agro Testing Norway AS			

3.2.4 Avlingsregistrering og kornanalyser

For rutene som representerte det opprinnelige jordsmonnet (17-20) var gjennomsnittlig avling (bygg) 798 kg/daa, og 728 kg/daa for rutene på flytta jord (13-16). Avlingen på flytta jord var 9 % lavere enn på opprinnelig jord. Forskjellen var signifikant. Gjennomsnittlig hektolitervekt for korn fra opprinnelig og flytta jord var henholdsvis 63 og 64, og var uten signifikant forskjell.

Innhold av grunnstoffene det ble analysert for er fremstilt i Tabell 3.14. Det var signifikant lavere innhold av B i kornet på flytta jord. Innholdet var 8 % lavere enn i kornet på opprinnelig jord. Det var også signifikant forskjell i Zn-innhold. Her var

innholdet i korn på flytta jord 22 % høyere enn i korn på opprinnelig jord. For de resterende grunnstoffene var det ingen signifikante forskjeller.

Tabell 3.14: Gjennomsnittsverdier for avling, hektolitervekt og innhold av grunnstoffer i korn fra Steinberghaugen

	Opprinnelig jord (Gj.snitt ± SD)	Flytta jord (Gj.snitt ± SD)	Signifikans- nivå
Kg/daa (TS)	798 ± 36	728 ± 18	*
Hektolitervekt	63 ± 1	64 ± 1	ns
Total C (%TS)	44,3 ± 0,1	44,4 ± 0,1	ns
Total N (%TS)	1,31 ± 0,08	1,37 ± 0,11	ns
B (mg/kg)	1,2 ± 0,1	1,1 ± 0,1	*
Mg (g/kg)	1,3 ± 0,0*	1,2 ± 0,0*	ns
P (g/kg)	3,7 ± 0,2	3,5 ± 0,3	ns
S (g/kg)	1,1 ± 0,1	1,1 ± 0,1	ns
K (g/kg)	4,1 ± 0,0*	3,9 ± 0,2	ns
Ca (g/kg)	0,46 ± 0,02	0,48 ± 0,02	ns
Mn (mg/kg)	7,4 ± 0,46	8,7 ± 1,9	ns
Fe (mg/kg)	43 ± 3,8	42 ± 1,7	ns
Cu (mg/kg)	4,2 ± 0,36	4,3 ± 0,16	ns
Zn (mg/kg)	18 ± 2,1	22 ± 2,0	*
Cd (mg/kg)	0,0069 ± 0,0028	0,0063 ± 0,0013	ns
SD = Standardavvik			

For mer detaljerte resultater enn det som er presentert i kapittel 3.1 og 3.2, se vedlegg A til E.

4 Diskusjon

Formålet med oppgaven er å dokumentere hvordan jordflytting har fungert i praksis. Felt- og laboratoriearbeid har derfor utgjort en betydelig del av arbeidet. Diskusjonen tar i hovedsak for seg resultater som bidrar til å svare på den valgte problemstillingen. Undersøkelsene har gitt kunnskap om hvordan jordflytting har fungert i praksis ved to lokaliteter med ulike jordtyper, vekster og ellers generelle dyrkingsforhold.

Jordflyttingene på Elvesletta og Steinberghaugen blir først diskutert hver for seg i kapittel 5.1 og 5.2. I begge tilfeller blir flytta jord sammenlignet med opprinnelig jord i direkte tilknytning innad på samme skifte. Sammensetning av jordarter, utvalgte jordfysiske og jordkjemiske egenskaper, næringsstatus i toppjord og korn, i tillegg til avlingsnivå vil diskuteres for å kunne gi svar på om jordflyttingen har resultert i drivverdige arealer.

Diskusjonen av jordsmonnsoppbyggingen på de to lokalitetene gjøres ut i fra hva som ble funnet i jordprofilene. Mens naturlig jordsmonn er preget av horisontal lagdeling i undergrunnen, er det ikke observert en slik oppbygging for flytta jord. Man kan dermed forvente en større variasjon her. Dette kom tydelig frem gjennom forskjellene i jordprofil 7 og 10 på Elvesletta.

4.1 Elvesletta

4.1.1 Sammensetning av jordarter - jordsmonnsoppbygging

Ap-sjiktene i den flytta jorda består av lignende jordarter som den opprinnelige jorda i direkte tilknytning (hovedsakelig siltig finsand). På den flytta jorda ble både det dypeste (profil 10) og det grunneste (profil 7) Ap-sjiktet funnet, mens total tykkelse på Ap-sjikt i profilet på opprinnelig jord befant seg i mellom disse. Hovedforskjeller i jordsmonnsoppbygging ble først og fremst funnet i undergrunnsjorda (masser under Ap). Undergrunnsjorda i jordprofil 10 skilte seg i størst grad fra opprinnelig jordsmonn, da den besto av masser med grovere tekstur (hovedsakelig mellomsand), uten noe form for lagdeling. I profil 7 besto undergrunnsjorda i stor grad av samme jordarter som ble funnet i det opprinnelige jordsmonnet (siltig finsand og finsand), men uten horisontal lagdeling. Forskjellen mellom opprinnelig jord og flytta jord var så stor at det er rimelig å anta at det under arbeidet med jordflyttingen ikke ble gjort

forsøk på å etterligne det opprinnelige jordsmonnet på Elvesletta. Da det mangler horisontal lagdeling under Ap 2 i begge profiler på flytta jord, er det heller ingen grunn til å tro at det er forsøkt å bevare den opprinnelige lagdelingen hvor massene ble tatt ut. Basert på observasjonene i jordprofilene kan det virke som plasseringen av ulike masser under Ap2 var tilfeldig.

4.1.2 Jordfysiske forhold i profilene

Vannlagringsevne

Jordas evne til å lagre vann er av stor betydning under tørkeperioder i løpet av vekstsesongen (dersom det ikke vannes). Fysisk nyttbart vann i rotsonen ble regnet ut til å være 107 mm (45 cm dybde) i jordprofil 1 (opprinnelig jord), mens det var 81 mm og 115 mm ned til 40 cm i profil 7 og 10 (flytta jord). Riley (1994) beskriver 50 mm som svært lavt og 130 mm som svært høyt nyttbart vannlager i rotsonen, og vurderer evne til å tåle tørke ut i fra en klasseinndeling mellom disse ytterpunktene. Ut i fra denne klassifiseringen var jorda i profil 1 *Middels tørkesterk*, profil 7 *Tørkesvak* og profil 10 *Tørkesterk*. Denne variasjonen vil kunne bidra til ujevn åker i tørkeperioder. Da elva normalt flommer over hver vår, kan man anta at sesongen oftest starter med tilnærmet fullt nyttbart vannlager. Erfaringen fra Elvesletta er at tørkestress i hovedsak forekommer på to sandrygger som går parallelt med elva, på den opprinnelige delen av området (Pers. med. F.A. Stryken). Det skal imidlertid også være områder med særlig tynt Ap-sjikt på den flytta jorda over Brekkebogen, hvor det er opplevd tørkestress (Pers. med. P. Stryken). At vannlagringsevnen på denne delen av Elvesletta i størst grad er knyttet til tykkelsen på Ap-sjiktene går tydelig frem av volum-dybdediagrammet for profil 7 (Figur 3.6), hvor vol. % nyttbart vann har en markant nedgang ved overgangen til underliggende sjikt. Dette er i enda større grad gjeldende for profil 10, hvor nyttbart vann i det underliggende sjikt utgjør kun 4 vol. %. Også på den flytta jorda representert ved dette profilet (den østlige delen) er det erfart tørkestress enkelte år (Pers. med. N. K. Steenberg). I profil 1, på opprinnelig jord er nyttbartvannlager først og fremst lokalisert i Ap-sjiktene og BCg-sjiktet (ned til 39 cm).

Kapillær tilførsel av nyttbart vann til rotsonen fra grunnvann via underliggende sjikt avhenger blant annet av jordart og dybde til grunnvannet (Hillel 2004). Ut i fra kornfordelingen kan det tenkes at det er en lav kapillær tilførsel av nyttbart vann i

profil 1 og 7. I profil 7 vil denne trolig i størst grad skje i sjiktvariantene Cg-grå og Cg-oliven, og i mindre grad i Cg-hovedmasse. Da kornfordelingen viste 98 % sand i Cg-sjiktet i profil 10, kan man ikke regne med noe tilførsel av nyttbart vann fra grunnvannet her. Dette innebærer i så fall at Ap-sjiktene i profil 10 vil være eneste vannforsyning gjennom sesongen (i tillegg til nedbør) etter vannmetning om våren. Høy andel silt i Ap –sjiktene gjør at man kan anta rask oppfylling av nyttbart vannlager så fort grunnvannstanden oppnår kapillær kontakt med Ap2 ved flomepisoder, eller ved nedbør.

Drenering

Fargeflekker kan brukes som indikator på dreneringsforhold. Disse utvikles ved vekslende redoksforhold, noe som ofte forekommer på dårlig drenert jord (Tan 2011). Det ble funnet fargeflekker i samtlige jordprofil på Elvesletta i alle sjikt under Ap2. Sedimentasjonslag med finere tekstur innad i sjiktene i profil 1 vil trolig ha lav vannledningsevne og påvirke den totale vanntransporten i profilet. Større andel fargeflekker over slike lag tyder på at vann kan bli stående her i perioder. Dette er ikke tilfelle i profilene på flytta jord, hvor oppbygging under Ap2 ikke hadde horisontal lagdeling. Likevel ble det funnet fargeflekker i Ap2 i profil 7. Dette sjiktet hadde svært lav mettet vannledningsevne, i tillegg til at mettet vannledningsevne i undergrunnsjorda var lavere i dette profilet enn de to andre. Dette kan være et resultat av komprimeringsskader, da det er vist å kunne gi utslag i dårligere drenering (Gameda et al. 1994a).

I profil 10 er det også verdt å merke seg betydelig høyere vannledningsevne i underliggende sjikt (1276 cm/d) enn i Ap1 (8 cm/d) og Ap2 (12 cm/d), som følge av brå teksturendring. Ved de jordfysiske analysene ble vol. % luft regnet ut ved pF 2, som normalt regnes som feltkapasitet i Norge, og tilsvarer 1 meter sug (-100 hPa). Dersom underliggende sjikt dreneres til det punktet hvor det ikke er en sammenhengende vannfilm gjennom sjiktet og opp til Ap2, vil suget reduseres og man kan anta at reell feltkapasitet i stor grad styres av tykkelsen på Ap1 og Ap2. Både Fystro (1986) og Vigerust og Njøs (1987) beskrev det samme fenomenet som ”hengende vann”, da de undersøkte tykkelsen av matjordlag over sprengsteinmasser. Dersom dette er tilfelle vil jorda ha et høyere vanninnhold ved pF 2 enn det som vanligvis brukes som feltkapasitet. Vol. % drenerbare porer ved pF 2 vil således være

et overestimat av hva man kan forvente ved reell feltkapasitet. Normalt omtales jorda som ”lagelig” for jordarbeiding ved feltkapasitet. Jorda i profil 10 vil antageligvis være bløtere enn hva som er ”lagelig” ved reell feltkapasitet, og det vil ta lengre tid før jorda tørker opp om våren. Da våt jord er særlig utsatt for pakking, kan den praktiske konsekvensen av sen opptørking være et valg mellom stor fare for komprimeringsskader og utsatt våronn.

Det kan imidlertid også tenkes at stort nyttbart vannlager i periodevis skaper oksygenmangel, dersom det går på bekostning av vol. % luft. Vol. % luft i Ap 1 (5 vol. %) var lavere enn normal grenseverdi (10 vol. %) for tilstrekkelig oksygentilgang (Grable & Siemer 1968), mens andelen i Ap2 var tilsvarende grenseverdien. Forekomst av fargeflekker i både Ap1 og Ap2 i profil 10, tyder på at det tidvis er reduserende forhold.

Komprimeringsskader

Zink et al. (2011) presenterte et verktøy for å påvise komprimeringsskader i undergrunnsjord basert på grenseverdier for vol. % luft ved -60 hPa og mettet vannledningsevne. Prinsippet er at man kan definere jorda som komprimeringsskadet dersom luftinnholdet ved -60 hPa er lavere enn 5 vol. % og mettet vannledningsevne er under 10 cm/d. Verktøyet er laget for undergrunnsjord, men er også benyttet for å estimere skader i Ap-sjikt (Seehusen 2014). Da vol. % luft i denne undersøkelsen er gitt ved -100 hPa, er grenseverdien noe lav, men brukes likevel som indikator. Basert på undersøkelser av luftpermeabilitet og vol. % luft kan det se ut som Ap1 i profil 10 har størst komprimeringsskader. Til tross for vol. % luft over grenseverdien, tyder verdier for mettet vannledningsevne på at det også er noe komprimeringsskader i profil 1 og 7. I følge Nils Steenberg skal det ha vært stor dumpertrafikk på Elvesletta, og det ble brukt bulldosere til planering av massene. Steenberg observerte synlig redusert avling i kjøresporene frem til 90-tallet. Dette samsvarer med flere studier, som viser at tunge kjøretøy kan gi langvarige komprimeringsskader i undergrunnsjord (Etana & Håkansson 1994; Gameda et al. 1994b). Da jorda i profil 1 også synes å være mer komprimert enn optimalt ($K_{Sat} < 10$ cm/d) i de tre øvre sjiktene, kan det tolkes som at komprimeringsskadene ikke bare er en konsekvens av selve flyttingen, men også kan forklares av jordbrukstrafikk i ettertid. Silt og våt jord er særlig utsatt

for pakking. Da det i dette tilfellet er plassert siltige masser på en lokalitet med periodevis vannmetting synes dette å gjøre arealet særlig pakkingsutsatt.

4.1.3 Jordkjemiske forhold i profilene

CEC speiler jordas evne til å binde og utveksle de næringsstoffene som forekommer som positivt ladde ioner (Brady & Weil 2010). Analyseresultatene for CEC på Elvesletta viste gjennomgående lave verdier både i opprinnelig og flytta jord. Forskjellen var generelt liten mellom Ap1-sjiktene i de ulike profilene, og noe større i de underliggende sjiktene. Under Ap1 var CEC lavest i profil 10, med 0,6 cmol/kg i Cg-sjiktet. CEC har positiv sammenheng med mengden partikkeloverflater med negativ ladning, som i stor grad knyttes til innhold av OM og leire (Havlin et al. 2014). Lavere CEC kan derfor forklares av lavere innhold av OM og grovere tekstur.

BS viser hvor stor prosentandel av CEC som utgjøres av basekationene (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} og Na^{+}) (Havlin et al. 2014), og det er således ønskelig med høy BS i dyrka jord. BS var høyere på den flytta jorda, enn den opprinnelige, som direkte konsekvens av lavere H^{+} -konsentrasjon. Dette samsvarer med at det også var høyere pH-verdier i den flytta jorda. Man forventer økende basemetningsgrad med økende pH opp til 7,0.

4.1.4 Toppjorda (øvre 20 cm) på Elvesletta

Næringsstatus i toppjorda vil avhenge både av opphavsmateriale til massene og gjødsling- og kalkingspraksis. For de jordkjemiske analysene fra toppjorda ble det registrert signifikante forskjeller mellom opprinnelig og flytta jord for volumvekt, pH, Cu, Zn og titrerbar alkalitet.

Både pH målingene fra IMV og Eurofins viste signifikant høyere pH i flytta jord (6,2) enn i opprinnelig jord (5,6-5,7). Den flytta jorda hadde også signifikant høyere bufferkapasitet (målt som titrerbar alkalitet). Bufferkapasitet viser jordas evne til å motvirke seg pH-endringer (Brady & Weil 2010). Den opprinnelige delen av Elvesletta, samt den flytta jorda over Brekkebogen (rute 5-8) har hatt samme kalkingsregime etter jordflyttingen, og det er derfor rimelig å anta at ulik bufferkapasitet i stor grad forklarer ulik pH her. Den østligste delen av Elvesletta har ikke vært kalket siden 1981, men rutene her hadde likevel høyere gjennomsnittlig pH enn jorda over Brekkebogen og den opprinnelige. Tekstur og mengde OM i jorda brukes for å bestemme kalkingsbehov for å høyne pH til gitt nivå i jordbruksjord

(Yara 2014). Da disse i stor grad påvirker jordas bufferkapasitet (Havlin et al. 2014), kan ulik bufferkapasitet indikere at kalkingsbehovet kan variere på de ulike delene av skifte. pH i den opprinnelige jorda (5,6-5,7) er noe lavt i forhold til hva som er optimalt for hvete (ca. 6,0 - 6,5), mens pH i den flytta jorda er omtrent i midten av optimalintervallet (Nome & Nedrebø 1979). Da pH påvirker tilgjengeligheten av flere næringsstoffer, vil ulik pH kunne resultere i ulikt opptak i plantene (Aasen 1997). Da kornprøvene likevel ikke viste noen signifikante forskjeller i innhold av de målte grunnstoffene, ser dette ikke ut til å være tilfelle på Elvesletta. Basert på undersøkelsene kan det dermed se ut som forskjell i pH ikke har stor praktisk betydning.

Det ble funnet signifikant høyere innhold av Zn og Cu i den flytta jorda. Innholdet verken i opprinnelig eller flytta jord indikerte fare for mangel. Zn- og Cu-holdige soppmiddel eller gjødselslag, gruvedrift, industri, kloakkslam og avfallskompost kan være årsaker til høyt innhold av disse næringsstoffene i jorda (Aasen 1997). Det ble kjørt ut avløpsslam på Elvesletta i 2014, men da det ble kjørt på hele skifte er det ikke grunn til å tro at dette har vært utslagsgivende for ulikt innhold i jorda. Signifikant høyere innhold av Zn og Cu i den flytta jorda skyldes mest sannsynlig at den flytta jorda hadde et høyere innhold av disse næringsstoffene enn den opprinnelige jorda allerede da den ble lagt på Elvesletta.

Når det gjelder innhold av de øvrige målte makro- og mikronæringsstoffene i jorda var det generelt små forskjeller mellom flytta og opprinnelig jord. Analyseresultatene viste verdier som ikke tilsa fare for mangel for verken P, K, Mg, Ca, Cu eller Zn. Mn-innholdet må ses i sammenheng med pH og oksygeninnholdet i jorda (Aasen 1997). Da lav pH og lite oksygen fremmer den plantetilgjengelige formen av Mn, er det heller ikke grunnlag for å anta fare for Mn-mangel. Det var ingen signifikant forskjell i verken total C eller total N, og C/N-forholdet var henholdsvis 10 og 14 på opprinnelig og flytta jord. Generelt vil det foregå en mineralisering av N (omdanning fra organisk til uorganisk N) i jorda dersom C/N-forholdet er under 20 (Havlin et al. 2014). Da plantene hovedsakelig tar opp uorganisk N, innebærer dette at OM i jorda bidrar med nitrogen til plantene både på opprinnelig og flytta jord i omtrent like stor grad, dog sannsynligvis noe mer i opprinnelig jord.

Mellom de to variantene av flytta jord ble det funnet signifikante forskjeller for for Ca-AL, Zn, titrerbar alkalitet, total C, OM og glødetap. En mulig forklaring på høyere innhold av OM på den østligste delen kan være at det er en saktere nedbryting av OM som følge av mer reduserende forhold i toppjorda her. Da den østligste delen ble drevet av Steinberg gård frem til 2013, kan ulik praksis fra gårdbrukere være med å forklare forskjeller.

4.1.5 Avlingsregistreringer og kornanalyser

Det ble ikke registrert signifikant forskjell i avling mellom opprinnelig jord og flytta jord, til tross for omtrent 100 % høyere avling på flytta jord. Dette kan i stor grad forklares av det store standardavviket til avlingen på opprinnelig jord som oppstod ved å sette avlingen i rute 2 og 3 til 0 kg/daa. Avlingen ble satt til 0 kg/daa da det ble vurdert som så lite korn at en tresker ikke ville fått det med seg. Da de andre rutene på Elvesletta ble høstet for hånd, kan det tenkes at disse er ”overestimert” i forhold til hva en forsøkstresker kunne registrert. I så fall vil 0 kg/daa bli et ”underestimat” i forhold til andre ruter som er høstet for hånd. Ved å ta bort rute 2 og 3, istedenfor å sette avlingen til 0 kg/daa, ble gjennomsnittet på opprinnelig jord 495 ± 163 kg/daa. Dette er lik avling som på flytta jord, og gav dermed heller ikke signifikant forskjell mellom opprinnelig og flytta jord.

I følge nåværende gårdbruker, Finn Arild Stryken, var den totale avlingen på Elvesletta i 2015 lavere enn normalt, og ugressmengden høyere, trolig som følge av en kald periode etter såing (Pers. med. F. A. Stryken). F. A. Stryken har også erfart at avlingen på Elvesletta normalt er jevnere enn den var i 2015. Likevel tyder resultatene fra 2015 på at avlingsnivået på den flytta jorda er minst på høyde med nivået på opprinnelig jord. Ved å sammenligne med gjennomsnittsavlingen for hvete i Buskerud i perioden 2004 til 2014 på 409 ± 70 kg/daa (Statistisk Sentralbyrå 2016), fremstår avlingen på flytta jord som normal, og avlingen på opprinnelig jord som noe lavere. Det er imidlertid viktig å presisere at avlingsnivået generelt var høyt på Østlandet i 2015 sammenlignet med normalår (Haraldsen 2016). Overnevnte sammenligninger må også ses i sammenheng med at avlingsnivå i dette forsøket presenteres på tørrstoffbasis, og sammenlignes med avlingstall for korn med 15 % vanninnhold.

Da avlingsnivået på Elvesletta varierer stort mellom år, avhengig av flomsituasjonen, har det ikke vært mulig for tidligere gårdbruker, P. Stryken å registrere noe trend i avlingsnivå fra jordflyttingen og frem til 2007 på den flytta jorda over Brekkebogen (Pers. med. P. Stryken). N. K. Steenberg observerte heller ingen trend på den østligste delen frem til 2013 (Pers. med. N. K. Steenberg).

Analyseresultatene av kornet viste ingen signifikante forskjeller for innhold av de målte grunnstoffene i korn fra opprinnelig og flytta jord. Da det generelt var små forskjeller for næringsinnholdet i toppjorda på Elvesletta, var dette som forventet. Proteininnholdet har flere år vært høyt nok til å selges som mathvete (Pers. med. F. A. Stryken).

4.2 Steinberghaugen

4.2.1 Sammensetning av jordarter – jordsmonnsoppbygging

Ap-sjiktene på den flytta jorda (profil 15) besto av lettleire, mens det er siltig lettleire i tilsvarende sjikt på opprinnelig jordsmonn (profil 19). Det var høyere innhold av både leir og silt i den opprinnelige jorda i disse sjiktene. Ap-sjiktene i opprinnelig jord gikk også dypere (45 cm) enn i flytta jord (33 cm). Den største forskjellen i jordsmonnsoppbygging var likevel i undergrunnsjorda. Også i undergrunnsjorda var det generelt høyere innhold av leir og silt i opprinnelig jordsmonn. På lik linje med Elvesletta var det ingen horisontal lagdeling under Ap-sjiktene i flytta jord. Det ble funnet tre ulike varianter av et Cg-sjikt, og ”omrøringen” var såpass stor at det er ikke er rimelig å anta at en slik lagdeling ble etterstrebet i flytteprosessen. Basert på observasjonene i jordprofilene kan det virke som plasseringen av ulike masser under Ap2 i profil 15 var tilfeldig. Etter jordflyttingen var det et høyt innhold av stein i jorda, som måtte fjernes ved steinplukking i de påfølgende årene (Pers. med N. K. Steenberg).

Jordprofil 15 ble gravd ned til det som under feltarbeidet ble oppfattet som fast fjell, på 80 cm. Ved å se på landskap og terreng rundt, ca. 60 meter unna fjell i dagen, virket dette sannsynlig. Det er imidlertid også mulig at det var en stor stein. I Lågs beskrivelse av jordflyttingen går det frem at tiltenkt jorddybde var på minst 1 meter, men at det antas at det over et lite parti kun er 70 cm jorddekke som følge av en oppstikkende fjellknaus. Ved å se på kart over profil området (Figur 2.1), kan tenkes

at jordprofil 15 ble gravd ut ”på vei ned” fra denne oppstikkende fjellknausen, som trolig er forhøyningen like sørvest for forsøksrute 13. Figur 4.1 viser plasseringen av jordprofil 15. Den oppstikkende fjellknausen som ble tildekket med jord, skal være like bak forsøksrute 13, som er bak til venstre i figuren.



Figur 4.1: Jordprofil 15 på Steinberghaugen. Profilet ble gravd ut i en nordøstlig hellning.

4.2.2 Jordfysiske forhold i profilene

Vannlagringsevne

Generelt finere tekstur og høyere innhold av OM bidrar til større nyttbart vannlager, i tillegg til høyere visnegrense, i opprinnelig jord i forhold til flytta jord. Fysisk nyttbart vannlager i rotsonen var henholdsvis 125 og 147 mm (til 80 og 90 cm dybde) i profil 15 (flytta jord) og profil 19 (opprinnelig jord). Den flytta jorda ser dermed ut til å være mindre tørkesterk enn den opprinnelige. Ut i fra klassifiseringen til Riley (1996), kan likevel den flytta jorda beskrives som *Tørkesterk*, og den opprinnelige som *Veldig tørkesterk*. Erfaringen til N. K. Steenberg er at det generelt er et tørkesterkt skifte, men at det enkelte år forekommer tørkestress på ca. 3-4 daa sørvest på skifte (Pers. med. N.K. Steenberg). Dette er den samme delen av skifte hvor det antas noe tynnere jorddekke. Da det sannsynligvis er variasjon i oppbygging av undergrunnsjorda innad på den flytta jorda, kan det også tenkes at lavere vannlagringsevne kan skyldes at det

er andre jordarter. F. A. Stryken har ikke opplevd tørkestress på Steinberghaugen siden han overtok drifta av jorda i 2013 (Pers med. F. A. Stryken).

Drenering

Til tross for høyere innhold av leir i opprinnelig jord, sammenlignet med flytta, ble det funnet høyere mettet ledningsevne i underliggende sjikt i den opprinnelige jorda. Generelt har jordarter med grovere tekstur høyere mettet vannledningsevne enn jordarter med finere tekstur (Skøien 2003). Den naturlige dreneringen ble vurdert til moderat god, noe som er bedre enn man vanligvis finner på leirjord uten grøftesystem (pers. med. T. K. Haraldsen). Under profilbeskrivelsen ble det på opprinnelig jord observert dyp jordsmonnutvikling. Det er sannsynligvis god struktur, med godt utviklet poresystem med sammenhengende porer nedover, som er hovedårsaken til relativt høy mettet vannledningsevne. Viktigheten av tilstrekkelig sammenhengende poresystem i B-sjiktet, som kan kunne sørge for både drenering og gassutveksling, gjennomgås av Vigerust og Njøs (1987). Den flytta undergrunnsjorda, oppfyller ikke dette i like stor grad som undergrunnsjorda i opprinnelig jord. Cg-sand hadde særlig lav mettet vannledningsevne (4 cm/d). Det ble imidlertid observert rotutvikling i sprekkesoner med lettleire mellom grusen i Cg-grus. Sprekker og bioporer (porer laget av for eksempel røtter eller meitemark) i dette sjiktet bidrar trolig til noe høyere mettet vannledningsevne totalt i Cg-sjiktet, enn hva som fremgår av analyseresultatene. Denne kapasiteten ble imidlertid ikke fanget opp i analysemateriale, da det ikke ble tatt ut sylinderprøver fra dette sjiktet. Dreneringen fremstår likevel som noe dårligere på flytta jord enn opprinnelig.

Komprimeringsskader

Ut i fra komprimeringsindeksen til Zink et al. (2011) kan det se ut som vol. % luft kun er under grenseverdi (< 5 vol%) under 45 cm i profil 19. Da mettet vannledningsevne på tilsvarende dyp er over grenseverdi (10 cm/d) synes jorda likevel ikke å ha kritiske komprimeringsskader. På den flytta jorda ble det funnet mettet vannledningsevne på 4 cm/d i Cg-sand, noe som var betydelig under grenseverdien. Da vol. % luft var 11, synes det ikke å være kritisk. Dette signaliserer likevel at mettet vannledningsevne er lavere enn optimalt, og kan dermed nedsette jordas evne til drenering. Dette kan trolig forklares av jordtettheten (1,75 g/cm³).

4.2.3 Jordkjemiske forhold i profilene

Det var gjennomgående høyere CEC i sjiktene funnet i profil 19 (opprinnelig jord) enn i profil 15 (flytta jord). Dette kan i stor grad forklares ut i fra høyere innhold av OM og finere tekstur. I profil 19 var det nedgang i CEC nedover i profilet. Dette samsvarer med en samtidig nedgang i OM. Leirnedvasking er trolig årsak til at nedgangen er såpass svak, og indikerer at sjiktene i det opprinnelige jordsmonnet har større evne til å holde på næringsstoffer enn sjiktene funnet i flytta jord. Dette forklares mest sannsynlig av at den opprinnelige jorda har hatt vesentlig lengre tid til å utvikle seg. I profil 15 lå CEC mellom 9,2 og 10,8 cmol/kg, med unntak av 5,8 cmol/kg i Cg-sand. Man kan anta at lavere CEC i Cg-sand skyldes lavere innhold av OM og grovere tekstur. Man forventer økende BS med økende pH, og BS på ca. 100 % ved pH 7,0 (noe avhengig av jordtype) (Havlin et al. 2014). Dette samsvarer ikke med funnene i profilene på Steinberghaugen. I profil 15 ble det funnet BS på 46,1 og 88,9 % i Cg-sand og Cg-grus, med pH 7,5 og 7,6. Også i de to dypeste sjiktene i profil 19 er BS lavere enn hva man skulle forvente i forhold til pH-verdiene. Det kan se ut som at det er feil ved analysering av H^+ som er årsaken til uforventede resultater, og det er i så fall rimelig å anta at BS i realiteten er nærmere 100 % i sjiktene hvor pH er høy. Ved en H^+ -konsentrasjon på 0 cmol/kg, kan man anta at CEC er omtrent tilsvarende konsentrasjonen av basekationer. Til tross for at CEC-verdiene mest sannsynlig er overestimert, vil forskjellen mellom de to profilene trolig være riktig. Da analysering og utregning av H^+ er gjort samtidig for prøvene fra Elvesletta og Steinberghaugen er det trolig også en overestimering av CEC og underestimering av BS på Elvesletta.

4.2.4 Toppjorda (øvre 20 cm) på Steinberghaugen

Analyseprøvene av toppjorda viste generelt få forskjeller mellom opprinnelig og flytta jord. Parameterne hvor det ble funnet signifikante forskjeller i toppjorda var volumvekt, K-AL, Cu, Zn og total N. For K-AL var innholdet størst i den opprinnelige jorda. Både totalinnhold og K-AL øker normalt med leirinnholdet i jorda (Skøien 2003), og da det ble funnet mer leir i den opprinnelige jorda enn den tilflytta var forskjell i K-AL ikke uventet. Innholdet av både K-AL og K- HNO_3 var *Middels* på både opprinnelig og flytta jord, noe som ikke tilsier fare for mangel. For P-AL, Ca-AL og Mg-AL var innholdet henholdsvis *Godt*, *Meget godt* og *Godt*, og dermed lav fare for mangel både på opprinnelig og flytta jord.

På lik linje med Elvesletta var det signifikant høyere innhold av både Cu og Zn i den flytta jorda. Da tilført avløsslamm også her ble fordelt på hele skiftet, er det mest sannsynlig at ulikt innhold skyldes at den tilflytta jorda allerede hadde et høyere innhold. Dette støtter teorien om at massene flytta til Steinberghaugen og til Elvesletta har samme opphav. Heller ikke på Steinberghaugen var det fare for mangel av Cu og Zn verken på opprinnelig eller flytta jord.

Signifikant høyere innhold av total N i den opprinnelige jorda, bidro til et noe høyere C/N - forhold på den flytta jorda ($C/N = 17$) sammenlignet med den opprinnelige ($C/N = 12$). Da begge verdier er under 20 kan man regne med en netto mineralisering. N-bidraget fra jorda vil mest sannsynlig være størst i den opprinnelige jorda.

Det ble ikke registrert signifikant forskjell i pH. Det er likevel interessant å merke seg at det ble ulike resultater fra de to målemetodene som er benyttet. Analysen ved IMV resulterte i 0,2 pH-enheter høyere gjennomsnitt på flytta jord (6,8) enn opprinnelig jord (6,6). Gjennomsnittstall av resultatene fra Eurofins viste ingen forskjell, i tillegg til høyere verdi (pH 6,9).

4.2.5 Avlingsregistreringer og kornanalyser

Det var signifikant lavere avling på flytta jord i forhold til opprinnelig jord på Steinberghaugen. Både avlingen på opprinnelig og flytta jord, på henholdsvis 798 og 728 kg/daa, er imidlertid betydelig høyere enn gjennomsnittlig byggavling i Buskerud for perioden 2004 -2014, på 337 ± 52 kg/daa. Til tross for generelt høye avlinger i 2015 (Haraldsen 2016), tyder resultatene på at det er høyt avlingsnivå både på flytta og opprinnelig jord. Avlingene på Steinberghaugen var på nivå med det som ble funnet gjennom avlingsregistreringer i Follo (2015), hvor forhold for jordbruk regnes som svært gode (Haraldsen 2016).

Avlingsnivået har generelt vært høyt siden 1984 (Pers. med. N. K. Steenberg). I 1983 skal avlingene ha vært dårlige, både på flytta og opprinnelig jord, som følge av ugunstige værforhold. I 1984 ble det imidlertid svært gode avlinger på begge delene av skifte, og det ble anslått en avling på ca. 700 kg/daa med havre (Pers. med. N. K.

Steenberg). I følge nåværende gårdbruker F. A. Stryken, var avlingen i 2015 høyere enn normalt, på lik linje med det generelle avlingsnivået i Nedre eiker (Pers. med. F. A. Stryken).

Analyseresultatene av kornet viste signifikant lavere innhold av B i korn på flytta jord. Da det også var lavere innhold av B i rute 13 (flytta jord) enn i rute 17 (opprinnelig jord), var dette som forventet. Zn-innhold i korn var signifikant høyere på flytta jord enn opprinnelig. Også her samstemte det med jordprøvene, som viste signifikant høyere innhold av Zn i flytta jord. Til tross for signifikant høyere innhold av K-AL i opprinnelig jord, ble det ikke funnet tilsvarende utslag for innhold av K i kornet.

4.3 Felles diskusjon for jordflyttingene i Nedre Eiker

Det ble funnet ulike jordsmonnsoppbygginger for flytta jord på Elvesletta og Steinberghaugen. Basert på undersøkelsene ser det ut som oppbyggingen av flytta jord på Steinberghaugen har resultert i egenskaper som er mer egnet for jordbruksdrift enn på Elvesletta. Det er imidlertid viktig å presisere at de naturlige forholdene på Elvesletta, med fluktuerende grunnvannstand, gjør situasjonen der mer krevende. Det er således ikke jordsmonnsoppbyggingen alene som setter begrensninger for arealet.

Haraldsen et al. (2015) gjennomgikk viktige momenter for optimalt resultat av jordflytting. Krav til jordegenskaper ble i hovedsak knyttet til vannlagringsevne, muligheter for rotutvikling, moldinnhold og innhold av stein. Disse var i stor grad oppfylt på den flytta jorda på Steinberghaugen, med unntak av stort innhold av stein. På Elvesletta var det noe varierende vannlagringsevne. Oppbygging, særlig den østligste delen, bidrar til reduserte muligheter for rotutvikling i underliggende sjikt.

4.3.1 Kunne jordflyttingen vært gjennomført på en bedre måte?

Både på Elvesletta og Steinberghaugen synes det å være et ”forbedringspotensial” i forhold til hvordan en i dag ville anbefalt å gjøre arbeidet. På Steinberghaugen ble det store innholdet av stein i jorda trukket frem som den største utfordringen ved det opparbeidede arealet (Pers. med. N. K. Steenberg). Også på Elvesletta var det nødvendig å fjerne stein fra de delene av arealet hvor det var stort innhold av stein i undergrunnsjorda (som i profil 7), og Ap-sjiktet var såpass grunt at jordarbeiding dro stein opp i toppjorda (Pers. med. P. Stryken). Høyt innhold av sprengstein i jorda kan

være en konsekvens av at ulike masser ikke er tilstrekkelig skilt fra hverandre (Haraldsen 2012), og er således i stor grad mulig å unngå dersom man er klar over problemstillingen.

Da det var indikasjoner på komprimeringsskader ved begge lokaliteter, kan det tenkes at dette ikke er vektlagt i særlig grad da arbeidet ble utført. Haraldsen et al. (2015) presenterte også hovedmomenter i forhold til uttak, transport og utlegging av jord for optimalt resultat av jordflytting. Det legges her vekt på at behandling av masser i størst grad bør foregå når jorda er lagelig (relativt lavt vanninnhold) dersom komprimeringsskader skal minimeres. Bruk av dumpere og hjullastere bør begrenses til planlagte anleggsveier, og planeringer bør foregå med beltegående gravemaskin fremfor bulldoser. Lignende prinsipper ble også lagt til grunn for arbeidet med massehåndtering på tidligere Fornebu flyplass (Haraldsen & Pedersen 2001). I arbeidet i Nedre Eiker ble det i stor grad benyttet dumpere til transport av masser, gravemaskin til utlegging, og bulldoser til planering (Pers. med. N. K. Steenberg).

I jordprofil 7 på Elvesletta kan det tenkes at en omrøring av Ap1, Ap2 samt øvre del av underliggende sjikt kunne hatt en positiv effekt. Det samme er gjeldende i profil 10. Dette kunne økt innhold av sand i øvre del, og dermed muliggjort en raskere opptørking etter vårflo. Det ville også ført til mindre brå overganger mellom sjikt, samtidig som det kunne ha utvidet rotsonen. Dette må imidlertid vurderes opp mot at innholdet av OM i toppjorda i så tilfelle vil reduseres.

4.3.2 Evaluering av metode

Både på Elvesletta og Steinberghaugen ble det funnet variasjon i jordarter og avsetningstyper mellom egne undersøkelser og hva som er gitt av kartleggingstjenestene til NIBIO og NGU. Den opprinnelige delen av Elvesletta var eksempelvis kartlagt som tykk havavsetning hos NGU og elve- eller breelvavsetning av NIBIO. Undersøkelsene tyder på at NIBIOS kartlegging var riktig i dette tilfellet. Videre har NIBIO funnet fem ulike teksturklasser i plogsjiktet på flytta jord på Steinberghaugen, hvor ingen samsvarte med kornfordelingsanalysen av Ap1 i profil 15. Det er også interessant at NIBIO har kartlagt jordkvaliteten som *God* på flytta jord både på Steinberghaugen og Elvesletta, mens denne undersøkelsen har funnet store forskjeller mellom arealene. Det kan derfor virke som at det er nødvendig med

tilleggsundersøkelser for å få en tilstrekkelig detaljert kartlegging av jordegenskaper på skiftenivå, slik som det ble gjort i denne undersøkelsen. Dette påpekes også av Haraldsen (2012). Dette er også viktig å være klar over dersom slike kartlegginger brukes til planlegging av gjødsling og kalking.

Analysering av pH i toppjordprøven ved to ulike metoder, viste noe ulikt resultat. Forskjellen mellom resultatene fra de to ulike metodene var størst på Steinberghaugen, hvor det generelt var høy pH. Dette kan tyde på at forskjellen mellom metodene er større ved høy pH.

4.3.3 Forslag til videre arbeid

Avlingsregistreringer over flere år vil kunne gi et sikrere estimat av avlingsnivået både på Elvesletta og Steinberghaugen. Det vil også vise størrelsen på variasjon mellom år på de to lokalitetene.

Det hadde også vært interessant å foretatt en grundigere undersøkelse av jordfauna, som blant annet påvirker jordstruktur, lufttilgang og vanntransport. Dette kunne gitt kunnskaper om hvordan jordfaunaen påvirkes av en så omfattende forandring, som jordflytting innebærer.

5 Konklusjon

Jordflyttingen i Nedre Eiker har resultert i to arealer som begge er drivverdige for kornproduksjon. Basert på undersøkelsene i 2015 fremstår produksjonen som høy på Steinberghaugen, og normal på Elvesletta. Stor variasjon i avling mellom år, som følge av flomsituasjon til Drammenselven, har gjort det vanskelig for gårdbrukerne å se utvikling av avlingsnivå over tid på Elvesletta. På Steinberghaugen er det erfart et generelt høyt avlingsnivå siden 1984 og frem til i dag.

De største forskjellene mellom opprinnelig og flytta jord på begge lokaliteter ble funnet i undergrunnjorda, og forskjellene i toppjorda (øvre 20 cm) var små etter 35 år. I motsetning til opprinnelig jord, ble det ikke funnet noe form for horisontal lagdeling under Ap-sjiktene i flytta jord. I de tre jordprofilene som ble gravd ut på flytta jord, ble det observert tre ulike sammensettinger av jordarter og oppbygginger av jordsmonn. Jordsmonnsoppbyggingen under Ap-sjiktene fremsto som tilfeldig.

Oppbyggingen av jordsmonn på Elvesletta har resultert i utfordringer i hovedsak knyttet til drenering og begrensede muligheter for rotutvikling i undergrunnsjorda. Siltig jord i Ap-sjiktene, kombinert med dårlig drenering har gjort arealet særlig utsatt for komprimeringsskader. På Steinberghaugen var vannlagringsevne og drenering noe dårligere i flytta jord enn opprinnelig jord. Det var signifikant lavere avling på flytta jord, men avlingsnivået ble likevel ansett som høyt, både på flytta og opprinnelig jord.

6 Litteraturliste

- Aasen, I. (1997). *Mangelsjukdomar og andre ernæringsforstyrningar hos kulturplanter*. 2. utg. Otta: Landbruksforlaget.
- Aune, B. (1993). *Temperaturnormaler, normalperiode 1961-1990*: DNMI-Rapport 02/93 Klima.
- Bartles, J. M. & Bigham, J. M. (red.). (1996). *Methods of Soil Analysis Part 3 Chemical Methods*. Wisconsin, USA: Soil Science Society of America, Inc.
- Brady, N. C. & Weil, R. R. (2010). *Elements of the nature and properties of soils*. 3 utg. New Jersey, USA: Pearson Education, Inc., Prentice Hall. 614 s.
- Børresen, T. & Haugen, L. E. (2003). *Jordfysikk, Øvelseskurs JORD221 - Felt og laboratorieøvelser*. Ås, NLH: Institutt for plante- og miljøvitenskap.
- Børresen, T. (2014). *Jordfysikk, øvelser JORD230*. Ås, NMBU: Institutt for miljøvitenskap.
- Egnér, H., Riehm, H. & R., D. W. (1960). Untersuchungen über die chemische Bodenanalyse als Grundlage für die Beurteilung des Nährstoffzustandes der Böden. II Chemische Extraktionsmethoden zur Phosphor- und Kaliumbestimmung. *Kungliga Lantbrukshögskolans Annaler*, 26: 188-215.
- Eijkelkamp. (2007). *Operating instructions - 08.01 sandbox*: Eijkelkamp Agrisearch Equipment. Tilgjengelig fra: <https://www.eijkelkamp.com/files/media/Gebruiksaanwijzingen/EN/m1-0801sandbox.pdf> (lest 17.02.16).
- Etana, A. & Håkansson, I. (1994). Swedish experiments on the persistence of subsoil compaction caused by vehicles with high axle load. *Soil and Tillage Research*, 29 (2): 167-172.
- Fystro, G. (1986). *Sprengningsmasser til jordbruksformål. Behov for jorddekking*. Masteroppgave. Norges landbrukshøgskole, Ås.
- Gameda, S., Raghavan, G., McKyes, E., Mehuys, G., Watson, A. & Duval, J. (1994a). Profile characteristics of a clay soil under heavy axle load compaction. *Soil and Tillage Research*, 29 (2): 189-194.
- Gameda, S., Raghavan, G., McKyes, E., Watson, A. & Mehuys, G. (1994b). Long-term effects of a single incidence of high axle load compaction on a clay soil in Quebec. *Soil and Tillage Research*, 29 (2): 173-177.
- Grable, A. R. & Siemer, E. (1968). Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potentials, and elongation of corn roots. *Soil Science Society of America Journal*, 32 (2): 180-186.

- Haraldsen, T. K. & Pedersen, P. A. (2001). *Fra flyplass til grønne parker. Håndbok for massehåndtering på Fornebu*. Jordforsk rapport 2001 Nr. 57, 16 s.
- Haraldsen, T. K. (2012). *Flytting av oppdyrket jordsmonn for reetablering av jordbruksarealer. En oversikt over erfaringsgrunnlag og vurderinger av risiko for spredning av skadelige organismer*. Bioforsk rapport 7 (181), 28 s.
- Haraldsen, T. K., Grønsten, H. A. & Mæhlum, T. (2015). *Flytting av jordsmonn og oppbygging av nye jordbruksarealer. Faglig vurdering av løsninger knyttet til nytt IKEA varehus på S9 ved Deli, Vestby kommune*. Bioforsk rapport 10 (12), 69 s.
- Haraldsen, T. K. (2016). *Kornavling og kornkvalitet på utvalgte jordtyper i Follo for vekstsesongene 2014 og 2015. Avlingsregistreringer knyttet til arealer for bygging av ny E 18 i Follo og IKEA Vestby*. NIBIO rapport 2 (73), 20 s.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L. & Beaton, J. B. (2014). *Soil fertility and fertilizers - An introduction to nutrient management*. 8 utg. USA: Pearson, Inc. 516 s.
- Hillel, D. (2004). *Introduction to environmental soil physics*. USA: Elsevier Academic press. 494 s.
- Hårklau, S. E. (2013). *Kompensasjon av jordbruks- og naturområder: Litteraturstudie med anbefalinger og vurdering av kostnader*. Samferdselsdepartementet rapport nr. 124873/01, 140 s.
- Krogstad, T., Jørgensen, P., Børresen, T. & Kolnes, A. G. (1991). *Manual for kornfordelingsanalyse etter pipettemetoden*. Ås, NLH: Institutt for jordfag.
- Krogstad, T. (1992). *Metoder for jordanalyser*. Ås, NLH: Institutt for Jordfag.
- Landbruksdirektoratet. (2016). *Jordvern*. Tilgjengelig fra: [https://www.slf.dep.no/no/miljo-og-okologisk/areal-og-jordvern/jordvern - dyrka-og-dyrkbar-jord-er-en-begrenset-ressurs](https://www.slf.dep.no/no/miljo-og-okologisk/areal-og-jordvern/jordvern-dyrka-og-dyrkbar-jord-er-en-begrenset-ressurs). (lest 04.04.16).
- Låg, J. (1979). Omgjøring av impediment til produktiv arealer ved påfylling av jordmasse. *Jord og Myr*, 3 (5): 159-162.
- Låg, J. (1981). Omkostninger ved påfylling av jord over fjelloverflate på Stenberghaugen, Nedre Eiker. *Jord og Myr*, 5 (5): 105-109.
- Munsell. (2009). *Munsell soil-color charts with genuine Munsell® color chips*. 2009 Year Revised. Munsell Color, Grand Rapids, MI 49512.
- Nedre Eiker Kommune. (2016). *Nedre Eiker kommunes kartløsning*. Tilgjengelig fra: <http://kart4.nois.no/nedreeiker/Content/Main.asp?layout=nedreeiker&time=1461762888&vwr=asv> (lest 14.04.16).
- Nelson, J. L., Boawn, L. C. & F. G. Viets, J. (1959). A method for assessing zinc status of soils using acid-extractable zinc and "titratable alkalinity" values. *Soil Science*, 88: 275-283.

- NIBIO. (2016). *Kilden - jordsmonn*. Tilgjengelig fra:
http://kilden.skogoglandskap.no/?X=6635614.86&Y=217887.52&zoom=11&lang=nb&topic=jordsmonn&bgLayer=graa_tone_cache&layers_opacity=0,0.75,0.75,0.75&layers=basis_eiendomsgrenser,jm_tekstgrupper_plogsjikt,jm_wrb_grupper,jm_avsetningstyper,basis_gnr_bnr&catalogNodes=38,207,69
 (lest 17.02).
- Nome, A. & Nedrebø, O. (1979). *Plantekultur*. 2. utg. Oslo: Landbruksforlaget. 246 s.
- Prop. 127 S (2014-2015). *Jordbruksoppgjøret 2015 - endringer i statsbudsjettet 2015 m.m. Vedlegg 4: Nasjonal jordvernstrategi*. Oslo: Landbruks- og matdepartementet.
- Riley, H. (1994). Irrigation needs and strategies on soils of south-east Norway. Proc. NJF-seminar no 247 'Agrohydrology and nutrient balances'. Institusjon för markvetenskap, SLU, avd. för lantbrukets hydroteknik, Meddelande 94 (5): 34-37.
- Riley, H. (1996). Estimation of physical properties of cultivated soils in southeast Norway from readily available soil information. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences (Norway)*. Supplement no. 25 1996.
- Seehusen, T. (2014). *Reduced soil tillage and soil compaction in cereal-growing under Norwegian farming conditions : studies of compaction risk, soil structure, crop yields, weediness and overwintering of Fusarium*. PhD avhandling. Norges miljø og biovitenskapelige universitet, Ås.
- Skøien, S. (2003). *Jordlære*. Oslo: GAN Forlag AS. 198 s.
- Sloreby, B. (2009). Tjente på å slå seg sammen og vise samarbeidsvilje. *Norsk Landbruk*, 2009 (8): 16-20.
- St.meld. nr 9 (2011-2012). *Landbruks- og matpolitikken: Velkommen til bords*. Oslo: Landbruks- og matdepartementet.
- Statens Vegvesen. (2016). *Ny jord*. Tilgjengelig fra:
<http://www.vegvesen.no/vegprosjekter/e18ostfold/Delprosjekter/Retvet-Vinterbro/ny-jord> (lest 17.04.16).
- Statistisk Sentralbyrå. (2016). *Korn og oljevekster, areal og avlinger*: Statistisk sentralbyrå. Tilgjengelig fra:
<https://www.ssb.no/statistikkbanken/selectout/pivot.asp?checked=true> (lest 13.05.12).
- Sveistrup, T. E. (1984). Retningslinjer for beskrivelse av jordprofil. *Jord og Myr*, 8 (2): 30-77.
- Sveistrup, T. E. & Njøs, A. (1984). Kornstørrelsesgrupper i mineraljord. Revidert forslag til klassifisering. *Jord og Myr*, 8 (1): 8-15.
- Tan, K. H. (2011). *Principles of soil chemistry*. 4 utg. Florida, USA: CRC Press, Taylor & Francis Group. 362 s.

- Torstenson, G. & Erikson, S. (1936). A new method for determining the porosity of the soil. *Soil Science*, 42: 405-417.
- Vigerust, E. (1987). Avslutta avfallsdynger - kan vi dyrke der? *Jord og Myr*, 11 (6): 216-221.
- Vigerust, E. & Njøs, A. (1987). Sprengning, omgraving og masseflytting. *Jord og Myr*, 11 (5): 164-174.
- Yara. (2014). *Gjødselhåndbok 2014/2015*.
- Yr. (2016). *Været som var - Hokksund målestasjon, Øvre Eiker (Buskerud)*.
Tilgjengelig fra:
http://www.yr.no/sted/Norge/Buskerud/%C3%98vre_Eiker/Hokksund_m%C3%A5lestasjon/statistikk.html (lest 29.01.16).
- Zink, A., Fleige, H. & Horn, R. (2011). Verification of harmful subsoil compaction in loess soils. *Soil and Tillage Research*, 114 (2): 127-134.

Vedlegg A – Beskrivelse av jordprofiler

Jordprofil 1– Opprinnelig jord Elvesletta

Informasjon om profilstedet

Beskrevet: 02.10.2015 av Torhild Narvestad Anda

Klassifisering: Gleysol

Koordinater: Euref 89 UTM 32 554778 Ø 6625349 N

Værforhold: Lettskyet til skyet opphold (ca. 13 °C), oppholdsvær siste 7 døgn (v/Hokksund målestasjon)

Landskap omkring profilet: Elveslette, svak helning ned mot elva

Vegetasjon: Hveteåker

Informasjon om jordsmonnet

Opphavsmateriale: Breelv- eller elveavsetning

Humustype: Mold

Dreneringsgrad: Dårlig drenering (Jorda er gråaktig og har fargeflekker helt opp til humussjiktet)

Fuktighetsforhold i jorda: Fra svakt til svært fuktig nedover i profilet

Grunnvannsnivå: Ikke påtruffet grunnvann

Stein og blokker på overflaten: Ingen

Fjell i dagen: Ingen

Erosjon: Ingen erosjonsspor

Oversvømmelse: Området oversvømmes normal hver vår og ved ekstremnedbør om høsten

Beskrivelse av de enkelte sjikt i jordprofil 1

Ap1 0-23 cm	Mørk gråbrun (2,5 Y 4/2) siltig fin sand, moldfattig (2,2 % OM), moderat grad av grynstruktur og skarpkantet blokk, skjør konsistens, svakt klebrig, svakt plastisk, få middels til mikro porer, mange svært fine røtter, skarp og plan sjiktgrense
Ap2 23-31 cm	Mørk gråbrun (2,5 Y 4/2) siltig fin sand, moldfattig (1,6 % OM), svak til moderat grad av platestruktur som deles i skarpkantet i blokk og mindre plater, skjør konsistens på platene men faste blokker, ikke klebrig, svært svakt plastisk, få fine til mikro porer, få svært fine røtter, skarp og plan sjiktgrense
Bg 31-39 cm	Mørk grå (5 Y 4/1) siltig finsand med noen fine, mørkebrune til brune (7,5 YR 4/4), klare og tydelig avgrensa fargeflekker, moldfattig (0,5 % OM), moderat grad av prismatisk struktur som går over i skarpkantet blokk, skjør konsistens, svakt klebrig, ikke plastisk, få fine til mikro porer, få svært fine røtter, skarp og plan sjiktgrense
BCg 39-72 cm	Lys olivenbrun (2,5 Y 5/3) farge i øvre del av sjiktet og grå (2,5 Y 5/0) i nedre del, noen horisontale hvite (2,5 Y 6/2) striper, sterk grad av marmorering i form av mange fine til grove, røde (2,5 YR 4/6), fremtredende og skarpt til diffust avgrensa fargeflekker, fin sand med flere horisontale lag av finere kornstørrelser i mellom, moldfattig (0,1 % OM), svak grad av skarpkantet blokkstruktur, skjør konsistens, svakt klebrig, ikke plastisk, få middels til fine porer, få svært fine røtter i meitemarkganger ned til 45cm, diagonale og horisontale og noen vertikal meitemarkganger, skarp og plan sjiktgrense
Cg 72 -	Mørk grå (5 Y 4/1) siltig finsand med noen horisontale grå striper, mange sterkt brune (7,5 YR 4/6), gulig røde (5 YR 5/8) og mørk rødbrune (2,5 YR 3/4), fremtredende og skarpt til diffust avgrensa fargeflekker, moldfattig (0,2 % OM) svak grad av skarpkantet blokkstruktur, skjør til fast konsistens, svakt klebrig, svakt plastisk, få middels til mikro porer

Jordprofil – Elvesletta 7

Informasjon om profilstedet

Beskrevet: 09.10.2015 av Torhild Narvestad Anda

Klassifisering: Regosol

Koordinater: Euref 89 UTM 32 555037 Ø 6625322 N

Værforhold: Skyet opphold (ca. 7 °C), ca. 0 mm nedbør siste syv døgn

Landskap omkring profilet: Slette, 0-2 % helning fra nordøst mot sørvest.

Vegetasjon: Hveteåker

Informasjon om jordsmonnet

Opphavsmateriale: Menneskepåvirket materiale

Humustype: Mold

Dreneringsgrad: Dårlig drenering

Fuktighetsforhold i jorda: svakt fuktig i Ap, svært fuktig i nedre halvdel av profilet

Grunnvannsnivå: Vann piples inn på 85 cm

Stein og blokker på overflaten: Ingen

Fjell i dagen: Ingen

Erosjon: Ingen erosjonsspor

Oversvømmelse: Området oversvømmes normal hver vår og ved ekstremnedbør om høsten

Beskrivelse av de enkelte sjikt i profilet

Ap1	0-20 cm	Veldig mørk gråbrun (2,5 Y 3/2) siltig finsand, moldfattig (2,5 % OM), moderat grad av grynstruktur og skarpkantet blokk, skjør til fast konsistens, ikke klebrig, ikke plastisk, mange middels til svært fine porer, mange svært fine røtter, skarp og plan sjiktgrense
Ap2	20-26 cm	Mørk gråbrun (2,5 Y 4/2) lettleire med noen tydelige (når aggregatene åpnes) røde fargeflekker (2,5 YR 4/6) og noen mørke grå (5 Y 4/1) sjatteringer, moldfattig (2,3 % OM), moderat grad av grynstruktur og skarpkantet blokk, fast konsistens, svakt klebrig, ikke plastisk, noen fine til svært fine porer, få svært fine røtter, skarp og bølgende sjiktgrense
Cg	26 -	Det ble funnet tre ulike varianter innenfor Cg: <i>Cg-hovedmasse:</i> Lys olivenbrun (2,5 Y 5/3) fin sand med noen fine røde (2,5 Y 4/6) og få fine gulbrune (10 YR 5/7), fremtredende, tydelig avgrensa fargeflekker, moldfattig (0,2 % OM), svak grad av skarpkantet blokkstruktur, skjør konsistens, svakt klebrig, ikke plastisk, få fine porer, få svært fine røtter ned til 40 cm <i>Cg-Olivensand:</i> Oliven (5 Y 4/3) siltig fin sand med noen diffuse rødbrune fargeflekker, moldfattig (0,2 % OM), svak grad av skarpkantet blokkstruktur, fast konsistens, svakt klebrig, svakt plastisk, få fine og svært fine porer <i>Cg-mørk grå:</i> Mørk grå (5 Y 4/1) siltig finsand, mold (0,6 % OM), svak grad av skarpkantet blokkstruktur, fast konsistens, svakt klebrig, svakt plastisk, få svært fine porer

Jordprofil – Elvesletta 10

Informasjon om profilstedet

Beskrevet: 14.10.2015

Klassifisering: Regosol

Koordinater: Euref 89 UTM 32 555071 Ø 6625267 N

Værforhold: Skyet opphold, sol utover dagen (ca. 7 °C), oppholdsvær siste syv døgn

Landskap omkring profilet: Flat slette

Vegetasjon: Hveteåker

Informasjon om jordsmonnet

Opphavsmateriale: Antropogene masser

Humustype: Mold

Dreneringsgrad: Dårlig drenering

Fuktighetsforhold i jorda: Svakt fuktig i Ap, gradvis overgang til svært fuktig under 65 cm

Grunnvannsnivå: Vann rant inn på 85 cm kort tid etter utgraving av profilet

Stein og blokker på overflaten: Ingen

Fjell i dagen: Ingen

Erosjon: Ingen erosjonsspor

Oversvømmelse: Området oversvømmes normal hver vår og ved ekstremnedbør om høsten

Beskrivelse av de enkelte sjikt i profilet

Ap1 0 – 20 cm	Veldig mørk gråbrun (2,5 Y 3/2) siltig fin sand med noen fine til middels tydelige rødbrune fargeflekker, moldfattig (3,1 % OM), moderat grad av grynstruktur og avrundet blokk, skjør til fast konsistens, ikke klebrig, ikke plastisk, noen middels til svært fine porer, mange svært fine røtter, skarp og plan sjiktgrense
Ap 2 20 – 36 cm	Mørk gråbrun (2,5 Y 4/2) siltig finsand med noen, fine, rødbrune (5 YR 4/3), klare, tydelig avgrensa fargeflekker langs røttene, moldfattig (2,5 % OM), moderat grad av skarpkantet blokkstruktur, fast konsistens, ikke klebrig, ikke plastisk, få fine til svært fine porer, noen svært fine røtter, skarp og plan sjiktgrense
C 36 –	Lys brungrå til gråbrun (2,5 Y 5,5/2) mellomsand med få grove gulrøde (5 YR 4/6) til røde (2,5 YR 4/6) klare/fremtredende tydelige fargeflekker, moldfattig (0,1 % OM), enkeltkornstruktur, få fine og svært fine porer, ingen røtter ble observert under 40 cm. Massen inneholdt linser av mørk grå (5Y 4/1) sandig silt

Jordprofil – Steinberghaugen 15

Informasjon om profilstedet

Beskrevet: 23.09.15 av Torhild Narvestad Anda, Trond Knapp Haraldsen og Tore Krogstad

Klassifisering: Regosol

Koordinater: Euref 89 UTM 32 555319 Ø 6625215 N

Værforhold: Lettskyet opphold (ca. 15 °C), ca. 59 mm nedbør siste syv døgn (ved Hokksund målestasjon).

Landskap omkring profilet: Nordøstlig hellende konveks dalside (på grense til konkav)

Vegetasjon: Byggåker

Informasjon om jordsmonnet

Opphavsmateriale: Antropogene masser

Humustype: Mold

Dreneringsgrad: Moderat god til ufullstendig drenering

Fuktighetsforhold i jorda: Svært fuktig

Grunnvannsnivå: Ikke påtruffet grunnvann

Stein og blokker på overflaten: Ingen

Fjell i dagen: Ca. 60 meter unna

Erosjon: Ingen erosjonsspor

Oversvømmelse: Ingen tegn til oversvømmelse

Beskrivelse av de enkelte sjikt i profilet

- Apl 0-28 cm Svært mørk grålig brun (10YR 3/2) lettleire, moldfattig (3,4 % OM), moderat grad av grynstryktur og avrundet blokk, skjør til svært skjør konsistens, svakt klebrig, plastisk, få middels til mikro porer, mange svært fine røtter, skarp og plan sjiktgrense.
- Ap2 – 28-33 Mørk grålig brun (2,5 Y 4/2) lettleire, moldfattig (2,3 % OM), moderat platestruktur som lett sprekker opp i blokk og noe gryn hvor det har vært meitemarkganger, skjør konsistens, svakt klebrig, ikke plastisk, få middels til mikro porer, mange svært fine og noen fine røtter, skarp og bølgende sjiktgrense
- Cg – 33 - Det ble funnet tre ulike varianter innenfor Cg-sjiktet:
Cg-leire: Gråbrun (2,5 Y 5/2) siltig mellomleire med noen, små, sterkt brune (7,5 YR 5/6) fremtredende fargeflekker, moldfattig (0,8 % OM), svak grad av platestruktur, fast konsistens, klebrig, plastisk, noen middels til mikro porer, noen svært fine røtter
Cg-sand: Gråbrun (2,5 Y 5/2) siltig finsand med mørke grå (7,5 YR 4/0) leirfiller, moldfattig (0,3 % OM), svak grad av platestruktur, skjør konsistens, ikke klebrig, ikke plastisk, få porer, noen svært fine røtter
Cg-grus: Gråbrun (2,5 Y 5/2) grusholdig lettleire, modlfattig (0,6 % OM), moderat grad av skarpkantet blokk mellom den grove grusen, svært fast konsistens på skarpkantet blokk, få middels til fine porer, noen røtter som følger de finere massene mellom grusen.
Røtter ned til 80 cm, men få under 70 cm.

Jordprofil – Steinberghaugen 19

Informasjon om profilstedet

Beskrevet: 23.09.15 av Torhild Narvestad Anda, Trond Knapp Haraldsen og Tore Krogstad

Klassifisering: Albeluvisol

Koordinater: Euref 89 UTM 32 555412 Ø 6625165 N

Værforhold: Lettskyet opphold (ca. 15 °C), ca. 59 mm nedbør siste syv døgn (ved Hokksund målestasjon).

Landskap omkring profilet: Flat slette

Vegetasjon: Byggåker

Informasjon om jordsmonnet

Opphavsmateriale: Havavsetning

Humustype: Mold

Dreneringsgrad: Moderat god drenering

Fuktighetsforhold i jorda: Fuktig ned til 60 cm, deretter svært fuktig

Grunnvannsnivå: Ikke påtruffet grunnvann, står vann i makroporer, ser vann i sprekker og meitemarkganger på 90 cm

Stein og blokker på overflaten: Ingen

Fjell i dagen: Nærmeste fjell i dagen er selve Steinberghaugen, ca. 150m nordvest for profilet.

Erosjon: Ingen erosjonsspor

Oversvømmelse: Ingen tegn til oversvømmelse

Beskrivelse av de enkelte sjikt i profilet:

Ap1 0 – 20 cm	Svært mørk gråbrun (10 YR 3/2) siltig lettleire, moldholdig (4,0 % OM), moderat grynstruktur og noe skarpkantet blokk, skjør konsistens, ikke klebrig, ikke plastisk, noen fine og svært fine samt få middels porer, mange svært fine røtter, skarp og plan sjiktgrense
Ap2 20 – 32 cm	Mørk gråbrun til svært mørk gråbrun (10 YR 3,5/2) siltig lettleire, moldholdig (3,6 % OM), moderat grad av grynstruktur og noe skarpkantet blokk, skjør konsistens, ikke klebrig, ikke plastisk, noen fine og svært fine porer, få middels porer, mange svært fine røtter, tydelig bølgende sjiktgrense
Ap3 32 – 45 cm	Grå/gråbrun til mørk grå/gråbrun (10 YR 4 ½ / 1 ½) siltig lettleire, moldfattig (2,4 % OM), moderat grad skarpkantet blokkstruktur, skjør konsistens, ikke klebrig, ikke plastisk, få fine til mikro porer, få svært fine røtter, tydelig bølgende sjiktgrense
EBg 45 – 55 cm	Grå (10 YR 5/1) siltig mellomleire, moldfattig (1,1 % OM), moderat grad av prismatisk struktur som går over i plater, skjør konsistens, svakt klebrig, plastisk, noen grove til mikro porer, få fine røtter (hovedsakelig i meitemarkganger), gradvis og uregelmessig sjiktgrense
Btg 55 –	Mørk grå til mørk gråbrun (2,5 Y 4/1) siltig mellomleire, moldfattig (0,4 % OM), sterk grad av prismatisk struktur som deles i skarpkantet blokk og som igjen går over til korn, klebrig, plastisk, noen grove til mikro porer, få fine (gamle) røtter, leirfilmer på aggregatene av skarpkantet blokk

Vedlegg B – Jordfysiske resultater fra profilprøver

Tabell B.1: Resultat fra jordfysiske undersøkelser av sjikt i profiler på Elvesletta. Alle tall er gjennomsnitt av tre syninderprøver.

Profilnr.	Sjikt	ρ_s	Pore- volum	Luft -100hPa	Vann, uttak	Metningsvol.	Vann -20hPa	Vann 100Pa	Vann 1000hPa	Vann 15Bar	Vann15 Bar	Nyttbart vann	LP
		g/cm3	vol%	vol%	vol%	vol%	vol%	vol%	vol%	vekt%	vol%	vol%	μm^2
1	Ap1	1,37	48,5	14,9	29,7	42,8	42,0	33,6	16,8	4,29	5,87	27,7	1,1
	Ap2	1,54	42,2	11,7	29,4	37,4	36,7	30,5	16,7	3,11	4,78	25,7	1,0
	BCg	1,56	41,2	10,4	31,7	38,4	37,2	30,8	11,2	1,98	3,08	27,7	0,4
	Cg1	1,48	44,9	29,7	29,5	42,1	39,9	15,1	3,9	0,52	0,76	14,4	4,96
	Cg2	1,62	39,3	27,1	32,0	38,7	37,4	12,1	9,0	0,37	0,60	11,5	3,8
7	Ap1	1,41	47,6	11,7	34,2	41,7	40,9	35,9	24,4	3,92	5,53	30,3	2,7
	Ap2	1,45	45,6	9,6	35,2	43,1	42,5	35,9	23,7	4,10	5,95	30,0	0,5
	Cg	1,63	35,6	18,6	23,0	32,0	30,9	17,0	6,8	0,93	1,52	15,5	2,2
10	Ap1	1,47	44,6	4,9	36,9	42,8	41,8	39,7	25,5	3,33	4,89	34,9	1,2
	Ap2	1,47	43,5	10,3	33,2	39,4	37,7	33,2	18,6	3,45	5,05	28,1	1,5
	Cg	1,54	43,1	38,7	12,3	32,9	15,5	4,4	2,8	0,24	0,37	4,0	54,0

Tabell B.2: Resultat fra jordfysiske undersøkelser av sjikt i profiler på Steinberghaugen. Alle tall er gjennomsnitt av tre syninderprøver

Profilnr.	Sjikt	ρ_s	Pore- volum	Luft -100hPa	Vann, uttak	Metningsvol.		Vann -20hPa	Vann 100Pha	Vann 1000hPa		Vann 15Bar	Vann15 Bar		Nyttbart vann	LP
						vol%	vol%	vol%	vol%	vol%	vekt%	vol%	vol%	vol%		
15	Ap1	1,26	53,9	25,2	29,1	48,4	32,2	28,7	28,7	24,1	8,1	10,2	18,5	42,4		
	Ap2	1,57	41,9	13,3	28,5	42,0	32,1	28,5	28,5	23,3	7,3	11,4	17,2	8,5		
	Cg-leir	1,62	41,7	9,9	30,1	40,3	32,9	31,8	31,8	29,9	14,0	22,7	9,1	1,9		
	Cg-sand	1,75	34,9	11,1	24,3	36,8	30,3	23,8	23,8	14,9	3,1	5,4	18,4	0,7		
19	Ap1	1,19	55,5	17,7	38,5	53,1	41,8	37,8	37,8	32,6	10,4	12,3	25,5	32,4		
	Ap2	1,44	46,0	7,5	39,1	47,1	41,1	38,4	38,4	34,1	10,6	15,2	23,2	5,9		
	Ap3	1,61	41,8	7,4	34,1	43,1	35,8	34,4	34,4	31,4	10,8	17,4	17,1	3,0		
	EBg	1,68	39,4	5,5	34,0	39,8	35,1	33,9	33,9	32,1	12,8	21,6	12,3	4,2		
	Btg	1,63	41,1	5,5	35,7	42,8	36,7	35,6	35,6	34,0	16,0	26,1	9,5	2,9		

Vedlegg C – Jordkjemiske resultater fra profilprøver

Tabell C.1: Jordkjemiske resultat fra alle sjikt i profilene på Elvesletta.

Profilnr.	Sjikt	Leir	silt	sand	Tot. C %	Tot. N %	pH (IMV)	H+ cmol(H+) /kg	Ca cmol(1/2Ca ²⁺) /kg	K cmol(k+) /kg	Mg cmol(1/2Mg ²⁺) /kg	Na cmol(Na+)/kg	CEC cmol/kg	BS %
1	Ap1	8,5	41,3	50,2	1,25	0,115	6,0	5,8	2,3	0,4	0,4	0,0	8,9	34,3
	Ap2	7,7	45,4	46,9	0,93	0,080	5,6	6,5	1,7	0,2	0,3	0,1	8,7	26,0
	E/B	5,6	31,9	62,5	0,27	0,019	5,6	4,6	0,7	0,2	0,2	0,1	5,7	19,2
	Cg1	1,2	8,4	90,4	0,05	0,004	5,7	2,9	0,2	0,1	0,2	<0,032	3,4	14,2
	finstoff-lag	6,3	56,2	37,5	0,16	0,021	5,6	4,4	0,6	0,2	0,2	0,1	5,5	20,0
	Cg2	2,9	21,8	75,3	0,11	0,004	5,4	4,2	0,5	0,1	0,2	0,0	5,0	16,2
7	Ap1	9,3	46,7	44,7	1,43	0,127	6,1	4,4	4,2	0,1	0,4	0,1	9,2	52,3
	Ap2	10,5	46,1	43,4	1,31	0,136	6,3	4,4	4,4	0,1	0,4	0,1	9,4	53,4
	C-sand	2,5	10,6	86,9	0,12	0,003	6,7	1,7	0,7	0,1	0,2	0,1	2,8	39,6
	C-oliven	6,7	40	53,3	0,13	0,024	6,7	1,2	1,4	0,2	0,3	0,1	3,1	60,0
	C-mørk grå	6,5	44,9	48,6	0,34	0,023	6,5	1,2	1,7	0,1	0,3	0,1	3,4	63,1
10	Ap	6,8	38,5	54,7	1,79	0,1263	6,1	2,3	5,1	0,2	0,4	0,1	8,0	71,3
	Ap2	6,2	37,6	56,1	1,44	0,087	6,3	0,0	5,3	0,2	0,3	0,0	5,9	100,0
	C-sand	0,4	1,4	98,1	0,06	0,003	6,4	0,0	0,4	0,1	0,1	0,0	0,6	100,0
	C-silt	7,7	58,6	33,7	1,74	0,106	6,3	1,7	3,6	0,3	0,3	0,0	5,9	71,5

Tabell C.2: Jordkjemiske resultat fra alle sjikt i profilene på Steinberghaugen

Profilnr.	Sjikt	Leir	silt	sand	Tot. C %	Tot. N %	pH (IMV)	H+ cmol(H+)/kg	Ca cmol(1/2Ca ²⁺)/kg	K cmol(k+)/kg	Mg cmol(1/2Mg ²⁺)/kg	Na cmol(Na+)/kg	CEC cmol/kg	BS %
15	Ap1	15	37,8	47,2	2	0,142	6,7	0,0	10,0	0,3	0,5	0,0	10,8	100,0
	Ap2	14,9	39,3	45,8	1,31	0,112	6,9	0,2	8,3	0,2	0,5	0,1	9,2	97,7
	Cg-leir	28,4	59,6	12,0	0,44	0,039	7,5	0,0	9,1	0,2	1,0	0,1	10,3	100,0
	Cg-sand	6,1	26,9	67,0	0,18	0,020	7,5	3,1	2,3	0,1	0,2	0,0	5,8	46,1
	Cg-grus	14,8	37,8	47,4	0,37	0,021	7,6	1,0	7,6	0,2	0,5	0,1	9,4	88,9
19	Ap1	21,6	66	12,4	2,32	0,178	6,7	2,9	12,0	0,3	0,7	0,1	16,0	81,8
	Ap2	21,6	66,9	11,5	2,1	0,193	6,7	4,6	11,0	0,2	0,8	0,1	16,6	72,4
	Ap3	24,7	66,2	9,1	1,39	0,153	6,7	4,4	10,0	0,2	0,9	0,1	15,5	71,8
	EBg	28,4	64,8	6,9	0,64	0,068	6,9	4,4	8,4	0,2	1,1	0,1	14,1	69,1
	Bt	35,1	60,4	4,5	0,24	0,050	7,1	4,2	7,0	0,3	1,7	0,1	13,2	68,5

Vedlegg D – Avlingsregistrering og kornanalyser

Tabell D.1: Resultat fra avlingsregistreringer og kornanalyser fra de 20 forsøksrutene.

Rute	Kg/daa (TS)	Hektoliter- vekt	Tot. C %	Tot. N %	B mg/kg	Mg g/kg	P g/kg	S g/kg	K g/kg	Ca g/kg	Mn g/kg	Fe g/kg	Cu mg/kg	Zn g/kg	Cd mg/kg
1	379	79	44,6	2,86	1,2	1,4	4,1	1,7	4,3	0,48	0,047	0,036	5,6	0,034	0,042
2	0														
3	0														
4	610	77	44,7	2,14	1,4	1,3	3,9	1,4	4,6	0,43	0,024	0,03	4,5	0,023	0,051
7	537	78	44,7	2,34	1,3	1,3	3,7	1,5	4,4	0,38	0,027	0,033	5,7	0,033	0,05
8	603	77	44,5	2,1	1,3	1,3	3,6	1,5	4,5	0,41	0,022	0,032	5,1	0,029	0,065
9	515	78	44,6	2,16	1,3	1,2	3,8	1,4	4,7	0,51	0,017	0,029	5,5	0,029	0,05
10	516	77	44,4	1,97	1,3	1,2	3,7	1,3	4,7	0,46	0,023	0,026	5,2	0,026	0,053
11	375	77	44,6	2,09	1,3	1,2	3,9	1,4	4,7	0,5	0,017	0,029	5,7	0,029	0,046
12	422	77	44,6	2,2	1,3	1,3	4	1,5	4,7	0,5	0,01	0,029	5,6	0,029	0,056
13	719	62	44,3	1,35	1,1	1,2	3,1	1,1	3,6	0,46	0,011	0,043	4,3	0,025	0,0072
14	739	65	44,5	1,43	1,1	1,2	3,5	1,1	4	0,46	0,0072	0,044	4,3	0,021	0,0056
15	707	63	44,3	1,22	1,1	1,2	3,4	1	4	0,49	0,0094	0,041	4,1	0,021	0,0047
16	746	64	44,3	1,46	1	1,3	3,8	1,1	4	0,49	0,0072	0,043	4,5	0,021	0,0075
17	819	63	44,2	1,28	1,2	1,3	3,8	1,1	4,2	0,47	0,0076	0,039	4,4	0,02	0,0052
18	748	62	44,3	1,24	1,2	1,2	3,4	1	4,1	0,43	0,0079	0,048	3,7	0,016	0,011
19	827	63	44,4	1,42	1,1	1,3	3,9	1,1	4,1	0,48	0,0069	0,044	4,5	0,02	0,0063
20	796	64	44,2	1,31	1,2	1,3	3,7	1,1	4,1	0,47	0,0071	0,042	4,1	0,017	0,0052

Vedlegg E – Analyserapporter fra Eurofins (Toppjordprøver)

Analyserapport

Moss

NIBIO
Trond Knapp Haraldsen
Postboks 115
1431 Ås



Eurofins Agro Testing Norway AS
Postboks 3033
NO-1506 Moss
+47 09450
www.eurofins.no

Kundenummer	8021466-2074401	Prøvemottak	17.11.2015	Side 1 (6)
Prøvetype	Jordprøver	Analyserapport klar	04.01.2016	
Oppdragsmarking	Prosjekt 8525.2			

Lab.nr.	JON035162-15	JON035163-15	JON035164-15	JON035165-15
Sted for prøvetaking	1	2	3	4
Tatt ut				
Merket				

Parameter	Enhet				
Volumvekt	kg/L	1.5	1.4	1.4	1.3
pH		5.6	5.6	5.8	6.2
Fosfor (P-AL)	mg/100g	11	7.5	9.2	12
Kalium (K-AL)	mg/100g	9.2	9.4	7.4	5.8
Magnesium (Mg-AL)	mg/100g	2.2	2.4	3.3	4.7
Kalsium (Ca-AL)	mg/100g	30	40	68	110
Natrium (Na-AL)	mg/100g	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Glødetap	% TS	2.3	2.8	3.1	3.8
K-HNO ₃	mg/100g	79	87	92	90
Kobber	mg/kg	3.2	2.6	2.6	3.7
Mangan	mg/kg	12	7.8	7.0	5.9
Sink	mg/kg	1.6	2.0	3.1	3.7
Tit. alkalitet	mekv/100g	0.4	0.6	1.0	1.9
Bor	mg/kg	0.16			

Analyserapport

Moss

NIBIO
Trond Knapp Haraldsen
Postboks 115
1431 Ås



Eurofins Agro Testing Norway AS
Postboks 3033
NO-1506 Moss
+47 09450
www.eurofins.no

Kundenummer	8021466-2074401	Prøvemottak	17.11.2015	Side 2 (6)
Prøvetype	Jordprøver	Analyserapport klar	04.01.2016	
Oppdragsmarkering	Prosjekt 8525.2			

Lab.nr.	JON035166-15	JON035167-15	JON035168-15	JON035169-15
Sted for prøvetaking				
Tatt ut	5	6	7	8
Merket				

Parameter	Enhet				
Volumvekt	kg/L	1.6	1.6	1.7	1.5
pH		6.0	5.8	5.9	6.5
Fosfor (P-AL)	mg/100g	6.6	7.1	7.0	7.1
Kalium (K-AL)	mg/100g	7.5	6.2	6.0	5.6
Magnesium (Mg-AL)	mg/100g	2.8	3.0	3.1	3.9
Kalsium (Ca-AL)	mg/100g	58	56	60	90
Natrium (Na-AL)	mg/100g	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Glødetap	% TS	3.0	3.2	3.1	3.1
K-HNO ₃	mg/100g	91	88	87	99
Kobber	mg/kg	11	11	9.7	9.4
Mangan	mg/kg	12	17	15	8.7
Sink	mg/kg	3.6	4.5	5.2	5.0
Tit. alkalitet	mekv/100g	1.3	1.1	1.2	2.1
Bor	mg/kg	0.22			

Analyserapport

Moss

NIBIO
Trond Knapp Haraldsen
Postboks 115
1431 Ås



Eurofins Agro Testing Norway AS
Postboks 3033
NO-1506 Moss
+47 09450
www.eurofins.no

Kundenummer	8021466-2074401	Prøvemottak	17.11.2015	Side 3 (6)
Prøvetype	Jordprøver	Analyserapport klar	04.01.2016	
Oppdragsmarkering	Prosjekt 8525.2			

Lab.nr.	JON035170-15	JON035171-15	JON035172-15	JON035173-15
Sted for prøvetaking				
Tatt ut	9	10	11	12
Merket				

Parameter	Enhet				
Volumvekt	kg/L	1.5	1.5	1.6	1.6
pH		6.3	6.3	6.9	6.9
Fosfor (P-AL)	mg/100g	6.9	7.3	12	11
Kalium (K-AL)	mg/100g	7.3	6.9	5.7	5.9
Magnesium (Mg-AL)	mg/100g	2.9	2.8	3.2	3.3
Kalsium (Ca-AL)	mg/100g	95	89	140	150
Natrium (Na-AL)	mg/100g	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Glødetap	% TS	3.8	3.5	4.1	3.8
K-HNO ₃	mg/100g	85	79	76	89
Kobber	mg/kg	8.4	8.1	9.0	13
Mangan	mg/kg	12	9.6	3.2	4.3
Sink	mg/kg	6.6	4.8	6.8	6.5
Tit. alkalitet	mekv/100g	2.1	1.9	3.2	3.2
Bor	mg/kg	0.36			

Analyserapport

Moss

NIBIO
Trond Knapp Haraldsen
Postboks 115
1431 Ås



Eurofins Agro Testing Norway AS
Postboks 3033
NO-1506 Moss
+47 09450
www.eurofins.no

Kundenummer	8021466-2074401	Prøvemottak	17.11.2015	Side 4 (6)
Prøvetype	Jordprøver	Analysereport klar	04.01.2016	
Oppdragsmarking	Prosjekt 8525.2			

Lab.nr.	JON035174-15	JON035175-15	JON035176-15	JON035177-15
Sted for prøvetaking				
Tatt ut	13	14	15	16
Merket				

Parameter	Enhet				
Volumvekt	kg/L	1.6	1.7	1.6	1.6
pH		6.6	6.9	7.0	7.3
Fosfor (P-AL)	mg/100g	11	12	10	13
Kalium (K-AL)	mg/100g	9.2	8.3	8.2	9.1
Magnesium (Mg-AL)	mg/100g	5.2	6.1	5.9	6.7
Kalsium (Ca-AL)	mg/100g	170	210	190	240
Natrium (Na-AL)	mg/100g	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Glødetap	% TS	4.8	4.6	4.3	4.6
K-HNO ₃	mg/100g	150	150	140	150
Kobber	mg/kg	8.0	7.7	7.9	8.6
Mangan	mg/kg	5.0	3.7	4.5	2.6
Sink	mg/kg	6.2	6.8	6.2	6.7
Tit. alkalitet	mekv/100g	3.8	4.6	4.2	4.9
Bor	mg/kg	0.53			

Analyserapport

Moss

NIBIO
Trond Knapp Haraldsen
Postboks 115
1431 Ås



Eurofins Agro Testing Norway AS
Postboks 3033
NO-1506 Moss
+47 09450
www.eurofins.no

Kundenummer	8021466-2074401	Prøvemottak	17.11.2015	Side 5 (6)
Prøvetype	Jordprøver	Analysereport klar	04.01.2016	
Oppdragsmarking	Prosjekt 8525.2			

Lab.nr.	JON035178-15	JON035179-15	JON035180-15	JON035181-15
Sted for prøvetaking				
Tatt ut	17	18	19	20
Merket				

Parameter	Enhet				
Volumvekt	kg/L	1.4	1.4	1.5	1.5
pH		7.0	6.7	6.9	7.0
Fosfor (P-AL)	mg/100g	14	8.5	13	15
Kalium (K-AL)	mg/100g	11	9.9	9.4	9.9
Magnesium (Mg-AL)	mg/100g	9.0	5.9	9.0	9.7
Kalsium (Ca-AL)	mg/100g	210	150	210	230
Natrium (Na-AL)	mg/100g	<5.0	<5.0	<5.0	<5.0
Glødetap	% TS	4.7	4.9	5.4	5.3
K-HNO ₃	mg/100g	180	130	160	170
Kobber	mg/kg	6.2	4.1	6.3	5.5
Mangan	mg/kg	3.9	3.1	3.2	3.1
Sink	mg/kg	4.2	2.0	4.1	3.7
Tit. alkalitet	mekv/100g	4.0	3.6	3.9	4.1
Bor	mg/kg	0.75			

Analyserapport

Moss

NIBIO
Trond Knapp Haraldsen
Postboks 115
1431 Ås



Eurofins Agro Testing Norway AS
Postboks 3033
NO-1506 Moss
+47 09450
www.eurofins.no

Kundenummer	8021466-2074401	Prøvemottak	17.11.2015	Side 6 (6)
Prøvetype	Jordprøver	Analysereport klar	04.01.2016	
Oppdragsmarking	Prosjekt 8525.2			

Lab.nr.
Sted for prøvetaking
Tatt ut
Merket

Parameter	Enhet	Måleu.	Ref/Metode basert på	Lab
Volumvekt	kg/L			K
pH			ISO 10390	K
Fosfor (P-AL)	mg/100g		AL	K
Kalium (K-AL)	mg/100g		AL	K
Magnesium (Mg-AL)	mg/100g		AL	K
Kalsium (Ca-AL)	mg/100g		AL	K
Natrium (Na-AL)	mg/100g		AL	K
Glødetap	% TS			K
K-HNO ₃	mg/100g			K
Kobber	mg/kg		EDTA	K
Mangan	mg/kg		Mn(NO ₃) ₂	K
Sink	mg/kg		0.2 M HCl	K
Tit. alkalitet	mekv/100g		0.2 M HCl	K
Bor	mg/kg		Varmtvann ekstr	K



Norges miljø- og biovitenskapelig universitet
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway