



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2020 30 stp

Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA)

Blir miljøkriteriene for tilskuddsordningen overholdt ved gjødsling av skog?

Are the environmental criteria for subsidies of forest
fertilizing met?

Sander Strømsborg Solli

Master skogfag

Fakultetet for miljøvitenskap og naturforvaltning (MINA)

Forord

Denne masteroppgaven er avsluttende for fem år skogfaglig utdanning, hvor tre år er utført ved Høgskolen i Innlandet (INN) og to år ved Norges Miljø- og Biovitenskapelige Universitet (NMBU).

I 2014 ga Landbruksdirektoratet, Miljødirektoratet og NIBIO (da kalt Skog og landskap) ut en rapport ved navn "Målrettet gjødsling av skog som klimatiltak" på oppdrag fra Klima- og miljødepartementet og Landbruks- og matdepartementet. Rapporten tar for seg de fleste aspektene ved gjødsling av skog og resulterte i at regjeringen bevilget penger på statsbudsjettet til gjødsling av skog som et klimatiltak. Det kan søkes om opptil 40 % tilskudd for gjødsling av skog i Norge. Tilskuddsordningen startet i 2016 og er videreført ut 2020. For å motta tilskuddet er det satt krav. Blant annet er det krav om å ikke gjødsle i, eller i nærheten av ulike miljøverdier. Det kan være i nærheten av vann, elver og bekker, i nærheten av ulike livsmiljøer i skog eller i nærheten av utvalgte naturtyper. I tillegg er det satt veiledende anbefalinger til hvilke skogvariabler som skal gjødsles. Det har vært et ønske å evaluere kravene satt til tilskuddsordningen.

Gjennom arbeidet med denne oppgaven har jeg mottatt hjelp og støtte fra mange. Jeg vil derfor rette en stor takk til hovedveileder professor Line Nybakken, veileder Hans Ole Ørka og veileder Runa Stenhammer Aanerød (Landbruksdirektoratet). Videre vil jeg takke Roar Økseter og Per Olav Rustad for data- og tallmateriale. Takk til bidrag fra Marit Helene Lie og helikopterpilot Marius Johansen. Til sist vil jeg rekke en stor takk til Per Guldbrand Solli og Andrea Vestvik.

Norges Miljø og Biovitenskapelige Universitet

Ås, Mai 2020

Sander Strømsborg Solli

Sammendrag

Regjeringen ønsket i Stortingsmeldingen fra 2016 å øke karbonlageret i skogen og i tillegg øke tilgangen til miljøvennlige byggematerialer og råstoff. Flere tiltak ble foreslått og Regjeringen bevilget penger på statsbudsjettet til gjødsling av skog som et klimatiltak. Skogeiere kan søke om opptil 40 % tilskudd for gjødsling av skog. Denne masteroppgava er del av en evaluering av tilskuddsordningen, og er i hovedsak en vurdering av om de oppsatte miljøkriteriene blir fulgt og om en gjødsler i de anbefalte skogtypene.

Alle områder som har mottatt tilskudd fra staten til gjødsling av skog i perioden 2017 og ut 2019 ble undersøkt i denne oppgaven. I perioden ble det gjødslet i Agder, Vestfold og Telemark, Viken, Oslo, Innlandet og Trøndelag. Til å analysere og behandle datamateriell benyttet jeg i hovedsak QGIS. Jeg har benyttet tre ulike gjødselspredningsbredder da det er knyttet usikkerhet til hvor på bakken gjødslet lander etter spredning fra helikopteret.

Jeg fant overlapp av gjødsel innenfor buffersonen rundt vann, elver og bekker og innenfor buffersonen til livsmiljøer i skog. Det kan derfor konkluderes at kravpunkt 18 i PEFC-ordningen og kravene satt til tilskuddsordningen er brutt. Ingen utvalgte naturtyper ble gjødslet direkte og det er derfor ingen brudd på kravpunkt 18 når det gjelder utvalgte naturtyper og heller ikke brudd på naturmangfoldloven.

Jeg fant brudd på kulturminneloven da kulturminner er truffet av gjødsel. Gjødslingen kan riktignok ha vært godkjent på forhånd av tiltaket.

Anbefalingene fra Landbruksdirektoratet for utbetaling av tilskudd er i stor grad fulgt. Det er i hovedsak gjødslet innenfor boniteter fra 8 til 20. Boniteter over 20 er ikke gjødslet, men noe bonitet 6 kan være gjødslet. Anbefalingen om å gjødsle bestand hvor 80 % av volumet skal være bartrær ser ut til å være fulgt. Datasettet jeg har benyttet har noen begrensninger og tolkningen av sistnevnte anbefaling er derfor noe usikker. Resultatene tilsier også at anbefalingen til jorddybde er fulgt, men også her har datasettet begrensninger. I hovedsak er det gjødslet innenfor arealtypen skog og noe myr.

Ved videre gjødsling bør man, under planlegging, være ekstra oppmerksom på vann, elver og bekker og livsmiljøer i skog da de er viktige miljøverdier som har vært utsatt for gjødsling i perioden 2017 til 2019.

Abstract

In the Parliament's white paper from 2016, the Government wanted to increase the carbon storage in Norwegian forests and increase access to environmentally friendly building- and raw materials. Several measures were proposed, and the Government allocated money on the state budget for fertilizing forests as a climate measure. Forest owners can apply for up to 40 % grants. This master's degree is part of an evaluation of the grant scheme and is mainly an assessment of whether the set environmental criteria are followed and if the right forest type have been fertilized.

All areas that have received grants from the state for fertilizing forests in the period 2017 and through 2019 were investigated. During this period Agder, Vestfold and Telemark, Viken, Oslo, Innlandet and Trøndelag counties were fertilized. To analyze and process data materials, I mainly used QGIS. I created three different fertilizer spread widths as there is uncertainty related to where on the ground the fertilizer lands after being spread from the helicopter.

Overlaps of fertilizers have been found within the buffer zone around water, rivers and streams and within the buffer zone of so-called life environments in forests. It can therefore be concluded that requirement point 18 of the PEFC-scheme and the requirements set for the grant scheme have been breached. No selected types of nature were fertilized directly and there is therefore no breach of requirement point 18 in respect of selected types of nature and also no violations of the Nature Diversity Act.

I found violations of the Cultural Heritage Act as cultural heritage sites have been hit by fertilizers. However, the fertilization may have been approved in advance.

The recommendations from the Directorate of Agriculture for the payment of grants have been followed to a greater extent. It is mainly fertilized within site qualities from 8 to 20. Site qualities above 20 are not fertilized, but some site quality 6 may be fertilized. The recommendation to fertilize forest stands where 80 % of the volume should be conifer trees appears to have been followed. The data set I have used has some limitations and the interpretation of this recommendation is therefore somewhat uncertain. The results also indicate that the recommendation for soil depth has been followed, but also here the dataset has limitations. Mainly it is fertilized within the area type forest and some marsh.

When fertilizing further, during planning, there should be extra attention to water, rivers and streams and life environments in forests as they are important environmental values that have been exposed to fertilizers in the period 2017 to 2019.

Innholdsfortegnelse

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	III
1 Innledning	1
2 Materiale og metode	6
2.1 Studieområde	6
2.2 Datamateriale	6
2.2.1 Helikopterlogg	6
2.2.2 Vann, elver og bekker	7
2.2.3 Livsmiljøer i skog	7
2.2.4 Utvalgte naturtyper	8
2.2.5 Kulturminner	9
2.2.6 AR5	10
2.3 Programvare	13
2.4 GIS og vektoroperasjoner	14
2.4.1 Beregning av minste gjødselspredning	14
2.4.2 Helikopterlogg	16
2.4.3 Vann, elver og bekker	19
2.4.4 Livsmiljøer i skog	20
2.4.5 Utvalgte naturtyper	21
2.4.6 Kulturminner	21
2.4.7 Overholdelse av gjødslingsanbefalingene med hensyn på arealtype	21
3 Resultater	22
3.1 Vann, elver og bekker	22
3.2 Livsmiljøer i skog	26
3.3 Utvalgte naturtyper	31
3.4 Kulturminner	31
3.5 Overholdelse av gjødslingsanbefalingene med hensyn på arealtype	32
3.5.1 Bonitet	32
3.5.2 Skogtype	33
3.5.3 Grunnforhold	33
3.5.4 Arealtype	34

4 Diskusjon	35
4.1 Vann, elver og bekker	35
4.2 Livsmiljøer i skog.....	36
4.3 Utvalgte naturtyper	38
4.4 Kulturminner	38
4.5 Mulige grunner for feilgjødsling	39
4.6 Overholdelse av gjødslingsanbefalingene med hensyn på arealtype	40
4.6.1 Bonitet	40
4.6.2 Skogtype	40
4.6.3 Grunnforhold	41
4.6.4 Arealtype	42
4.7 Usikkerhet i datamaterialet.....	42
4.8 Usikkerhet rundt gjødselspredning.....	43
5 Konklusjon.....	45
6 Kildehenvisning	46
7 Vedlegg	51
7.1 Skogtype.....	51
7.2 Grunnforhold	51
7.3 Arealtype	52

1 Innledning

Skogen i Norge dekker i dag omtrent 43 % av landarealet. Tilveksten i skog var i 2015 på ca. 25 millioner kubikkmeter og skogen hadde ett volum på over 900 millioner kubikkmeter det samme året. Tilveksten har fra 1920-tallet vært større enn avvirkningen, noe som har ført til en økning i volum, karbonlagring og opptak av CO₂. I 2014 hadde den norske skogen ett nettoopptak av CO₂ på 30,8 millioner tonn. Det er nesten halvparten av Norges totale utslipp av samlede klimagasser det samme året (Landbruks- og matdepartementet, 2016). Skogressursen kan brukes i byggverk for lengre lagringstid eller som erstatning for produkter som ellers ville vært produsert fra ikke-fornybare energikilder (Trømborg et al., 2011). Det finnes i hovedsak to alternativ for å øke skogressursene. Enten ved å utvide skogområdene ved planting på nye arealer eller ved å øke produksjonen på eksisterende arealer (Haugland et al., 2014). Nitrogengjødsling er en metode for å øke biomasseproduksjonen på eksisterende arealer siden nitrogenmangel er en av de viktigste faktorene som hemmer vekst i boreale skoger (Lundin & Nilsson, 2014). Gjødslingsaktiviteten har lenge vært lav i Norge, men forskning på gjødsling av skog har likevel foregått i større grad i perioder. Nitrogengjødsling av yngre skog har vist seg å gi god vekst, men er ofte nedprioritert av økonomiske grunner. I hovedsak anbefales det å gjødsle eldre skog 10 år før hogst siden det gir størst forrentning (Nilsen, 1999).

Norge er underlagt flere internasjonale forpliktelser, blant annet Parisavtalen fra 2015 som omhandler kutt i karbondioksid (CO₂). Klimaloven (Lov om klimamål) fastsetter blant annet at Norge skal kutte klimagasser med minst 40 % fra referanseåret 1990 frem mot 2030 (Klimaloven, 2018, § 3). Blant annet på bakgrunn av overnevnte avtaler ønsket Regjeringen i Stortingsmeldingen fra 2016 å øke karbonlageret i skogen og i tillegg øke tilgangen til miljøvennlig byggematerialer og råstoff. Dette er i tråd med klimaforliket fra 2008 og 2012 og Stortingsmelding 21 «Norsk klimapolitikk» (Klima- og Miljødepartementet, 2012; Rosvold, Olerud & Lahn, 2020). Flere tiltak ble foreslått, blant annet økt plantetetthet, skogplanting på nye arealer, skogplanteforedling og gjødsling av skog. Dette gjenspeiles i den nyere rapporten "Klimakur 2030" som er utarbeidet av Miljødirektoratet. Miljødirektoratet trekker frem gjødsling av skog som ett av de viktigste forvaltningstiltakene som kan gjøres i skog frem mot 2030. Gjødsling er det tiltaket som vil ha størst effekt på opptaket av karbon innen denne tidsrammen (Miljødirektoratet, 2020).

I 2016 ble det opprettet en tilskuddsordning for gjødsling av skog i Norge, blant annet på bakgrunn av rapporten "Målrettet gjødsling av skog som klimatiltak" fra 2014. Det kan søkes om opptil 40 % tilskudd. Tilskuddsordningen er videreført ut 2020. Det forventes at tilskuddsordningen utløser gjødsling på 50

000 til 100 000 dekar per år og beregninger gjort i Haugland et al. (2014) tilsier en CO₂-binding fra 0,14 til 0,27 millioner tonn i året over en 10 års periode.

Gjødslet areal har økt kraftig etter at tilskuddsordningen ble etablert i 2016 (Landbruks- og matdepartementet, 2016, s. 13-14, 26, 30). I perioden 1997 til 2015 har det aldri blitt gjødslet mer enn 26 000 dekar skog i året i Norge. I gjennomsnitt ble det gjødslet 11 277 dekar per år. I perioden 2016 til 2018, altså etter at tilskuddsordningen trådte i kraft, er det i gjennomsnitt gjødslet 77 105 dekar per år (SSB, 2020). Til sammenligning ble det i perioden 2006 til 2017 i gjennomsnitt gjødslet 423 000 dekar skog per år i Sverige (Skogsstyrelsen, 2019). I Finland ble det i gjennomsnitt gjødslet 383 183 dekar skog per år i perioden 2016 til 2018 (Luke, 2020).

Gjødslingen foregår vanligvis med helikopter, men noe gjødsling skjer også ved bruk av traktor. Helikopteret har en nøyaktighet på spredningen på ca. 10 meter. Det nevnes av Aarrestad et al. (2013) at spredningen er treffsikker i fint vær, men ved mye vind vil man se en spredning over ett større område. Gjødslingsaggregatet som sprer gjødsel er GPS-styrt. Det vil si at den kun åpner seg når helikopteret er lokalisert over området som er planlagt gjødslet ut ifra kartdata. Åpningen er større ved høyere fart og mindre ved lavere fart, for å få en jevn spredning. Ett annet tiltak for jevn spredning er å gjødsle med halv utmating, men to ganger over samme område. Gjødselspredningen er fra 25 meter til 50 meter i total bredde. Piloten vil derfor velge en mindre spredning i utkanten av området som skal gjødsles. Alle steder der gjødslingsaggregatet har åpnet beholderen blir loggført og kan derfor brukes til etterkontroll av gjødslingen (M. Johansen, personlig kommunikasjon (epost), 25.02.2020).

Den mest brukte gjødseltypen i Norge er Opti-KAS Skog fra Yara. Opti-KAS Skog er grovgranulert gjødsel tiltenkt middels og gode boniteter (G/F11 til G/F17). Gjødslet inneholder mest nitrogen, hvor halvparten består av ammonium (NH₄⁺) og den andre halvparten er nitrat (NO₃⁻). Forholdet er ca. 13,5 % ammonium og 13,5 % nitrat av totalt 27 % nitrogen. I tillegg inneholder gjødslet kalsium (Ca) og magnesium (Mg) som motvirker forsuring. Kalk og magnesium vil påvirke tilgjengeligheten av bor. Noe bor er derfor også inkludert i gjødslet (Lundin & Nilsson, 2014). Det er vanlig med doser på 55 kg Opti-KAS per dekar i Norge. Det vil si 15 kg nitrogen per dekar (Landbruksdirektoratet, 2020b).

Nitrogengjødsel i skog vil påvirke biomasseproduksjonen, men også konkurransen mellom ulike arter og derfor påvirke det biologiske mangfoldet. Det kan bli mer gras og urter spesielt på arealer som er fra middels til næringsfattige (Framstad & Sverdrup-Thygeson, 2015; Tamm, 1991; Aarrestad et al., 2013). I rapporten "Måltrettet gjødsling av skog som klimatiltak" er det beskrevet generelle miljøkriterier som

skal følges ved gjødsling. Kriteriene er ment for å ta hensyn til arter og naturtyper med høy verdi. I tillegg skal det gjødsles der bestandskarakteristikken er god for å oppnå den ønskede effekten ved gjødslingen og dermed også ta hensyn til klima, miljø og næringens behov. Til slutt ønsker man en god gjødslingspraksis for å unngå negative konsekvenser på vannmiljø og terrestrisk miljø og i tillegg få god effekt av gjødslingen. Det gjøres ved bruk av riktig mengde og type gjødsel, samt gjødsling til riktig tidspunkt og ved opprettholdelse av de gjødslingsfrie sonene (Haugland et al., 2014).

Videre er det beskrevet at det skal være felter med torv- eller podsol-jordprofil og en jorddybde på minst 25 cm. Man ønsker å gjødsle boniteter fra 8 til 20 for både gran (*Picea abies*) og furu (*Pinus sylvestris*). Det skal gjødsles på felter hvor minst 80% av volumet er fra bartrær. Bestandene skal ha full tetthet, det vil si hogstklasse 4a og ikke 4b (Haugland et al., 2014).

Når gjødsling i Norge nå har blitt intensivert vil også sannsynligheten for en økning i feilgjødsling være større. En av ordningene som setter krav til gjødsling av skog er sertifiseringsordningen PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes). Også FSC (Forest Stewardship Council) setter krav til gjødsling, men det er PEFC ordningen som flest skogeiere i Norge benytter seg av. Så å si alle skogeiendommer i Norge med drift etter årtusenskiftet er sertifisert igjennom PEFC (Tomter & Dalen, 2018). PEFC fungerer som en miljøsertifisering for å ivareta en rekke ulike interesser, blant annet rekreasjon, naturverdier, kulturminner, beite og landbruk. Det er kravpunkt 18, «Gjødsling og næringsbalanse», i PEFC-standard som omfatter gjødsling av skog. Det er her angitt hvilke vegetasjonstyper som er egnet for gjødsling. Vegetasjonstypene er storbregneskog, småbregneskog, bærlyngskog, blokkebærskog og blåbærskog. I tillegg kan man gjødsle torvmark, men da skal det allerede være foryngelse på feltet. Videre er det presisert at spesielle miljøverdier ikke skal gjødsles. Kravpunktet har som overordnet mål å sikre økt karbonbinding og økt skogproduksjon, med minimalt tap av næring eller næringslekkasje ved å benytte gjødsling. I kravpunkt 18 er det derfor presisert at det skal være en 25 meter gjødslingsfri sone mot vann, elver og bekker med helårs vannføring (PEFC Norge, 2016). Kravet er utarbeidet for å unngå avrenning. Ved avrenning vil man kunne se økte verdier av nitrogen i overflatevannet, men også økte verdier i grunnvann og kystvann. Større mengder nitrogen kan forårsake eutrofiering, som gir økt algeproduksjon. Konsekvensene av økt algeproduksjon er mindre oksygen i bunnvannet og som igjen fører til at fosfor blir frigjort fra sedimentene. Fosfor-frigjøringen er egentlig en naturlig prosess, men vil her fremskyndes av den økte algeproduksjonen. Ekstra tilførsel av nitrogen i vann og vassdrag kan øke surhetsgraden og det skaper bedre levevilkår for andre mikroorganismer som ikke nødvendigvis er ønsket. Viktige planktonalger kan utryddes da de er skjøre

for endringer i pH-verdiene (Kjennsmo & Hongve, 2018). Det er videre anbefalt å ta hensyn til vannhusholdningen i skogen, bratt terreng og upresise spredningsmetoder. Er jorda mettet med vann vil utvaskingsfaren være større. Det samme gjelder for bratt terreng. Benytter man upresise spredningsmetoder, som å gjødsle med helikopter når det er sterk vind, vil også faren for utvasking eller feilspredning være stor. Samtidig blir det nevnt at 25 meter buffersone mot vann, elver og bekker vil være tilstrekkelig i de fleste tilfeller (Haugland et al., 2014).

Av andre krav relatert til miljøverdiene skal det ikke gjødsles før snøsmeltningen er ferdig. Dette er igjen for å forhindre utvasking av næringsstoffene, da de kan bli skylt med i snøsmeltningen. Det er krav til at gjødseltypen inneholder kalk og at gjødslingsdosen er inntil 15 kg nitrogen per dekar. Videre er det anbefalt at man venter 10 år fra gjødslingen er utført før man avvirker, slik at en får størst mulig virkning av gjødslet. For å unngå å påvirke miljøverdier er det satt krav om en gjødselfri sone på 10 til 15 meter (Landbruksdirektoratet, 2020a). Det er særlig livsmiljøer i skog og utvalgte naturtyper som kan endres ved økt tilførsel av nitrogen (Aarrestad, 2013).

Både før og etter utført gjødsling er det etablert rutiner for oppfølging. Før gjennomføring skal det følges opp at ingen miljøverdier ligger innenfor det planlagt gjødslede område. Det er skogeiers ansvar og det sjekkes opp i offentlige miljødatabaser. Etter utført gjødsling gjør oppdragstaker en egenkontroll av det gjødslede området. Kommunen skal også utføre etterkontroller, men kun utvalgte stikkprøver.

Denne masteroppgaven har som hovedmål å evaluere om miljøkriteriene tilknyttet PEFC-standarden, kulturminneloven og Landbruksdirektoratets anbefalinger i tilknytning til tilskuddsordningen overholdes. Følgende hoved- og underproblemstillinger er satt opp:

Har man gjødslet etter kravene satt av PEFC-standarden?

- Har man ved utført gjødsling unngått buffersonen på 25 meter til vann, elver og bekker?
- Har man ved utført gjødsling unngått livsmiljøer i skog og tiltenkt gjødselfri sone på 12,5 meter?
- Har man ved utført gjødsling unngått utvalgte naturtyper og tiltenkt gjødselfri sone på 12,5 meter?

Har man gjødslet etter kravene satt av kulturminneloven?

- Har man ved utført gjødsling unngått kulturminner?

Har man gjødslet etter anbefalingene satt av Landbruksdirektoratet?

- Er det gjødslet innenfor boniteter fra 8 til 20?
- Er det i hovedsak gjødslet bartreslag?
- Er det gjødslet der hvor jorddybden er 30 cm eller mer?
- Er det gjødslet innenfor arealtypene skog og tresatt myr?

2 Materiale og metode

2.1 Studieområde

Alle områder som har mottatt tilskudd fra staten til gjødsling av skog i perioden 2017 og ut 2019 ble undersøkt i denne oppgaven. I perioden ble det gjødslet i Agder, Vestfold og Telemark, Viken, Oslo, Innlandet og Trøndelag. Totalt ble det gjødslet 185 089 dekar (Landbruksdirektoratet, 2020b).

Gjødslingen ble utført over en kort periode fra mai og ut august i hvert enkelt år. Informasjon om de områdene som har mottatt tilskudd for gjødsling blir samlet i Økonomisystem for skogordningene (ØKS). ØKS er et fagsystem som samler alle utbetalinger gjort fra skogfond og tilskuddsutbetalinger og som lagrer kartfestet informasjonen digitalt. Informasjonen som blir registrert er gjødslingsmengde, areal, kostnad, årstall, høyde over havet, bonitet, hogstklasse, treslag, vegetasjonstype og metodikk.

2.2 Datamateriale

Jeg har brukt en rekke datasett fra ulike kilder (Tabell 2.1).

Tabell 2.1. Oversikt over datamateriale som er benyttet i oppgaven.

Datasett	Kilder
Helikopterlogg	Landbruksdirektoratet
FKB-Vanndata	Geovekst
Livsmiljøer i skog	Landbruksdirektoratet
Utvalgte naturtyper	Miljødirektoratet
Kulturminner	Riksantikvaren
FKB-AR5	Geovekst

2.2.1 Helikopterlogg

Helikopterloggen, også kalt flyloggen, er basert på GPS-posisjonen til helikopteret når gjødslingsaggregatet er åpent. Det betyr at jeg har nøyaktig posisjon av hvor gjødslingen har foregått. Filene for helikopterloggen var oppdelt etter årstall. Helikopterloggen er blant annet tiltenkt etterkontroll av gjødslet areal og eies av Landbruksdirektoratet. Datasettet er tilgjengelig for innsyn i nettkartløsning Kilden (<https://kilden.nibio.no/>). Jeg har kun hatt tilgang til data over utført gjødsling for 2017, 2018 og 2019. Det var ikke produsert sammensatt data for utført gjødsling i 2016.

2.2.2 Vann, elver og bekker

Datasettet med oversikt over vann er en del av Felles Kartdatabase (FKB) og egner seg for presentasjoner i målestokk fra 1:100 til 1:20 000. Metoden for datainnhenting er hovedsakelig gjort ved fotogrammetrisk datafangst. Datamaterialet blir kontinuerlig oppdatert og angir den mest nøyaktige oversikten over bekker, elver, kanaler, grøfter, innsjøer, isbreer og deler av kysten og sjø. Avhengig av objekttypen vil nøyaktigheten være mellom $\pm 0,1$ meter til ± 2 meter. Datamaterialet dekker hele Norge (Geovekst, 2018).

Tabell 2.2. Definisjoner av relevante egenskapsverdier i FKB-Vanndata (Geovekst, 2018, s. 35-41).

Egenskapsverdi	Definisjon
Elv/bekk	Vannvei for rennende vann
Innsjø	En ferskvannsflate som ikke er rennende vann
Kanal/Grøft	Rennende vann der forløpet er menneskeskapt

2.2.3 Livsmiljøer i skog

Livsmiljøer i skog, også kalt Miljøregistreringer i skog (MiS), er i dag tilpasset Natur i Norge-systemet (NiN). Det vil si at det benyttes NiN sin typeinndeling og beskrivelsessystem. De ulike miljøverdiene kan registreres ulikt, på grunnlag av tettheter og kvaliteter, på grunnlag av naturgitte avgrensninger eller som punktfesting. Minsteareal for registrering av livsmiljøet er på 2 dekar, med unntak av "rik bakkevegetasjon" som er på 0,5 dekar. Minsteareal vil likevel variere ut ifra lokale og regionale forhold der det passer seg (Landbruksdirektoratet, 2019). Det kan registreres flere ulike livsmiljøer innenfor samme areal. Stedfestingsnøyaktigheten for livsmiljøer i skog er på 5 meter.

Tabell 2.3. Forenklete definisjoner av relevante livsmiljøer i skog (Hysten et al., 2018, s. 20)

Livsmiljø	Definisjon
Bekkekløfter	Bekkekløfter er markerte kløfter i berggrunnen, og er preget av et fuktig miljø.

Eldre lauvsuksesjon	Over et areal på minst 2 dekar skal det være minst 8 lauvtrær. Gjeldende lauvtreslag er bjørk, osp, gråor, selje, rogn og hegg.
Gamle trær	Gran med en totalalder eldre enn 150 år og furu eldre enn 200 år. Gamle lauvtrær defineres ved dimensjonene på trærne.
Liggende død ved	Minst 8 stammer liggende død ved, fordelt over et areal på minst 2 dekar.
Rik bakkevegetasjon	Forekomst av rik bakkevegetasjon, med en utstrekning på minst 2 dekar. Unntak ved rikmyr i skog som er minst 1 dekar i utstrekning.
Rikbarkstrær	Følgende neverlavene inngår: lungenever, skrubbnever og sølvnever. Trær med neverlav eller spisslønn skal ha en brysthøydiameter større enn 15 cm.
Stående død ved	Over et areal på minst 2 dekar skal det være registrert minst 8 stående død ved. Minste brysthøydiameter er 10 cm.
Trær med hengelav	Trær med minst 10 individer/grupper med hengelav lengre enn 10 cm innen den rikeste kvadratmeteren på treet, trær med mjuktjafs eller trær med huldrestry.

2.2.4 Utvalgte naturtyper

Områder som er utsatt for press er kartlagt i større grad enn områder som ikke er like utsatt for inngrep.

Datamaterialet er landsdekkende, men dekningsgraden på kartleggingen er mellom 20 og 40 %.

Stedfestingsnøyaktigheten varierer fra 20 til 300 meter (Miljødirektoratet, 2014).

Utvalgte naturtyper blir forvaltet etter en forskrift til naturmangfoldloven. Formålet med forskriften er å beskytte mangfoldet av naturtyper der de finnes naturlig. Videre blir artsmangfoldet og de økologiske prosessene også beskyttet (Forskrift om utvalgte naturtyper etter nml., 2011, § 1-3). Det er seks ulike utvalgte naturtyper (Tabell 2.4).

Tabell 2.4. Definisjon av utvalgte naturtyper (Forskrift om utvalgte naturtyper etter nml., 2011, § 3)

Egenskapsverdi	Definisjon
Slåttemark	Slåttemark er åpen eller spredt tresatt eng eller spredte lauvtrær som er styvet/hamlet. Vegetasjonen er betinget av tradisjonell slått og skal fortsatt bære preg av dette.
Slåttemyr	Slåttemyr er myr med vegetasjon som er betinget av tradisjonell slått og som fortsatt bærer preg av dette.
Hule eiker	Med hule eiker menes eiketrær som har en diameter på minst 63 cm, tilsvarende omkrets på 200 cm, samt eiketrær som er synlig hule og med en diameter på minst 30 cm, tilsvarende omkrets på minst 95 cm. Diameter og omkrets måles 1,3 meter over bakken. Synlig hule defineres et indre hulrom som er større enn åpningen og der åpningen er større enn 5 cm". Unntatt er hule eiker i produktiv skog.
Kalklindeskog	Kalklindeskog omfatter kalkskogsmark dominert av lind eller samdominert av lind og hassel/eik.
Kalksjøer	Med kalksjøer menes innsjøer med kalsiuminnhold større eller lik 20 mg/l, og med forekomst av minst en av de følgende artene; Rødkrans (<i>Chara tomentosa</i>), Smaltaggkrans (<i>C. rudis</i>), Hårpiggkrans (<i>C. polyacantha</i>), Stinkkrans (<i>C. vulgaris</i>), Knippebustkrans (<i>C. curta</i>), Gråkrans (<i>C. contraria</i>), Blanktjønna (<i>Potamogeton lucens</i>), Sliretjønna (<i>Stuckenia vaginata</i>), Vasskrans (<i>Zannichellia palustris</i>) eller andre truede kalkkrevende plante- eller dyrearter.
Kystlynghei	Kystlynghei er områder uten mye trær og preget av hei i oseanisk klima. De er dominert av dvergbusker, særlig røsslyng (<i>Calluna vulgaris</i>). I tillegg har det vært langvarig hevd med beite.

2.2.5 Kulturminner

Datasettet med oversikt over kulturminner eies av Riksantikvaren, Direktoratet for

kulturminneforvaltning. Kulturminnene deles inn i enkeltminner og lokaliteter. En kulturminnelokalitet

kan ha et ubegrenset antall tilknyttede enkeltminner. Datasettet egner seg best til presentasjoner i målestokk 1:10 000 og objektene er angitt som flater, altså i vektorform. Kulturminnedata dekker hele Norge og har en stedfestningsnøyaktighet fra 5 til 10 meter for omtrent 70 % av objektene (Riksantikvaren, 2018). Det er flere ulike vernetyper, blant annet automatisk fredet, statlig listeført og uavklart vernestatus. Konsekvensene for brudd er også ulik avhengig av hvilken fredningstype kulturminnet har (Riksantikvaren, 2020).

2.2.6 AR5

AR5 datasettet gir en oversikt over arealressurser i målestokk 1:5 000. AR5 blir kontinuerlig oppdatert og gir derfor ett representativt bilde av virkeligheten. Kartdataene er heldekkende for Norge og brukes primært av landbruksnæringen, landbruksforvaltningen og til arealplanlegging. Datasettet er oppdatert jevnlig og er en del av felles kartdatabase (FKB). AR5-dataene er den mest pålitelige kilden til informasjon om arealtilstanden i Norge. Datasettet består av flater som i hovedsak er delt inn etter arealtype. Videre beskrives verdier for egenskapene skogbonitet, skogtype, grunnforhold innenfor samme flate (Ahlstrøm, Bjørkelo, & Fadnes, 2019).

2.2.6.1 Bonitet

Skogbonitet deler arealet inn etter dens evne til å produsere trevirke. Boniteringen kan foregå ved flere metoder: lengde på toppskudd, forekomst av spesielle planter samt vegetasjonstype og ved bruk av forholdet mellom høydevekst og alder (Ahlstrøm et al., 2019, s. 47).

Tabell 2.5. Definisjon av relevante egenskapstyper i skogbonitet (Ahlstrøm et al., 2019, s. 52).

Egenskapsnavn	Definisjon
Bonitet 23+ (Særs høg)	Mer enn 1,0 m ³ tilvekst per dekar og år.
Bonitet 17-20 (Høg)	0,5 – 1,0 m ³ tilvekst per dekar og år.

Bonitet 11-14 (<i>Middels</i>)	0,3 – 0,5 m ³ tilvekst per dekar og år.
Bonitet 6-8 (<i>Lav</i>)	0,1 – 0,3 m ³ tilvekst per dekar og år.
Impediment	Mindre enn 0,1 m ³ tilvekst per dekar og år.
Ikke relevant	Opplysning om skogbonitet er ikke relevant.
Ikke registrert	Opplysning om skogbonitet er ikke registrert.

2.2.6.2 Skogtype

Kronedekket mellom bartrær og lauvtrær er inndelingskriteriet for denne kategorien. Med kronedekket menes fordelingen av bar- og lauvtrær sett ovenfra. Det blir tatt hensyn til hvilke skogbrukstiltak man normalt kan forvente på arealet. Det kreves 5 dekar i minsteareal for å registrere en av skogtypene (Ahlstrøm et al., 2019, s. 46). Skogtype blir også kalt treslagssammensetning i denne oppgaven.

Tabell 2.6. Definisjon av relevante egenskapstyper i skogtype (Ahlstrøm et al., 2019, s. 46).

Egenskapsnavn	Definisjon
Barskog	Minst 50 % av skogdekt areal er dekt av bartrær.
Lauvskog	Mindre enn 20 % av skogdekt areal er dekt av bartrær.
Blandingsskog	Mellom 20 - 50 % av skogdekt areal er dekt av bartrær.
Ikke tresatt	Arealet har ikke tresetting som holder kravet til skog.
Ikke relevant	Ikke relevant
Ikke registrert	Ikke registrert

2.2.6.3 Grunnforhold

Grunnforhold er delt inn etter utbredelse, type og tykkelse i jorddekket (Ahlstrøm et al., 2019).

Tabell 2.7. Definisjon av relevante egenskapstyper i grunnforhold (Ahlstrøm et al., 2019, s. 48-49)

Egenskapsnavn	Definisjon
Blokkmark	Areal der overflata i hovedsak er dekt med steinblokker.
Fjell i dagen	Areal der mer enn 50 % er bart fjell og mindre enn 10 % har jord dypere enn 30 cm.
Grunnlendt	Areal der mer enn 50 % har mindre jorddybde enn 30 cm, men som ikke kan klassifiseres som fjell i dagen.
Jorddekt	Areal der mer enn 50 % har større jorddybde enn 30 cm.
Organisk jordlag	Areal som har et organisk jordlag tykkere enn 30 cm på myr og i skog og tykkere enn 20 cm på jordbruksareal.
Konstruert	Areal som er sterkt menneskepåvirket og lite biologisk produktivt.
Ikke relevant	Ikke relevant

2.2.6.4 Arealtype

Arealtype er hovedinndelingen og styres av kriterier for kulturpåvirkning og vegetasjon. Områder som er beregnet for skogproduksjon tatt med i egenskapsverdien skog, for eksempel hogstflater og arealer plantet med trær. Det kreves et minsteareal på 2 dekar for å registrere området som skog. Hvis ett areal innfrir både kravene for skog og kravene for myr vil arealet bli definert som myr (Ahlstrøm et al., 2019, s. 39-41).

Tabell 2.8. Definisjon av relevante egenskapstyper i arealtype (Ahlstrøm et al., 2019, s. 51)

Egenskapsnavn	Definisjon
Fulldyrka jord	Jordbruksareal som er dyrka til vanlig pløyedybde, og kan benyttes til åkervekster eller til eng, og som kan fornyes ved pløying.
Overflatedyrka jord	Jordbruksareal som for det meste er rydda og jevna i overflata, slik at maskinell høsting er mulig.
Innmarksbeite	Jordbruksareal som kan benyttes som beite, men som ikke kan høstes maskinelt. Minst 50 % av arealet skal være dekt av godkjente grasarter eller beitetålende urter.
Skog	Areal med minst 6 trær per dekar som er eller kan bli 5 meter høye, og disse bør være jevnt fordelt på arealet.
Myr	Areal med myrvegetasjon og minst 30 cm tykt torvlag.
Åpen fastmark	Fastmark som ikke er jordbruksareal, skog, bebyggd eller samferdsel.
Ferskvann	Ferskvann.
Hav	Hav.
Snøisbre	Blanding av isbre og snø som ikke smelter i løpet av sommeren.
Bebyggd	Areal som er utbygd eller i betydelig grad opparbeidet, samt tilstøtende arealer som i funksjon er nært knyttet til bebyggelsen.
Samferdsel	Areal som brukes til samferdsel.
Ikke kartlagt	Areal som har ukjent beskaffenhet.

2.3 Programvare

Til å analysere og behandle datamateriell benyttet jeg QGIS versjon 3.4.14.1 "Madeira". Jeg produserte også kartutsnitt igjennom QGIS. I tillegg benyttet jeg meg av ulike programtillegg innad i QGIS, blant

annet "mmqgis". Mmqgis er et python programtillegg som gir litt flere muligheter for analyser og direkte vektor manipulering. For å gjøre prosessen mer automatisk benyttet jeg QGIS-funksjonen grafisk modellerer.

Jeg har også benyttet noen funksjoner fra SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses) og GRASS (Geographic resource analysis support system). Begge programmene er integrert i QGIS.

Jeg har benyttet Excel versjon 1908 fra Microsoft Office 365 ProPlus til å behandle tabeller og annet tallmateriale.

2.4 GIS og vektoroperasjoner

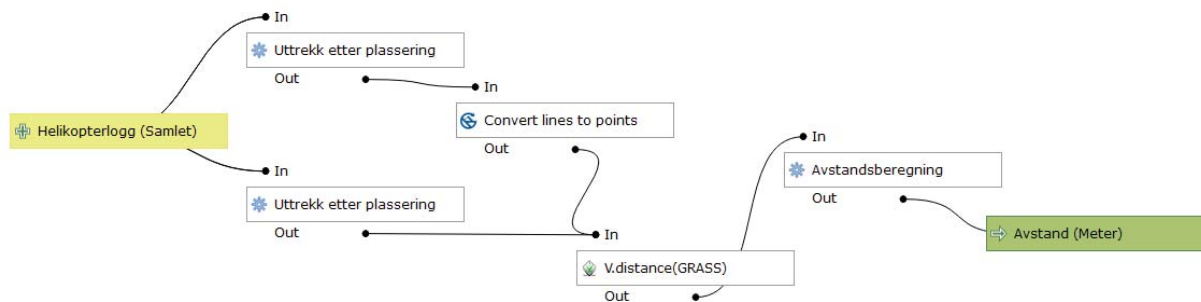
Jeg valgte å transformere alle kartdataene til ETRS89 UTM 33N. Det er vanlig å bruke ETRS89 eller EUREF89 når man jobber med datasett som er heldekkende for Norge. Videre har jeg valgt UTM 33N (Universal Transversal Mercator-projeksjon) som er standarden i Norge (Mæhlum, 2020).

Jeg har i hovedsak behandlet vektorfiler. Vektorfiler inneholder vektordata som er 1 av 3 ulike geometrier: punkter, linjer eller flater/polygoner. Disse geometriene kan inneholde informasjon i form av ulike egenskaper og er koblet opp mot romlige objekter (QGIS, u.å.a). De ulike egenskapene er enten kvalitative eller kvantitative data. Kvalitative data, også kalt nominale data, er data som kun kan være av en egenskapstype. For eksempel kan ikke en arealflate være klassifisert som både fjell og vann. Kvantitative data kan deles inn i tre kategorier: forholdstall, intervallnivå og ordinalnivå. Forholdstall angir direkte verdier som 1,2,3,4 osv. Intervallnivå angir verdier fra en gitt verdi til en annen gitt verdi, for eksempel fra 10 til 20. Ordinalnivå angir verdier på en skala, som for eksempel bonitetene høy, middels og lav (Gimond, 2019). Jeg har benyttet alle de ulike typene vektordata i mine analyser.

2.4.1 Beregning av minste gjødselspredning

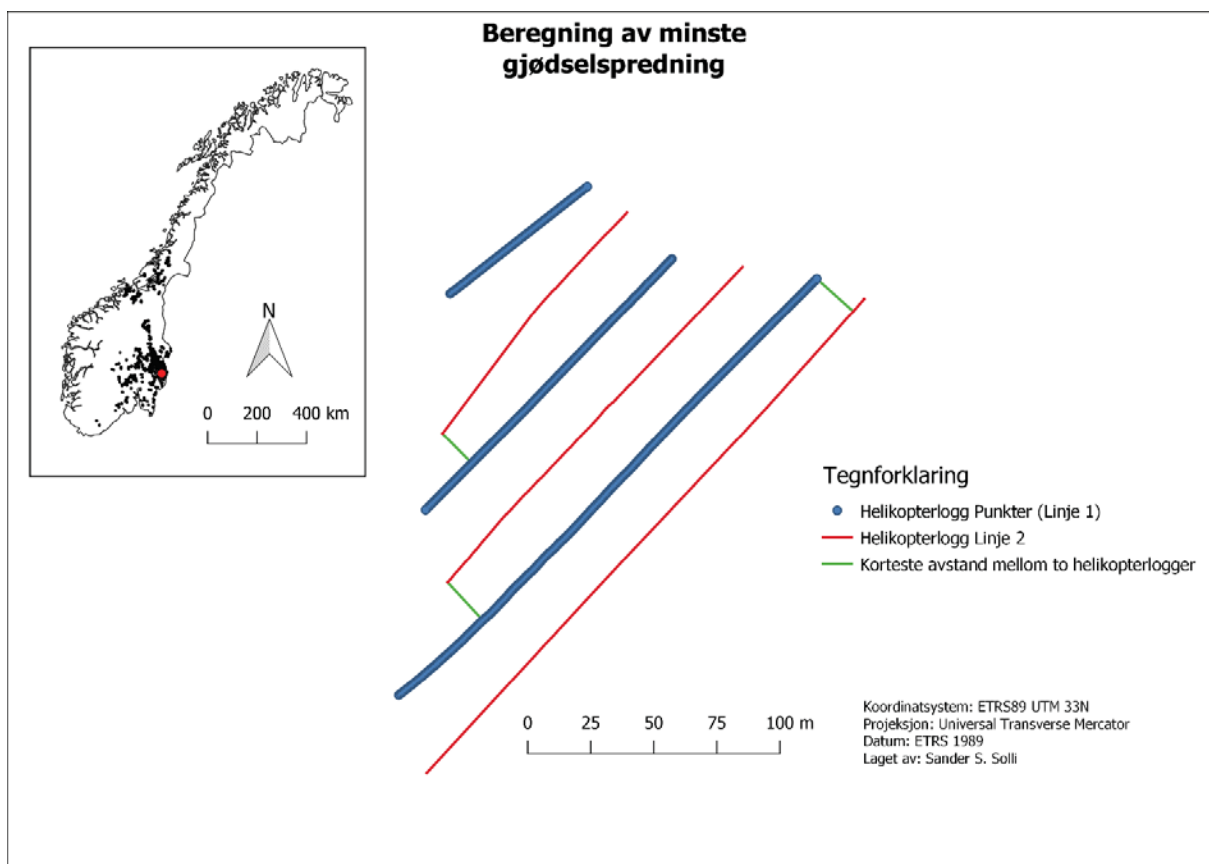
Piloten kan justere spredningen fra gjødslingsaggregatet fra 50 meter ned til 25 meter total bredde. Altså fra 25 meter ned til 12,5 meter spredning på hver side av helikopteret. Det er likevel noe usikkerhet hvor på bakken gjødslet lander. For å kontrollere at det ikke blir feilgjødslet er det viktig å vite hvor langt ut til siden gjødslet faktisk spres. For å finne ut av det brukte jeg følgende metode: man kan finne avstanden på spredningen av gjødslet ved å finne avstanden mellom senterlinjene i to kartfestede gjødselstriper, også kalt helikopterlogger (tilnærmet parallelle striper) (Eksempel: Figur 2.2, 2.3). Videre

deles avstanden på to. Det kan gjøres da det er rimelig å anta at hele området som er planlagt gjødslet skal gjødsles.



Figur 2.1. Oversikt over prosessen for konvertering av linjer til punkt (SAGA) og bruk av V.distance (GRASS). Laget i QGIS 3.4.14.1 Madeira.

Jeg benyttet den samlede filen for helikopterloggene fra 2017 til og med 2019 som inndatafil. Deretter plukket jeg ut annenhver helikopterlogg-linje og ga de heltallnummeret 1 i en nylagd kolonne "Sortering". Resterende helikopterlogg-linjer fikk heltallnummeret 2. På denne måten kunne jeg skille mellom annenhver linje da jeg kun ønsker å konvertere annenhver linje til punkter. Helikopterlogg-linjer som gikk på tvers av hverandre ble fjernet da korteste lengde mellom dem ville vært tilnærmet lik null. Totalt ble det plukket ut 80 tilfeldige gjødslingsfelter som til sammen inneholder 2 050 helikopterlogger. Det utgjør omtrent 5 % av alle helikopterlogger i perioden 2017 og ut 2019. Jeg brukte funksjonen for å konvertere linjer til punkter (SAGA). Jeg valgte en meters mellomrom mellom punktene. Videre benyttet jeg V.distance funksjonen til å måle opp avstanden fra ett punkt til en linje. Da fikk jeg korteste avstand mellom to helikopterlogger. Lengden på denne avstanden ble beregnet ved enkle spørringer i feltkalkulator (Figur 2.1). Datasettet ble overført til CSV-fil som igjen kan lagres i Excel-fil for videre beregninger av gjennomsnitt. Eksempel for hvordan det ser ut i kartløsningen er gitt av figuren under (Figur 2.2).



Figur 2.2. Eksempel på utdata etter utføring av funksjonene konvertering av linjer til punkter og V.distance. Grønn linje viser korteste avstand mellom to flylogg (helikopterlogg) linjer. Laget i QGIS 3.4.14.1 Madeira.

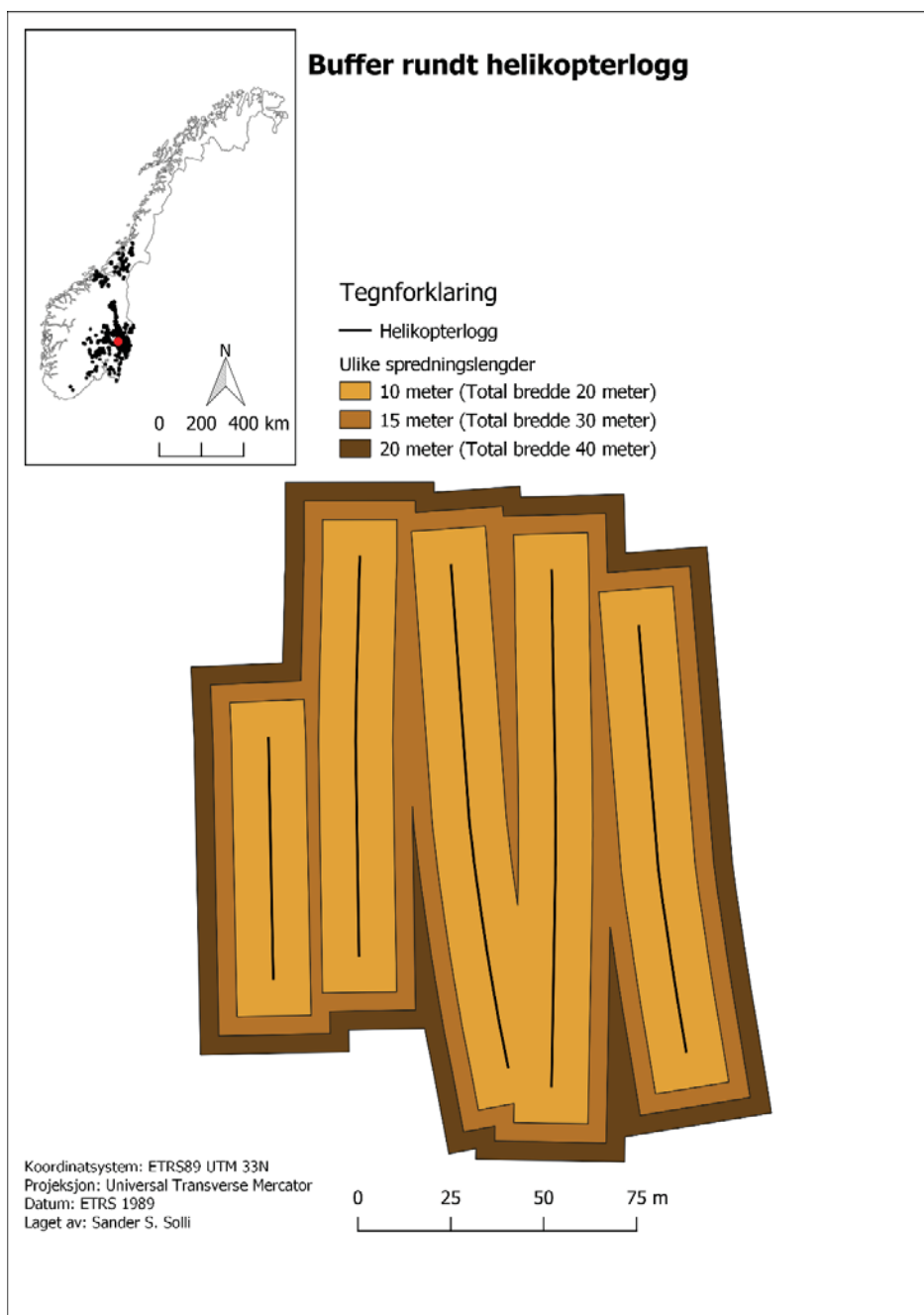
Jeg fant et gjennomsnitt på 20,71 meter mellom helikopterloggene og ved å dele på to vil man ha et gjennomsnitt på 10,35 meter til midten mellom helikopterloggene. Dette betyr at jeg kan gå ut fra at sannsynlig gjødselspredning ut fra gjødselstripas kartfestede senterlinje er på omtrent 10 meter.

2.4.2 Helikopterlogg

Helikopterloggen er basert på GPS-posisjonen til helikopteret når gjødslingsaggregatet er åpent. Det betyr at jeg har nøyaktig posisjon av hvor gjødslingen foregår. Filene for helikopterloggen var oppdelt for årene 2017, 2018 og 2019. Jeg benyttet sammenføyingsfunksjonen i QGIS 3 for å slå dem sammen til en fil (QGIS, u.å.e).

Videre ønsket jeg å lage tre ulike spredningsbredder for gjødselspredningen. Det er fordi det ikke er helt klart hvor gjødslet havner på bakken. Piloten kan justere spredningen fra gjødselstønna fra 50 meter ned til 25 meter total bredde. Altså fra 25 meter til 12,5 meter spredning på hver side av helikopterloggen. I kapittel «2.4.1 Beregning av minste gjødselspredning» beregnet jeg minste gjødslespredning til å være omtrent 10 meter fra helikopterloggen og ut til en side. Da man egentlig kan forvente 12,5 meter spredning til en side, vil 10 meter gjødselspredning være noe under det man kan forvente ved vanlig gjødsling. Overlapp innenfor 10 meter gjødselspredningsbredde kan derfor anses å være feilgjødsling. 15 meter spredning er litt i overkant av det man kan forvente under normale forhold ved gjødslingen, men er kanskje mer realistisk da noe vind, bratt terreng og andre unøyaktigheter kan forekomme. 20 meter gjødselspredning kan forekomme når det er dårligere forhold for gjødsling, feil i kartdataen eller hvis piloten glemmer å nedjustere spredningen fra gjødslingsaggregatet i utkanten av planlagt gjødslet område. Jeg har ikke sett på omfanget av mer enn 20 meter gjødselspredningsbredde.

Jeg benyttet bufferfunksjonen i QGIS 3 til å lage de tre ulike lengdene på spredningen, henholdsvis 10, 15 og 20 meter (Figur 2.3).



Figur 2.3. Eksempel på fem helikopterlogger med 10, 15 og 20 meter spredningsbuffer rundt. Laget i QGIS 3.4.14.1 Madeira.

I midten av polygonene er helikopterloggen, altså gjødselstripas senterlinje. De ulike spredningsbreddene følger helikopterloggen med en bufferavstand som er fast, henholdsvis 10, 15 og 20 meter. Det første polygonet rundt helikopterloggen er 20 meter i bredden, men blir i oppgaven

henvist som 10 meter gjødselspredningsbredde. Det er fordi spredningen fra helikopteret og ut til en av sidene er 10 meter. På denne måten vil analysene fange opp gjødsel som treffer utenfor området som var planlagt for gjødsling. Det samme prinsippet gjelder for både 15 og 20 meter spredning hvor total bredde på spredningen er henholdsvis 30 og 40 meter (Figur 2.3).

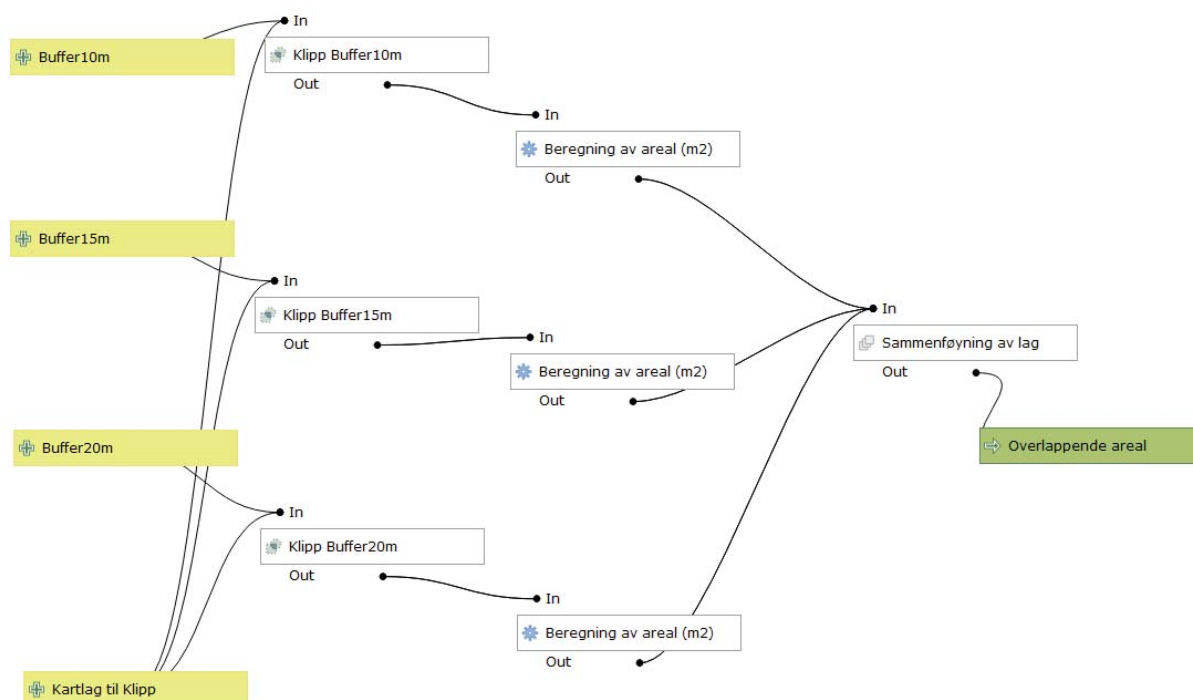
Jeg benyttet ulike bufferlengder, men følgende variabler er like for de tre bufferoperasjonene: Antall segmenter (5), Endetuppstil (kvadrat), Sammenføyningsstil (skrå), Grense for spiss (skrå, 2 meter) og huket av for dissolve. Dissolve-funksjonen gjør at utgangsfilen inneholder en flate fremfor mange tusen. Det er hensiktsmessig da jeg jobber med store mengder data.

Videre får jeg tre utgangsfiler som benyttes ved alle videre analyser som omhandler spredning av gjødsel. De tre utgangsfilene er 10 meter gjødslespredning, 15 meter gjødslespredning og 20 meter gjødslespredning.

2.4.3 Vann, elver og bekker

Det er krav om 25 meter gjødselsfri buffersone rundt vann, elver og bekker (PEFC Norge, 2016; Landbruksdirektoratet, 2020a). Jeg startet ved å bruke buffer-funksjonen i QGIS 3 til å lage 25 meter buffer rundt alle vann, elver og bekker (QGIS, u.å.b). Utgangsfilen inneholder egenskapsdataen til FKB-Vanndata, men med 25 meter ekstra i alle retninger for alle flater.

Videre benyttet jeg klipp-funksjonen på helikopterloggene med allerede etablerte buffersoner på 10, 15 og 20 meter sammen med vann, elver og bekker med 25 meter buffersone. Da fikk jeg klippet ut de feltene som overlappet hverandre, det vil si de feltene innenfor buffersonen til vann, elver og bekker som er truffet av gjødsel ved 10, 15 og 20 meter gjødslespredning. Videre benyttet jeg meg av feltkalkulator for å beregne areal innenfor hver enkelt egenskapsverdi. Det vil si kategoriene innad i FKB-Vanndata. Utgangsfilen ble så overført til CSV-fil som igjen kan overføres til Excel for videre beregninger og fremvisning i tabeller og figurer (Figur 2.4).



Figur 2.4. Viser metoden som er benyttet for å beregne overlappende areal. Overlappende areal vil si gjødelse innenfor det angitte datasettet. I dette tilfellet FKB-Vanndata og tilhørende buffersone på 25 meter. Laget i QGIS 3.4.14.1 Madeira.

Grafisk modellerer kan også brukes til å automatisere flere funksjoner. Ved å endre datasettet i "Kartlag til Klipp" kan samme prosess kjøres likt, men med ulike datasett (QGIS, u.å.d; Figur 2.4). I tillegg egner grafisk modellerer seg til å vise rekkefølgen på de ulike funksjonene som jeg har benyttet (Figur 2.4).

2.4.4 Livsmiljøer i skog

Det er presisert at verdifulle miljøverdier skal ha en gjødsel fri buffersone på 10 til 15 meter (Landbruksdirektoratet, 2020a). Jeg har benyttet meg av en buffersone på 12,5 meter (u.å.b). Jeg benyttet følgende variabler innad i bufferfunksjonen: Antall segmenter (5), Endetuppstil (rund), Sammenføyningsstil (skrå), Grense for spiss (skrå, 2 meter) og uten dissolve. Ved å ikke benytte dissolve-funksjonen beholder jeg egenskapsverdiene for hver flate. Utgangsfilen inneholder arealinformasjon over arealet som er gjødslet ved 10, 15 og 20 meter gjødselspredningsbredde. Tabeller ble laget i Excel.

Alle datasettene jeg har benyttet meg av blir kontinuerlig oppdatert. Når det kommer til livsmiljøer i skog og kulturminner blir det gjort registreringer fortløpende. I forkant av et gjødslingstiltak skal det etter kravene i PEFC/tilskuddsordningen sjekkes at gjødslingen ikke foregår der hvor miljøverdier/kulturminner allerede er registrert. Jeg valgte å sortere ut miljøverdier som var registrert i etterkant av utført gjødsling. Det kan for eksempel være at et livsmiljø blir registrert i 2019, men gjødslingen av dette arealet ble utført i 2017. Datamaterialet ble derfor sortert ut ifra registreringsdato, og helikopterlogg for 2017 ble klippet mot livsmiljø registrert i 2017 og bakover. Det samme ble gjort for 2018 og 2019. Når jeg hadde beregnet overlapp i kvadratmeter (m²) fikk jeg 3 Excel-filer. Jeg benyttet alle tall fra 2017 og bakover, men fra 2018 og 2019 benyttet jeg kun arealinformasjon som var registrert i 2018 og 2019. Det er da produsert en lik ut-datafil som for tidligere analyser, men det er tatt hensyn til registreringsdato. Det er likevel noe rom for feil hvis miljøverdier/kulturminnet ble registrert like etter gjødslingen det samme året.

2.4.5 Utvalgte naturtyper

Jeg har benyttet meg av samme fremgangsmåte som i kapittel 2.4.4 Livsmiljøer i skog. Jeg gjorde analysen både ved sortering for registreringsår, men også uten sortering for registreringsår.

2.4.6 Kulturminner

Jeg benyttet samme fremgangsmåte som i kapittel 2.4.4 Livsmiljøer i skog, men uten å lage buffersone rundt kulturminnene.

2.4.7 Overholdelse av gjødslingsanbefalingene med hensyn på arealtype

Fremgangsmåten for GIS-analysen av AR5 datamaterialet er lik for de fire ulike egenskapskategoriene bonitet, skogtype, grunnforhold og arealtype. Videre har jeg utført GIS-analysen av AR5 datamaterialet tilnærmet likt som det som fremkommer i kapittel 2.4.3 Vann, elver og bekker. Forskjellen er at jeg ikke har benyttet 25 meter buffersone rundt AR5 datamateriale. Utgangsfilen inneholder arealinformasjon over arealet som er gjødslet ved 10, 15 og 20 meter gjødselspredningsbredde. Tabeller ble laget i Excel.

3 Resultater

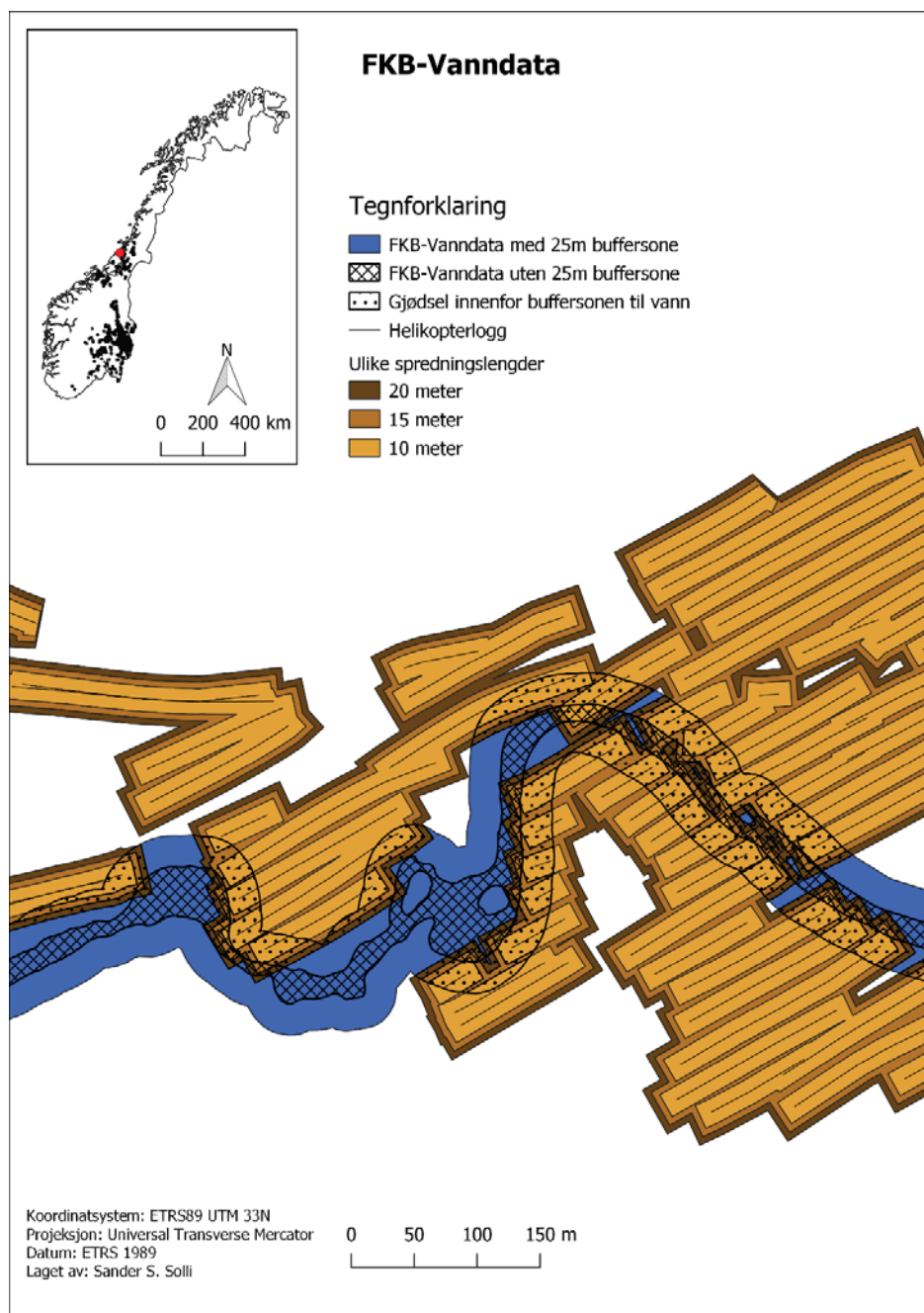
3.1 Vann, elver og bekker

Det ble gjødslet absolutt mest innenfor buffersonen til elver og bekker. Videre var det gjødsla nest mest innenfor buffersonen til innsjøer og minst rundt kanaler og grøfter (Tabell 3.1). Totalt er det blitt gjødslet 664 dekar ved 10 meter spredning, 1 193 dekar ved 15 meter spredning og 1 808 dekar ved 20 meter spredning (Tabell 3.1). Dette utgjør henholdsvis 0,36 %, 0,64 % og 0,98 % av det totale gjødslede arealet som er registrert innad i Økonomisystem for skogordning (ØKS) for perioden 2017 til ut 2019 (Landbruksdirektoratet, 2020b).

Tabell 3.1. Gjødslet areal (2017-2019) innenfor buffersonen på 25 meter til vann, bekker og elver ved de tre ulike gjødselspredningene; 10 meter, 15 meter og 20 meter.

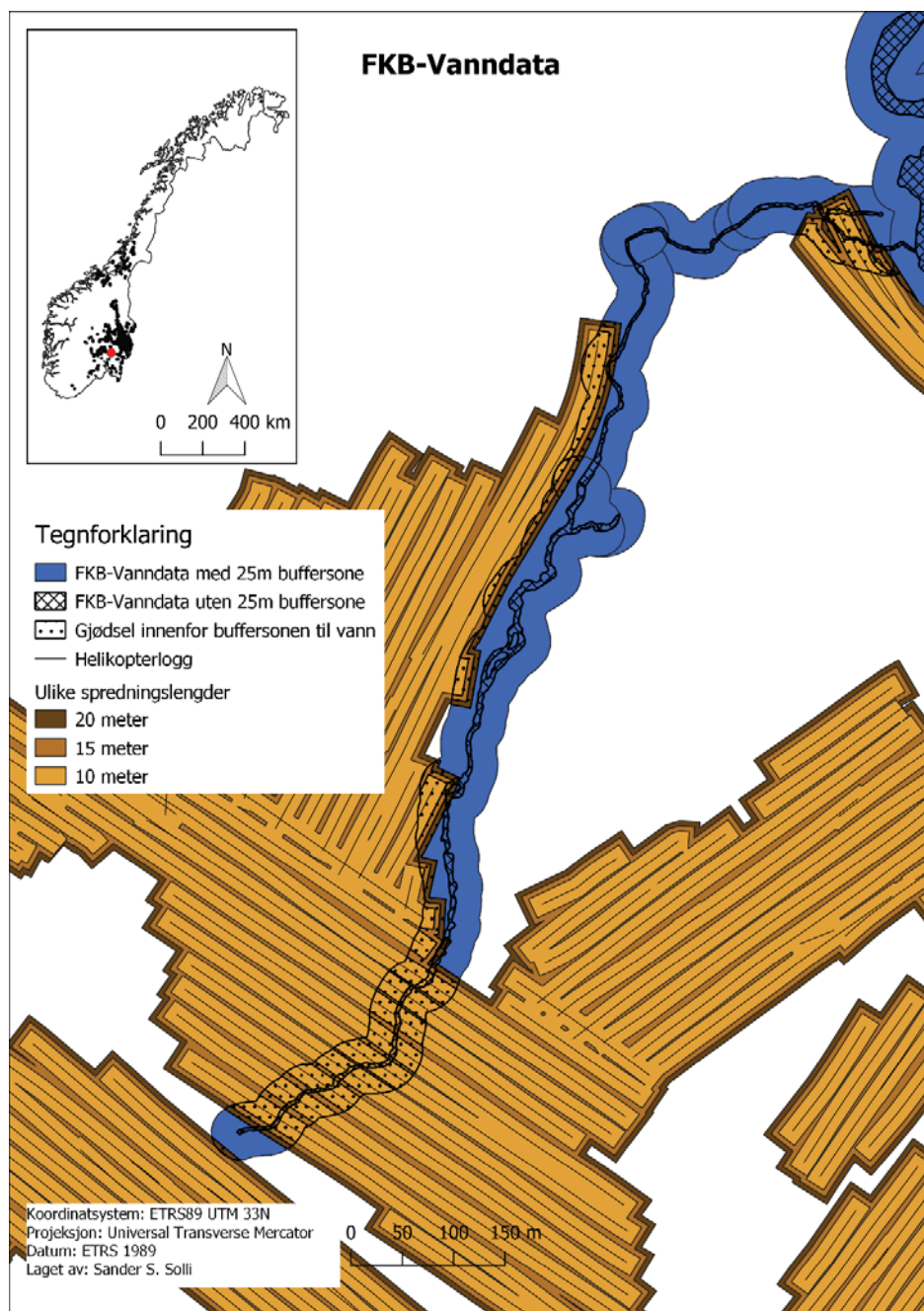
Egenskapsverdi:	10 meter spredning (Da)	15 meter spredning (Da)	20 meter spredning (Da)
Elv/Bekk	481,9	868,1	1 321,3
Innsjø	146,8	271,4	417,8
Kanal/Grøft	35,1	53,5	68,5
Totalsum	663,8	1 193,0	1 807,6

Definisjoner av de ulike vannkategoriene er beskrevet i metodekapittel 2.2.2 Vann, elver og bekker.



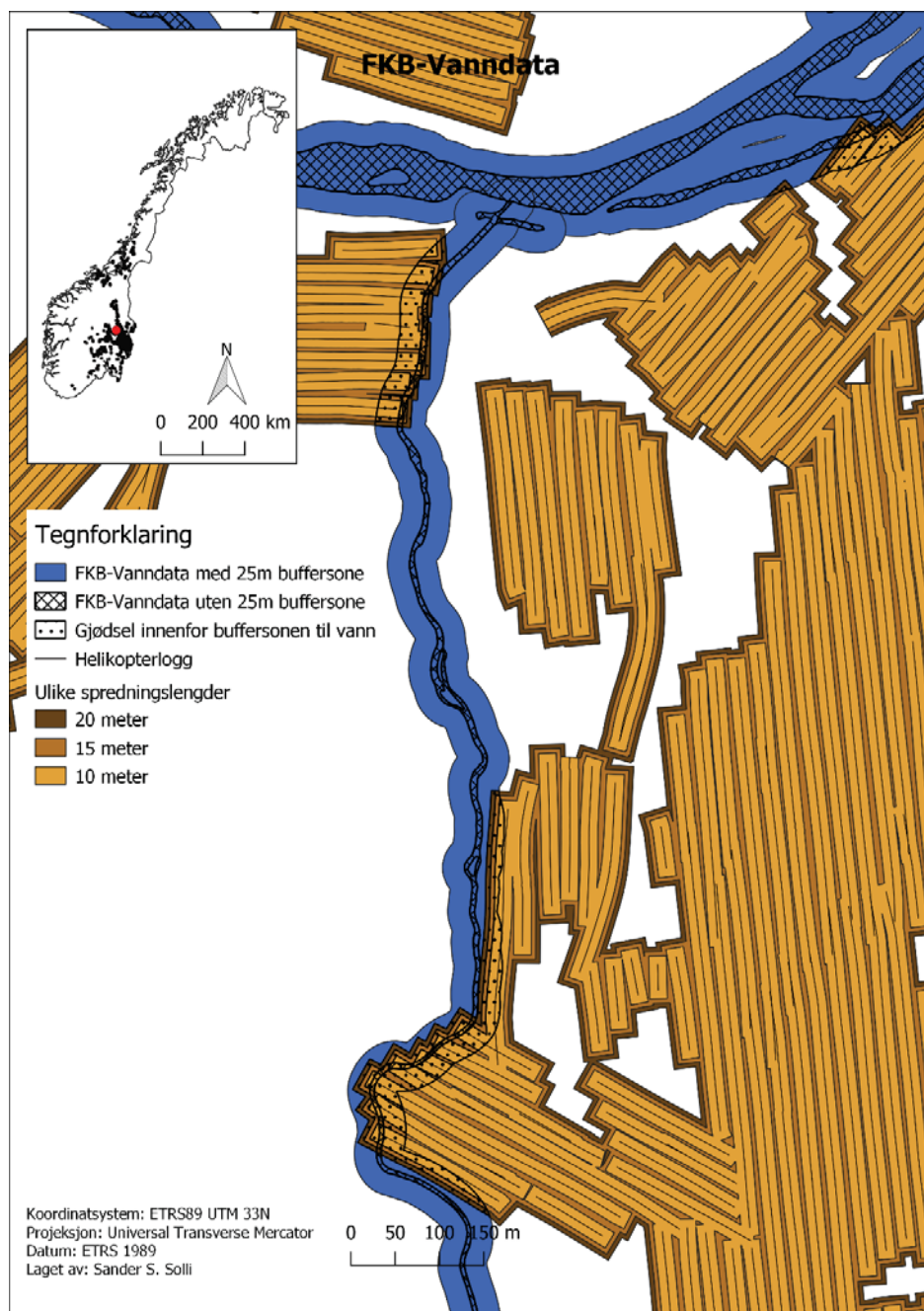
Figur 3.1. Eksempel fra Trøndelag hvor det er gjødslet innenfor 25 meter buffersone til vann, bekker og elver. Laget i QGIS 3.4.14.1 Madeira.

Innenfor buffersonen rundt vann, elver og bekker er det gjødslet 24,5 dekar ved 10 meter gjødselspredning, 38 dekar ved 15 meter gjødselspredning og 49,6 dekar ved 20 meter gjødselspredning (Figur 3.1).



Figur 3.2. Eksempel fra Viken hvor det er gjødslet innenfor 25 meter buffersoner til vann, bekker og elver. Laget i QGIS 3.4.14.1 Madeira.

Innenfor buffersonen rundt vann, elver og bekker er det gjødslet 13,6 dekar ved 10 meter gjødselspredning, 18,6 dekar ved 15 meter gjødselspredning og 22 dekar ved 20 meter gjødselspredning (Figur 3.2).



Figur 3.3. Eksempel fra Innlandet hvor det er gjødslet innenfor 25 meter buffersone til vann, bekker og elver. Laget i QGIS 3.4.14.1 Madeira.

Innenfor buffersonen rundt vann, elver og bekker er det gjødslet 13,1 dekar ved 10 meter gjødselspredning, 20 dekar ved 15 meter gjødselspredning og 25,8 dekar ved 20 meter gjødselspredning (Figur 3.3).

3.2 Livsmiljøer i skog

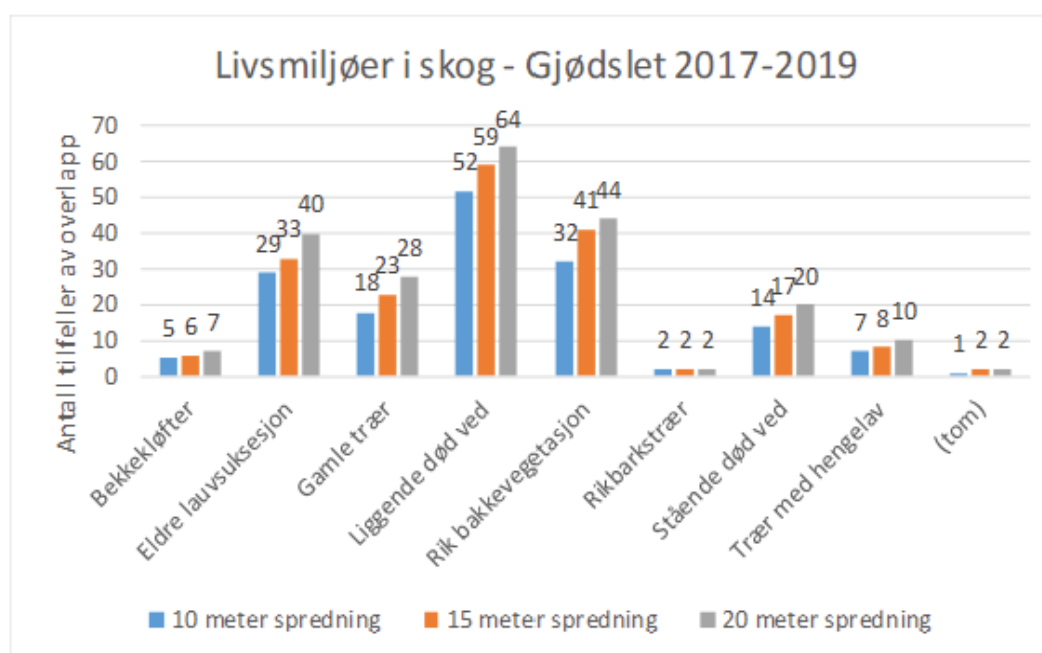
Totalt er det blitt gjødslet 231 dekar ved 10 meter spredning, 354,8 dekar ved 15 meter spredning og 479,7 dekar ved 20 meter spredning (Tabell 3.2). Dette utgjør henholdsvis 0,13 %, 0,19 % og 0,26 % av det totale gjødslede arealet som er registrert innad i ØKS for perioden 2017 til ut 2019 (Landbruksdirektoratet, 2020b). Det ble gjødslet mest innenfor buffersonen til liggende død ved, med omtrent 32 % av totalen uansett gjødselspredningsbredde. Videre ble rik bakkevegetasjon gjødslet nest mest med omtrent 23 % av totalen. Eldre lauvsuksesjon og gamle trær ble begge gjødslet over 13 % av totalen, men med stigende prosentandel for eldre lauvsuksesjon og mindre prosentandel for gamle trær ved økende gjødselspredningsbredde. Videre var omtrent 7, 4, og 3 % av gjødsle arealer innenfor buffersonen til stående død ved, trær med hengelav og bekkekløfter. Resterende, rikbarkstrær og kategorien tom, har begge i underkant av 1,5 % av totalen (Tabell 3.2).

Tabell 3.2. Antall dekar gjødslet i perioden 2017 til 2019 innenfor ulike livsmiljøer i skog ved de tre ulike gjødselspredningene; 10 meter, 15 meter og 20 meter.

Egenskapsverdi:	10 meter spredning (Da)	Prosent (%)	15 meter spredning (Da)	Prosent (%)	20 meter spredning (Da)	Prosent (%)
Bekkekløfter	6,0	2,6	10,0	2,8	14,0	2,9
Eldre lauvsuksesjon	31,2	13,5	52,3	14,7	76,3	15,9
Gamle trær	31,1	13,5	45,6	12,8	60,5	12,6
Liggende død ved	76,9	33,3	115,9	32,7	153,8	32,0
Rik bakkevegetasjon	56,7	24,6	84,1	23,7	110,4	23,0
Rikbarkstrær	1,5	0,7	2,5	0,7	3,4	0,7
Stående død ved	15,6	6,8	25,6	7,2	36,0	7,5
Trær med hengelav	9,8	4,3	14,3	4,0	17,7	3,7

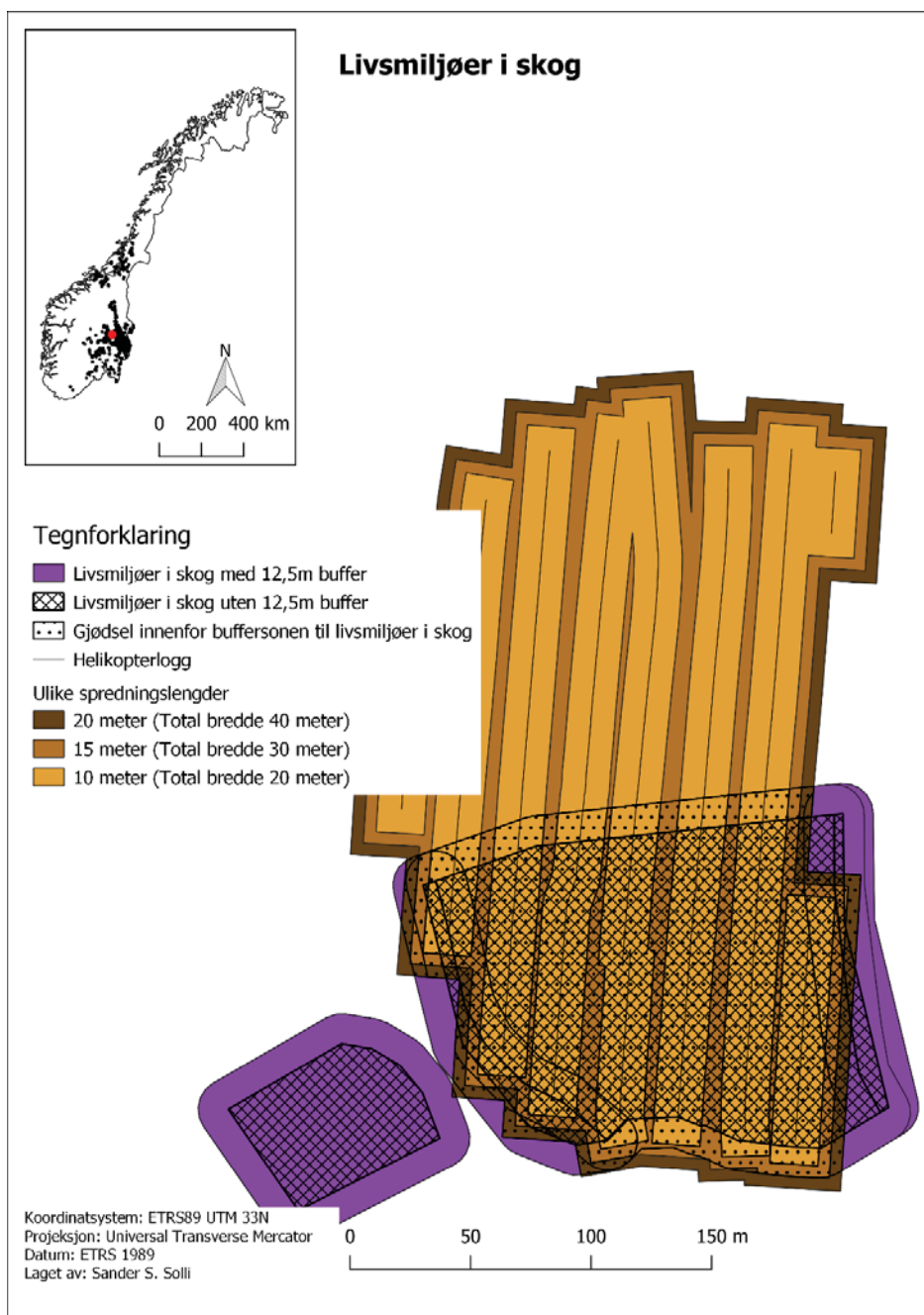
(tom)	2,0	0,9	4,6	1,3	7,8	1,6
Totalsum	231,0	100,0	354,8	100,0	479,7	100,0

Definisjoner av de ulike livsmiljøene er beskrevet i metodekapittel 2.2.3 Livsmiljøer i skog.



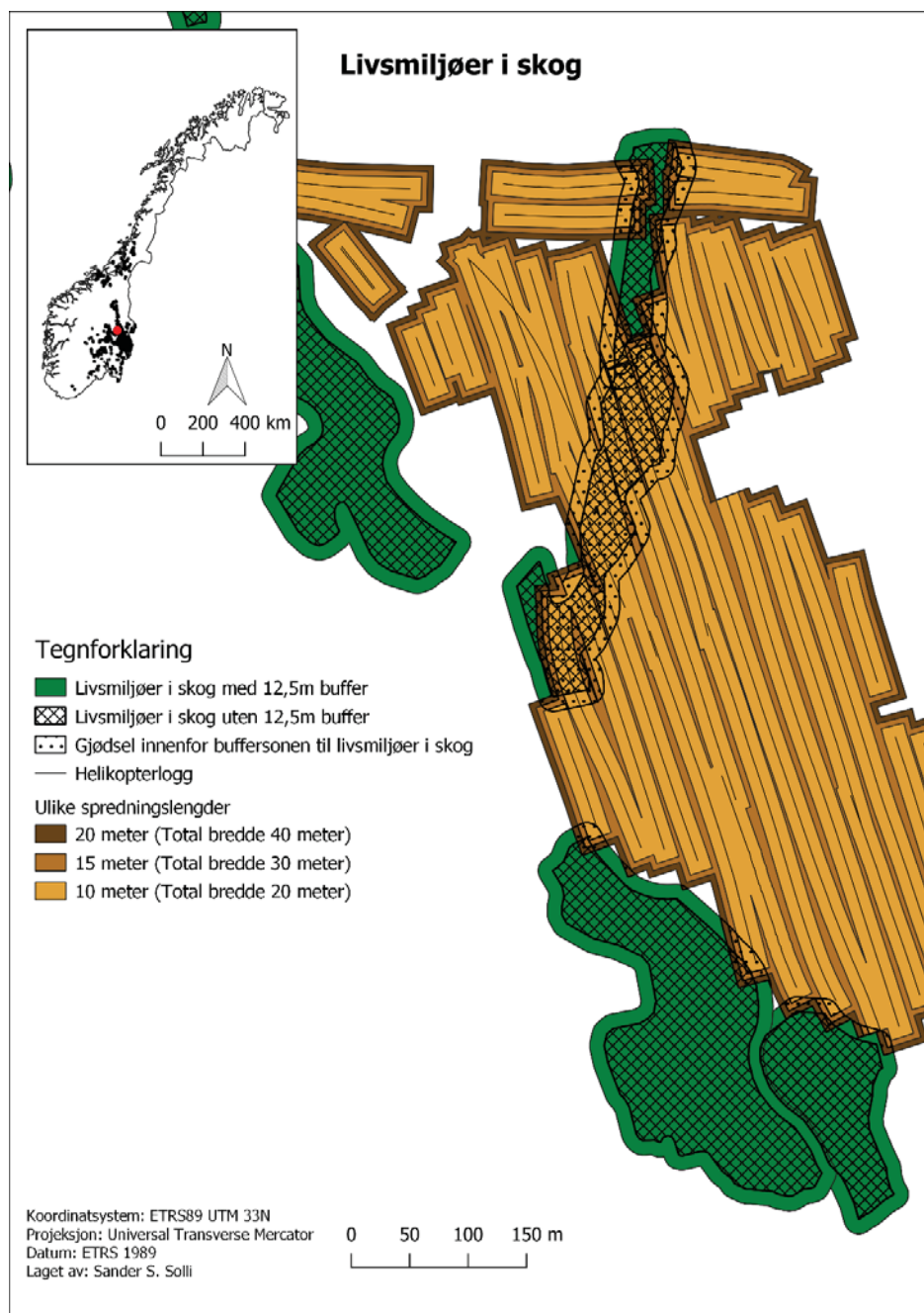
Figur 3.4. Antall tilfeller av gjødsling innenfor buffersonen rundt de ulike typene livsmiljøer ved 10, 15 og 20 meter gjødslerbredde, også kalt overlapp.

Jeg fant totalt 160, 191 og 217 tilfeller hvor det var gjødslert innenfor buffersonen til livsmiljøer for henholdsvis 10, 15 og 20 meter gjødslerspredningsbredde (Figur 3.4). Det er økning av gjødseleltilfeller ved alle livsmiljøer i skog ved økende gjødslerbredde med unntak av rikbarkstrær.



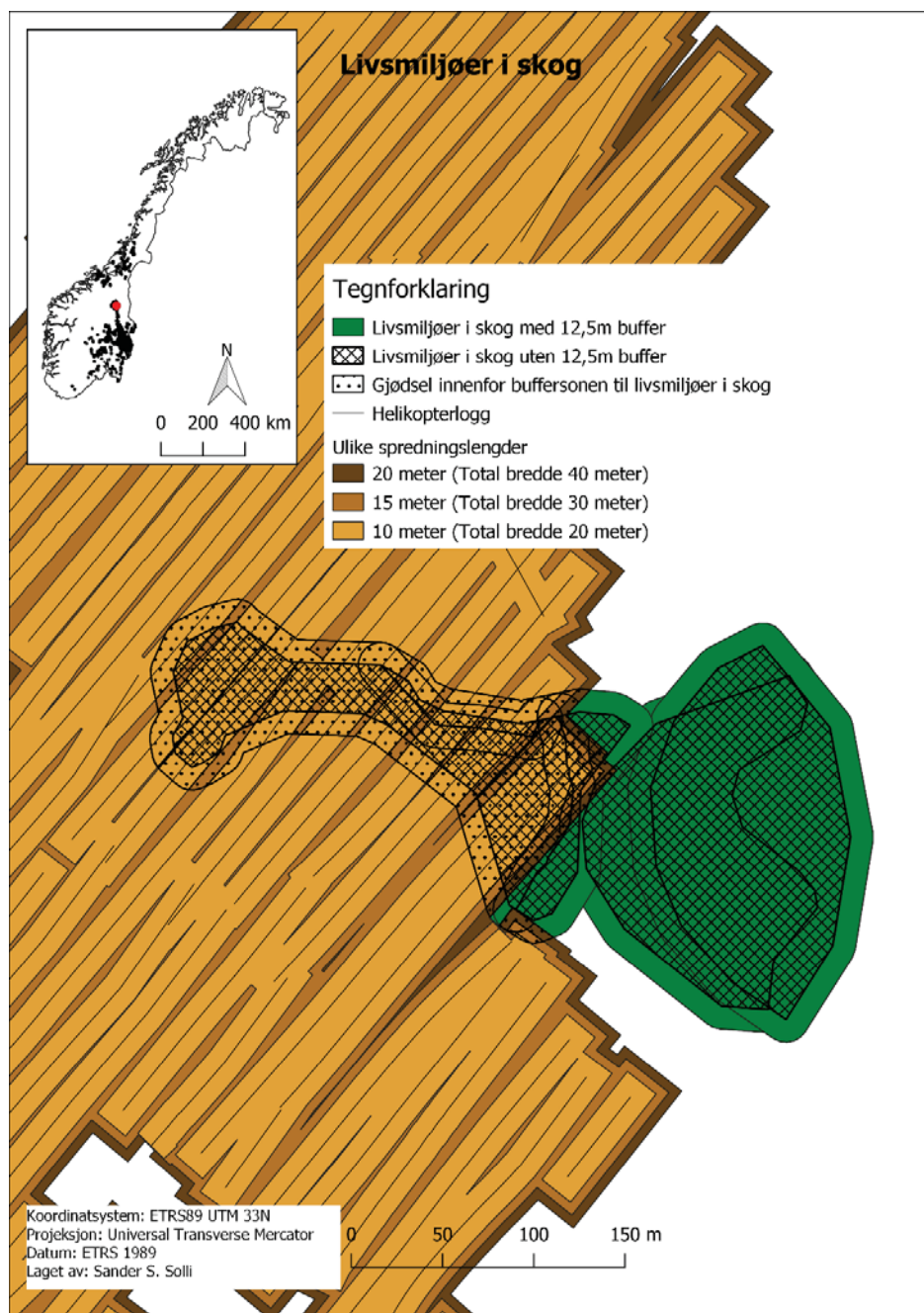
Figur 3.5. Eksempel fra Innlandet hvor det er gjødslet innenfor 12,5 meter buffersonen til livsmiljøer i skog. Laget i QGIS 3.4.14.1 Madeira.

Innenfor buffersonen rundt livsmiljøer i skog er det gjødslet 16,6 dekar ved 10 meter gjødselspredning, 22,1 dekar ved 15 meter gjødselspredning og 23,6 dekar ved 20 meter gjødselspredning. Det er livsmiljøet trær med hengelav som er truffet (Figur 3.5).



Figur 3.6. Eksempel fra Innlandet hvor det er gjødslet innenfor 12,5 meter buffersonen til livsmiljøer i skog. Laget i QGIS 3.4.14.1 Madeira.

Innenfor buffersonen rundt livsmiljøer i skog er det gjødslet 15,6 dekar ved 10 meter gjødselspredning, 19,5 dekar ved 15 meter gjødselspredning og 20,5 dekar ved 20 meter gjødselspredning (Figur 3.6). Det er i hovedsak livsmiljøet liggende død ved som er truffet, men også eldre lauvsuksesjoner.



Figur 3.7. Eksempel fra Innlandet hvor det er gjødslet innenfor 12,5 meter buffersonen til livsmiljøer i skog. Laget i QGIS 3.4.14.1 Madeira.

Innenfor buffersonen rundt livsmiljøer i skog er det gjødslet 13,7 dekar ved 10 meter gjødselspredning, 16,8 dekar ved 15 meter gjødselspredning og 17,6 dekar ved 20 meter gjødselspredning (Figur 3.7). Det er livsmiljøet rik bakkevegetasjon som er truffet.

3.3 Utvalgte naturtyper

Det ble ikke funnet noen utvalgte naturtyper som var gjødslet uavhengig av lengden på gjødselspredningene (10m, 15m eller 20m). Det ble heller ikke funnet gjødsel innenfor buffersonen på 12,5 meter rundt utvalgte naturtyper.

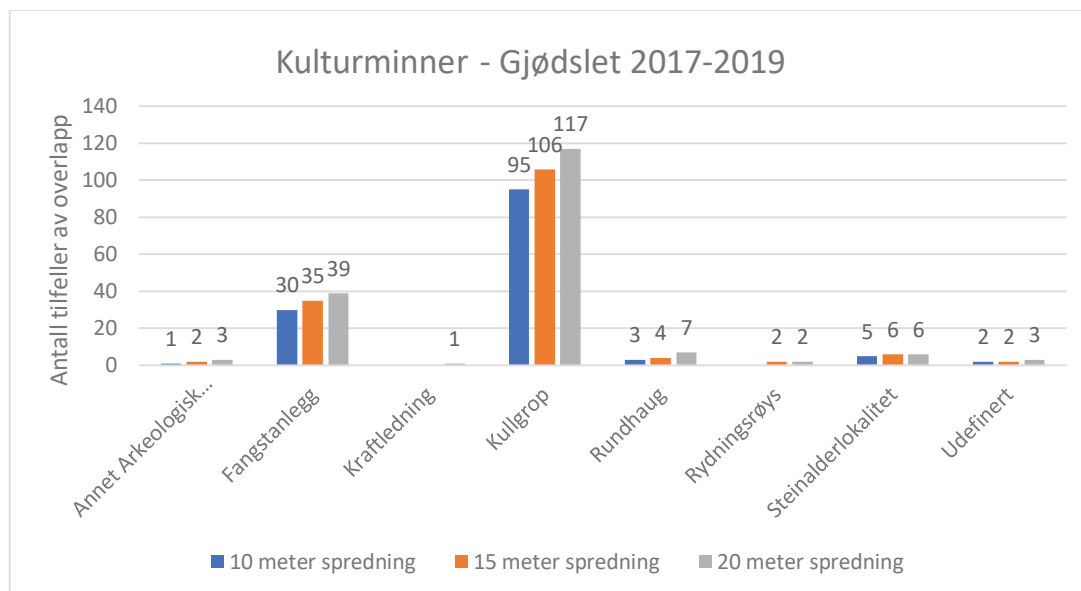
3.4 Kulturminner

Av kulturminner er det kullgroper og fangstanlegg som oftest blir gjødslet (Tabell 3.3). Total gjødsling innenfor kulturminner utgjør bare omtrent 0,005 % av det totale gjødslede arealet som er registrert innad i ØKS for perioden 2017 til ut 2019 (Landbruksdirektoratet, 2020b).

Tabell 3.3. Antall dekar gjødslet i perioden 2017 til 2019 innenfor kulturminner ved de tre ulike gjødselspredningene; 10 meter, 15 meter og 20 meter.

Egenskapsverdi:	10 meter spredning (Da)	Prosent (%)	15 meter spredning (Da)	Prosent (%)	20 meter spredning (Da)	Prosent (%)
Udefinert	0,08	1,2	0,28	3,2	0,50	4,6
Annet Arkeologisk Enkeltminne	0,01	0,2	0,03	0,3	0,05	0,5
Fangstanlegg	2,55	40,0	3,33	37,5	3,65	33,3
Kraftledning	-	-	-	-	0,00024	0,002
Kullgrop	2,65	41,6	3,56	40,0	4,36	39,8
Rundhaug	0,84	13,2	1,13	12,7	1,26	11,5
Rydningrøys	0,00	0,0	0,22	2,5	0,70	6,4
Steinalderlokalitet	0,24	3,8	0,34	3,9	0,42	3,8
Totalsum	6,4	100,0	8,9	100,0	11,0	100,0

Definisjoner av de ulike kulturminnene er beskrevet i metodekapittel 2.2.5 Kulturminner.



Figur 3.8. Antall tilfeller av gjødsling innenfor de ulike typene kulturminner ved 10, 15 og 20 meter gjødslersbredde, også kalt overlapp.

Jeg fant totalt 136, 157 og 178 tilfeller hvor det var gjødslert innenfor buffersonen til kulturminner for henholdsvis 10, 15 og 20 meter gjødslerspredningsbredde (Figur 3.8). Det er økning av tilfeller av overlapp ved alle kulturminner ved økende gjødslerspredningsbredde. Kullgrop er det mest utsatte kulturminnet, etterfulgt av fangstanlegg.

3.5 Overholdelse av gjødslingsanbefalingene med hensyn på arealtype

3.5.1 Bonitet

Det ble gjødslert absolutt mest i bonitetsklassene 11 til 14, med omtrent 63 % av totalen uansett gjødslerspredningsbredde. Videre var henholdsvis 15 og 20 % av gjødsla arealer i bonitetsklassene 6 til 8 og 17 til 20 (Tabell 3.4). Spredningsbredden påvirker ikke fordelingen mellom boniteter, men har en viss betydning for totalt gjødslert areal.

Tabell 3.4. Antall dekar gjødslert i perioden 2017 til 2019 fordelt på bonitet ved de tre ulike gjødslerspredningene; 10 meter, 15 meter og 20 meter.

Egenskapsverdi:	10 meter spredning (Da)	Prosent (%)	15 meter spredning (Da)	Prosent (%)	20 meter spredning (Da)	Prosent (%)
Impediment	1 764,6	1,5	2 617,0	1,7	3 350,7	1,9
6 til 8	18 918,3	15,7	24 541,1	15,5	27 013,5	15,3
11 til 14	76 219,6	63,3	99 114,7	62,8	109 379,0	62,1
17 til 20	23 100,7	19,2	30 814,6	19,5	35 235,9	20,0
Ikke relevant	409,9	0,3	791,6	0,5	1 211,6	0,7
Totalsum	120 413,1	100,0	157 879,0	100,0	176 190,7	100,0

Definisjoner av de ulike bonitetene er beskrevet i metodekapittel 2.2.6.1 Bonitet.

3.5.2 Skogtype

Det ble gjødslet absolutt mest innenfor skogtypen barskog, med omtrent 98 % av totalen uansett gjødselsspredningsbredde. Resterende arealer var fordelt på lauvskog (0,1 %), blandingsskog (0,5 %), ikke tresatte arealer (0,4 %), ikke relevante arealer (0,5 %) og ikke registrerte arealer (< 0,1 %) (Tabell 7.1). Spredningsbredden påvirker ikke fordelingen mellom skogtypene, men har en viss betydning for totalt gjødslet areal.

Definisjoner av de ulike skogtypene er beskrevet i metodekapittel 2.2.6.2 Skogtype.

3.5.3 Grunnforhold

Det ble gjødslet absolutt mest innenfor jorddekte arealer, med omtrent 88 % av totalen uansett gjødselsspredningsbredde. Videre var henholdsvis 8 og 3 % av gjødsle arealer innenfor grunnlendt og organisk jordlag. Resterende arealer utgjør under 0,5 % av totale gjødslede arealer (Tabell 7.2). Spredningsbredden påvirker ikke fordelingen mellom skogtypene, men har en viss betydning for totalt gjødslet areal.

Definisjoner av de ulike grunnforholdene er beskrevet i metodekapittel 2.2.6.3 Grunnforhold.

3.5.4 Arealtype

Det ble gjødslet absolutt mest innenfor arealtypen skog, med omtrent 98 % av totalen uansett gjødselspredningsbredde. Videre var arealtypen myr gjødslet omtrent 1,7 % av totale gjødsle arealer. Resterende arealer utgjør under 0,5 % av totale gjødslede arealer (Tabell 7.3). Spredningsbredden påvirker ikke fordelingen mellom skogtypene, men har en viss betydning for totalt gjødslet areal.

Definisjoner av de ulike arealtypene er beskrevet i metodekapittel 2.2.6.4 Arealtype.

4 Diskusjon

Kravpunkt 18 «gjødsling og næringsbalanse», i PEFC-standarden regulerer kravene satt til vann, elver og bekker, samt kravene mot påvirkning av verdifulle miljøverdier som livsmiljøer i skog og utvalgte naturtyper. Disse kravene er også tatt inn som vilkår for å få tilskudd til gjødsling. I tillegg er det presisert i forskriften om bærekraftig skogbruk, at viktige livsmiljøer og nøkkelbiotoper blir ivaretatt etter retningslinjene som fremkommer av PEFC (Forskrift om bærekraftig skogbruk, 2006, § 5). Utvalgte naturtyper er også ivaretatt igjennom forskrift om utvalgte naturtyper etter naturmangfoldloven (Forskrift om utvalgte naturtyper etter nml., 2011).

Kulturminner er i hovedsak regulert igjennom kulturminneloven. Av § 3 skal man ikke skade, ødelegge, grave ut, flytte, forandre, tildekke, skjule eller på annen måte skjemme automatisk fredet kulturminne (Kulturminneloven – kulml, 1979, § 3). Kulturminner er også regulert igjennom kravpunkt 27 «Kulturminner og kulturmiljøer» i PEFC-standard (PEFC Norge, 2016).

Når det gjelder anbefalingene til de ulike skogvariablene så er de gitt av Landbruksdirektoratet for å oppnå god effekt ved gjødsling og for å ta hensyn til miljø, klima og næringen (Haugland et al., 2014). Det er angitt enda flere krav til ulike skogvariabler, men på grunn av manglende datamateriale for å utføre undersøkelser av disse, ble det ikke gjort.

Hvordan man tolker de ulike gjødselspredningsbreddene er forklart i andre avsnitt i kapittel 2.4.2 Helikopterlogg.

4.1 Vann, elver og bekker

Det er mest feilgjødsling tilknyttet buffersonen rundt elver og bekker etterfulgt av buffersonen mot innsjøer (Tabell 3.1). Det er også funnet noe gjødselspredning innenfor buffersonen mot kanaler og grøfter. Det kan diskuteres om kanaler og grøfter egentlig er brudd på kravene, da kravpunkt 18 i PEFC-ordningen angir at det ikke skal gjødsles innenfor buffersonen til bekker med helårs vannføring (PEFC Norge, 2016). Datasettet som er brukt i mine analyser har ikke tilstrekkelig informasjon for å si noe om vannføringen i kanaler og grøfter. Kanaler og grøfter kan likevel være med på å øke avrenning av næringsstoffene i gjødslet da funksjonen til en kanal eller grøft er å lede vann. Jeg antar derfor at gjødsel innenfor buffersonen til kanaler og grøfter er brudd på kravpunkt 18 i PEFC (Tabell 3.1). Det er viktig å ta med seg at feilgjødsling er innenfor buffersonen på 25 meter til vann, elver og bekker og ikke

nødvendigvis direkte i vann. I tillegg er det igjennom PEFC-ordningen en toleranse på 10 meter til buffersonen (PEFC Norge, 2016). Allikevel vil alle overlapp innenfor 10 meter gjødselspredning, i mine resultater, bety at kravpunkt 18 i PEFC-standarder ikke er opprettholdt når det gjelder å opprettholde 25 meter ugjødslet buffersone mot vann, elver og bekker (PEFC Norge, 2016).

I perioden 2017 og ut 2019 er det funnet brudd på kravpunkt 18 i PEFC-standarder og dermed også brudd på Landbruksdirektoratets krav for utbetaling av tilskudd for gjødsling av skog som klimatiltak. Mellom 663 og 1 807 dekar innenfor buffersonen er truffet av gjødsel (Tabell 3.1) og det utgjør maksimalt i underkant av 1 % av det totale gjødslede arealet for perioden. Gjødselspredningsbreddene 10 og 15 meter er mest realistiske ved normal gjødsling og de utgjør mellom 663 og 1 193 dekar. Det vil si at mellom 0,36 og 0,64 % av det totale gjødslede arealet for perioden er innenfor buffersonen til vann, elver og bekker.

De tre verste tilfellene av feilgjødsling viser at det også er gjødslet direkte i vann (Figur 3.1, 3.2, 3.3). Det er flere slike eksempler som kunne vært belyst, men jeg har kun laget kartoversikt over de tre verste tilfellene ut ifra gjødslet areal innenfor buffersonen. Når gjødsel kommer i vann, elver og bekker kan surhetsgraden øke og viktige planktonalger kan forsvinne. Større mengder nitrogen i vannet kan øke planteproduksjonen å forårsake eutrofiering (Futter et al., 2019; Kjennsmo & Hongve, 2018; Aarrestad, 2013). I tillegg kan avrenning til vann, elver og bekker forekomme hvis det gjødsles innenfor buffersonen. Sannsynligheten for avrenning øker ved bratt terreng ned mot vann og hvis det i etterkant av gjødslingen kommer større mengder nedbør (Flint et al., 2008; Lundin & Nilsson, 2014). Det er derfor viktig å opprettholde buffersonen mot vann (Søgaard et al., 2020).

4.2 Livsmiljøer i skog

Den prosentvise fordelingen mellom de ulike livsmiljøene i skog, som var gjødslet innenfor buffersonen på 12,5 meter, er relativt stabil ved økende gjødselspredningsbredde. Prosentpoengene endrer seg maksimalt i underkant av 3 prosentpoeng fra analyser utført med 10 meter gjødselspredning og analyser utført med 20 meter gjødselspredning (Tabell 3.2). Dette kan indikere at en større del av samme livsmiljø ble truffet av gjødsel ved større gjødselspredningsbredde.

Det er usikkerhet knyttet til antall dekar, innenfor buffersonen rundt livsmiljøer i skog, som er truffet av gjødsel innenfor hver av de ulike kategoriene for livsmiljøer. Registreringer av livsmiljøer i skog blir

utført slik at flere ulike livsmiljøer kan registreres innenfor samme areal. Innenfor ett areal på fem dekar kan det for eksempel være registrert liggende død ved, stående død ved og gamle trær. I mine resultater vil dette arealet utgjøre 15 dekar totalt, med fem dekar innenfor hver av de nevnte livsmiljøene.

Totalsummen i tabellen er derfor høyere enn den ville vært hvis resultatene viste gjødselsfelter fremfor kategorier av livsmiljøer (Tabell 3.2). Antall dekar innenfor buffersonen til livsmiljøer i skog viser likevel hvor mange dekar som er truffet av gjødsel innenfor hver kategori av livsmiljøer.

Gamle trær, liggende død ved og rik bakkevegetasjon er de mest vanlige registrerte livsmiljøene i skog ut ifra antall dekar registrert i Norge (Datasett «Livsmiljøer i skog, Landbruksdirektoratet»). Det gjenspeiles til en viss grad i mine resultater, hvor liggende død ved er gjødslet klart mest, etterfulgt av rik bakkevegetasjon og gamle trær (Tabell 3.2). Eldre lauvsuksesjoner er den fjerde mest vanlige registrerte livsmiljøet i skog. I mine resultater er den tredje mest gjødslede livsmiljøet, uavhengig av gjødselspredningsbredde (Tabell 3.2). Resterende feilgjødslinger innenfor livsmiljøer i skog samsvarer med antall dekar registrert innenfor hver kategori i datasettet «livsmiljøer i skog».

Det er ikke funnet gjødsel innenfor buffersonen til hule lauvtrær, brannflater, bergvegger og leirraviner.

Alt areal innenfor gjødselspredningsbredden på 10 meter er å anse som brudd på kravene satt til tilskuddsordningen og kravene satt i kravpunkt 18 i PEFC (Landbruksdirektoratet, 2020a; PEFC Norge, 2016). Landbruksdirektoratet har krav om at det ikke skal gjødsles innenfor en tiltenkt bufferson på 10 til 15 meter (Landbruksdirektoratet, 2020a). I PEFC er det angitt at man ikke skal påvirke områder med spesielle miljøverdier ved gjødsling. I hvilken grad det er påvirkning når det gjødsles innenfor buffersonen på 12,5 meter til miljøverdier er uvisst. Ved påvirkning av livsmiljøer i skog vil artsmangfoldet synke over tid og rasktvoksende arter som klarer å utnytte den økte konsentrasjonen av nitrogen vil trives bedre. Mykorrhizasopp, urter, lyng- og lavararter er spesielt utsatt for utkonkurrering (Framstad & Sverdrup-Thygeson, 2015; Tamm, 1991; Aarrestad, 2013). I tillegg kan nedbrytning av organisk materiale og artssammensetning påvirkes igjennom økt forsuring. Om økt forsuring forekommer er avhengig av blant annet vegetasjonen og kalkinnholdet og kombinasjonen av nitrat og ammonium i gjødslet (Framstad & Sverdrup-Thygeson, 2015; Aarrestad, 2013).

De tre verste tilfellene av feilgjødsling viser at det også er gjødslet direkte på livsmiljøer i skog (Figur 3.5, 3.6, 3.7). Helikopteret har flydd over livsmiljøet ved alle de tre tilfellene og gjødslet har dermed landet direkte i livsmiljøet. Det er brudd på kravpunkt 18 i PEFC og kravene satt av Landbruksdirektoratet, og i

disse tilfellene er det ikke tvil om at livsmiljøet er truffet og dermed påvirket av gjødsel. Det er flere slike eksempler som kunne vært belyst, men jeg har kun laget oversikt over de tre verste tilfellene ut ifra gjødslet areal innenfor buffersonen til livsmiljøer i skog.

Antall tilfeller av gjødsel innenfor buffersonen til livsmiljøer i skog samsvarer til en viss grad med antall dekar som er gjødslet innenfor hver kategori av livsmiljøer i skog (Figur 3.4, Tabell 3.2). De livsmiljøene som har mest gjødslet areal har også flest antall tilfeller av gjødsel innenfor buffersonen. Totalt er det registrert 145 516 livsmiljøer i skog i Norge (Datasett «Livsmiljøer i skog, Landbruksdirektoratet»). Det betyr at mellom 0,11 og 0,15 % av alle registrerte livsmiljøer i skog var truffet av gjødsel i perioden 2017 til ut 2019.

4.3 Utvalgte naturtyper

Jeg har ikke funnet gjødsel direkte på utvalgte naturtyper og heller ikke funnet gjødsel innenfor buffersonen på 12,5 meter rundt utvalgte naturtyper. Hvis det var funnet overlapp av gjødsel innenfor de utvalgte naturtypene kunne disse tilfellene vært i strid med loven (Forskrift om utvalgte naturtyper etter nml., 2011). Konsekvensene av gjødsling i utvalgte naturtyper vil avhenge av hvilken type det er. Effektene på kalksjøer kan være økt forsuring og eutrofiering (Aarrestad, 2013). For resterende utvalgte naturtyper kan det oppstå endringer i vegetasjonen med blant annet flere grasarter og endring i billepopulasjoner som igjen påvirker naturtypen (Aarrestad, 2009).

4.4 Kulturminner

Kulturminner er definert som alle spor etter menneskelig aktivitet gjennom tidene (Tomter & Risbøl, 2014). Ut ifra datasettet jeg har benyttet er de to vanligste kulturminnene i Norge fangstanlegg og kullgroper. Det samsvarer med resultatene mine hvor antall tilfeller av feilgjødsling er høyt for både kullgroper og fangstanlegg (Figur 3.8). Likevel er arealet relativt lite (Tabell 3.3). Relativt lavt areal, men mange tilfeller kan komme av at størrelsen på hvert enkelt kulturminne er liten. Gjennomsnittlig areal på kulturminnene som var truffet av gjødsel i perioden er 0,0615 daa ved 20 meter spredningsbredde (178 kulturminner). Både fangstanlegg og kullgroper er registrert som flater i datasettet, men flatene er tilnærmet lik punkter og derfor små i størrelse. I tillegg har jeg ikke benyttet noen ekstra buffersone

rundt hvert enkelt kulturminne. Det vil si at alle funn i mine resultater, angående feilgjødsling på kulturminner, vil være direkte på kulturminnet. I PEFC kravpunkt 27 er det skrevet at man skal ta hensyn og i størst grad unngå andre skogbrukstiltak i nærheten av freda kulturminner (PEFC Norge, 2016). 97 % av de berørt kulturminnene har vernetypen automatisk fredet og denne vernetypen brukes hovedsakelig på grunn av høy alder. I skog gjelder dette hovedsakelig faste kulturminner før 1537 og samiske kulturminner før 1917. Tiltak som kan skade automatisk freda kulturminner er straffbare etter kulturminneloven (Riksantikvaren, 2020). Om gjødsling skader de automatisk freda kulturminnene er uvisst, men tiltak skal likevel unngås. Det er mulig å få tillatelse til inngrep i automatisk freda kulturminner. Det er ikke mulig å ta stilling til om det foreligger tillatelse ved de tilfeller som er funnet i mine analyser.

Konsekvensene ved gjødsling av et kulturminne vil avhenge av typen kulturminne. Direkte skade på kulturminnet er lite sannsynlig ved bruk av helikopter og mer sannsynlig ved bruk av bakkegående kjøretøy (PEFC Norge, 2016).

Mine analyser viser at det foreligger mellom 136 og 157 tilfeller av feilgjødsling under normale forhold ved gjødslingen (Figur 3.8). Altså ved gjødselspredningsbredder fra 10 til 15 meter. Disse tilfellene vil være i strid med kulturminneloven og kan utgjøre en risiko for å skade selve kulturminnet.

4.5 Mulige grunner for feilgjødsling

Da det i denne oppgaven er funnet gjødsling innenfor arealer hvor man ikke ønsker gjødsling er det relevant å stille spørsmål ved årsaken til det. Spredning av gjødsling til feil områder kan forekomme av flere ulike grunner. Ser man bort ifra feilgjødsling på grunn av usikkerhet i analysemetoden og på grunn av dårlig kartgrunnlag, som er forklart nærmere i kapittel «4.8 Usikkerhet rundt gjødselspredning», er det i hovedsak feil i planleggingen som kan være årsaken til feilgjødsling. Det er nærliggende å tro at også helikopterpiloten gjør feil, men gjødslingsaggregatet åpner seg kun når helikopteret er over området som er planlagt for gjødsling. På denne måten er feil forårsaket av piloten minimert. Piloten kan riktignok stille inn gjødselspredningsbredden, fra 50 til 25 meter total bredde (M. Johansen, personlig kommunikasjon (epost), 25.02.2020). Hvis piloten glemmer å nedjustere gjødselspredningsbredden i ytterkantene av området som er planlagt for gjødsling, vil større områder blir truffet av gjødsling. Hvilke gjødselspredningsbredde som er brukt fremkommer ikke i mine analyser da helikopterloggen ikke inneholder informasjon om hvilke spredningslengder som ble benyttet. Gjødselsfeltene planlegges av oppdragstaker og ansvaret for å sikre at miljøverdier ikke blir gjødslet er hovedsakelig hos skogeier

(Skogbrukslova, 2005, § 4). Ved planlegging av gjødslingen bør man også ta hensyn til usikkerheten i hvor gjødslet lander på bakken, som forklart i kapittel 4.7 Usikkerhet i datamaterialet.

4.6 Overholdelse av gjødslingsanbefalingene med hensyn på arealtype

Resultatene fra AR5 analysen er noe annerledes enn de tidligere analysene. Resultatene gir en pekepinn på hvilke arealer som er gjødslet i sin helhet ved de tre ulike gjødselspredningsbreddene. Tidligere resultater har angitt ett overlapp mot spesielle miljøhensyn.

4.6.1 Bonitet

Det anbefales å gjødsle innenfor boniteter fra 8 til 17 for furu og 8 til 20 for gran (Landbruksdirektoratet, 2020a). I overkant av 60 % av det totale gjødslede arealet var innenfor bonitetene 11 til 14 ved alle de tre ulike gjødselspredningsbreddene, mens omtrent 20 % var innenfor bonitetene 17 til 20 (Tabell 3.4). Det vil si at 80 % av totalt gjødslet areal er innenfor kravene satt til bonitet (Landbruksdirektoratet, 2020a). Bonitet 6 til 8 utgjorde rundt 15% av det totale gjødslede arealet, mens mindre enn 3% er innenfor kategoriene impediment og ikke relevant (Tabell 3.4). Kategorien som omfatter bonitetene 6 til 8 har ingen egen inndeling for om det er bonitet 6 eller bonitet 8 og kan derfor ikke skilles fra hverandre (Tabell 2.5). Antar man at større deler av kategorien for bonitet 6 til 8 er innenfor bonitet 6 istedenfor 8 vil fortsatt omtrent 80 % av det totale gjødslede arealet være innenfor anbefalingen gitt av Landbruksdirektoratet.

Det er ikke gjødslet på arealer med høyere bonitet enn 20 (Tabell 3.4). Det påpekes av Framstad og Sverdrup-Thygeson (2015) at forekomsten av viktige livsmiljøer i skog varierer over hele landet, men er noe vanligere på høye boniteter. Det å unngå gjødsling av høyere boniteter er derfor viktig. Lavere boniteter, under bonitet 8, er ikke ønskelig å gjødsle da det ofte kan være andre forhold enn nitrogenmangel som begrenser vekst hos trærne (Haugland et al., 2014).

4.6.2 Skogtype

I overkant av 98 % av det gjødslede arealet i perioden 2017 til ut 2019 ligger innenfor kategorien barskog (Tabell 7.1). Barskog er definert som "Minst 50 % av skogdekt areal er dekt av bartrær" (Tabell

2.6). I anbefalingen gitt av Landbruksdirektoratet basert på Haugland et al. (2014) står det at en kan gjødsle "bestand hvor lauvskog utgjør mindre enn 20 prosent av volumet". Anbefalingen er basert på volum, mens datamaterialet er basert på areal. Det kan derfor ikke avklares i hvilken grad anbefalingen er fulgt eller ikke. 98 % gjødsling innenfor barskog er allikevel en god indikator på at anbefalingen er fulgt i stor grad. I Landbruksdirektoratets egne registrerte tall for utbetaling av tilskudd til gjødsling angis det at 99,9 % av arealet er bartrær, hvor omtrent 70 % er furu og underkant av 30 % er gran (Landbruksdirektoratet, 2020b). Anbefalingen til skogtype ser derfor ut til å være fulgt.

4.6.3 Grunnforhold

Analysene av grunnforhold viser at kategorien jorddekt utgjør rundt 88 % av de gjødslede områdene i perioden 2017 til ut 2019 (Tabell 7.2). Grunnforholdet jorddekt er definert som "Areal der mer enn 50 % har større jorddybde enn 30 cm" (Tabell 2.7). Ut ifra bruttolista angitt av Haugland et al. (2014) er det beskrevet at det ønskes å gjødsle på "flater som har torv- eller podsolprofil og en jorddybde på minst 25 cm". Datamaterialet brukt i denne analysen kan kun forklare jorddybden som er dypere enn 25 cm, og det kan dermed ikke angis om flatene har torv- eller podsolprofil. Resultatene indikerer at minst halvparten av 88 % av det gjødslede arealet i perioden er innenfor kravet satt til jorddybde. Det vil si at minst 50 % av mellom 106 000 og 154 500 daa er innenfor anbefalingen til jorddybde på minst 25 cm (Tabell 7.2).

Når det kommer til de ulike typene jordprofil som er anbefalt ved gjødsling kan ikke mine resultater forklare omfanget. Taksering utført av Landskogtakseringen i perioden 1964-1976 viser at 84,5 % av de produktive skogområdene i Norge er av podsolprofil. Samme undersøkelse viste at 86,2 % av de produktive skogområdene hadde jorddybde dypere enn 20 cm (Låg, 1985, s. 144). Det styrker dermed indikasjonene på at anbefalingen til grunnforhold er fulgt i stor grad.

Videre utgjør kategorien grunnlendt i overkant av 8 % av det gjødslede arealet i perioden 2017 og ut 2019 (Tabell 7.2). Grunnlendt er definert som "Areal der mer enn 50 % har mindre jorddybde enn 30 cm, men som ikke kan klassifiseres som fjell i dagen" (Tabell 2.7). Areal innenfor denne kategorien kan både være innenfor og utenfor anbefalingene til gjødsling som klimatiltak.

4.6.4 Arealtype

Analysen av arealtype viser at i underkant av 98 % av det gjødslede arealet er innenfor kategorien skog (Tabell 7.3). Skog er definert som "Areal med minst 6 trær per dekar som er eller kan bli 5 meter høye, og disse bør være jevnt fordelt på arealet" (Tabell 2.8). Det kan ikke skilles på hvilken type skog som er gjødslet ut ifra kategoriene i arealtypeinndelingen, men fra Landbruksdirektoratets egne innrapporterte tall for perioden blir det angitt at vegetasjonstypene bærlyngskog og blåbærskog utgjør i overkant av 90 % av gjødslet areal (Landbruksdirektoratet, 2020b).

Det er også gjødslet innenfor kategorien myr. Myr defineres som "Areal med myrvegetasjon og minst 30 cm tykt torvlag" (Tabell 2.8). I tillegg vil arealer som innfrir både kravene for skog og kravene for myr bli definert som myr (Ahlstrøm et al., 2019). Av kravpunkt 18 i PEFC kan torvmark med allerede etablert foryngelse gjødsles (PEFC Norge, 2016). Det er ikke mulig å skille på om myr er tresatt eller ikke tresatt i mine analyser. Det ble funnet at mellom 1 855 og 3 520 dekar gjødslede areal var innenfor kategorien myr. Det utgjør fra 1,5 til 2 % av det totale gjødslede arealet for perioden.

Det er mellom 326 og 856 dekar gjødslet innenfor kategorien samferdsel (Tabell 7.3). Samferdsel vil i mine analyser, i de fleste tilfeller, være skogsbilveier og andre veier. Videre ser man at de andre kategoriene er berørt i mindre grad og av disse vil gjødsling innenfor ferskvann ha størst konsekvenser. Ferskvann er gjødslet fra 6 til 35 dekar (Tabell 7.3). Antall dekar utgjør en liten andel av det totale gjødslede arealet for perioden 2017 og ut 2019. Det bør likevel bemerkes da areal innenfor denne kategorien vil bety at gjødslet har endt opp direkte i vann og ikke kun innenfor en buffersone på 25 meter mot vann, elver og bekker.

4.7 Usikkerhet i datamaterialet

Grunnlaget for resultatene som er presentert i denne oppgaven er hentet inn fra en rekke ulike datatilbydere. Det er benyttet nøyaktig og kontinuerlig oppdatert datamateriale til analysene. Det kan likevel diskuteres rundt fremgangsmåten for analysene og hvilken spredning gjødslet har.

Kravene satt til vann, elver og bekker og anbefalingene satt til ulike skogvariabler er analysert ved bruk av Felles kartdatabase (FKB), som er en serie datasett med kartdata i Norge. FKB-dataen er delt inn i fire ulike standarder fra A til D med synkende stedfestningsnøyaktighet og detaljering. De ulike FKB standardene dekker ulike områdetyper. FKB-A dekker i hovedsak byområder. FKB-B dekker byområder,

tettbebygde/utbyggingsområder og spredtbygd/dyrket mark/skog områder. FKB-C dekker kun spredtbygd/dyrket mark/skog områder og FKB-D dekker fjell/ekstensiv arealutnytting. Alle de ulike standardene kan egne seg til blant annet saksbehandling og geografiske analyser (Granum, 2019; Kartverket, 2020). Områdene som er gjødslet kan være innenfor alle de fire FKB standardene, men i hovedsak vil de være innenfor FKB-B og C.

Det er mest vanlig at FKB-data blir registrert igjennom fotogrammetrisk registrering med oppløsning mellom 7 og 25 cm på flybildene. Avhengig hvilke datafangstmetode, områdetype og objekttype det er vil nøyaktigheten variere fra $\pm 0,1$ meter til ± 2 meter. AR5-datasettet kan ha redusert kvalitet på grunn av tre ulike forhold. Uklare grenser mellom fenomenene som kartlegges, dårlig målegrunnlag eller målemetode og dårlig tolkningsgrunnlag (Ahlstrøm, Bjørkelo, & Fadnes, 2019; Geovekst, 2018).

Datasettene som er brukt ved analyse av kulturminner, livsmiljøer i skog og utvalgte naturtyper er også kontinuerlig oppdaterte. Ansvar for datamaterialet er hos tre ulike statlige tilbydere: Riksantikvaren, Landbruksdirektoratet og Miljødirektoratet. For de to førstnevnte datasettene har jeg korrigert for registreringsår. Jeg mener at dette er riktig da skogeier/kommunen har som krav å sjekke opp de ulike miljøverdiene i offentlige databaser før man utfører tiltaket. Hvis kulturminnet/livsmiljøet i skog ikke er registrert på tidspunktet gjødslingen foregår vil de ikke kunne ha tatt hensyn til det. Derfor vil det heller ikke ha vært brudd på kravet. Jeg har også gjort analyser uten å korrigere for registreringsår, og antall dekar feilgjødsling øker betraktelig innenfor buffersonen på 12,5 meter rundt livsmiljøer i skog. Noe av grunnen for den store økningen i antall dekar kommer av registreringsformen til livsmiljøer i skog. Som forklart, i kapittel 4.2 Livsmiljøer i skog, kan et område inneholde flere typer livsmiljøer og samme område vil derfor telles med flere ganger ut ifra hvor mange ulike livsmiljøer som er registrert.

4.8 Usikkerhet rundt gjødselspredning

I litteraturen er det sprikende informasjon angående spredningen av gjødsel fra helikopter. Det nevnes av Haugland et al. (2014) at gjødselspredningens nøyaktighet ligger i størrelsesordenen 10 meter. Siden gjødslingen utføres etter digitaliserte kart vil kvaliteten på disse kartene avgjøre mye av nøyaktigheten på spredningen (Haugland et al., 2014, s. 35). Av Aarrestad et al. (2013) nevnes det at spredningen er treffsikker i fint vær, men ved mye vind vil man se en spredning over ett større område. Videre er det beskrevet at helikopterspredning kan føre til noen større konsentrasjoner visse steder i landskapet på

grunn av ujevn spredning av gjødslet. Det har tidligere vist seg å være tilfelle under forsøk med helikopterspreading av kalk. For å motvirke større konsentrasjoner og få en jevnere spredning bør man spre samme mengde gjødsel flere ganger på samme område (Aarrestad, Brandrud & Bakkestuen, 2005). Dagens praksis for gjødsling fra helikopter går ut på å gjødsle samme område to ganger, men da med halvparten av den totale dosen ved hver gjødsling (M. Johansen, personlig kommunikasjon (epost), 25.02.2020). Det vil alltid være fare for at gjødsel fra helikopter treffer områder der den ikke opprinnelig var tiltenkt. Det kan komme av sterk vind, upresise GPS/kart og menneskelige feil. I tillegg vil faren for avrenning av nitrogen øke ved vannmettet jord, bratt terreng og perioder med mye regn (Flint et al., 2008; Lundin & Nilsson, 2014).

5 Konklusjon

Jeg fant at det er gjødslet innenfor buffersonen rundt vann, elver og bekker og innenfor buffersonen rundt livsmiljøer i skog. Det kan derfor konkluderes at kravpunkt 18 i PEFC-ordningen og kravene satt til tilskuddsordningen er brutt ved flere tilfeller. Videre var ingen utvalgte naturtyper gjødslet direkte og det var ikke gjødsel innenfor buffersonen på 12,5 meter rundt utvalgte naturtyper. Det er derfor ingen brudd på kravpunkt 18 når det gjelder utvalgte naturtyper og heller ikke brudd på naturmangfoldloven.

Jeg fant brudd på kulturminneloven da kulturminner er truffet av gjødsel. Gjødslingen kan riktignok ha vært godkjent på forhånd av tiltaket.

Anbefalingene fra Landbruksdirektoratet for utbetaling av tilskudd er fulgt i større grad. Det er i hovedsak gjødslet innenfor boniteter fra 8 til 20. Boniteter over 20 er ikke gjødslet, men noe bonitet 6 kan være gjødslet. Anbefalingen om å gjødsle bestand hvor 80 % av volumet skal være bartrær ser ut til å være fulgt. Datasettet jeg har benyttet har noen begrensninger og tolkningen av sistnevnte anbefaling er derfor noe usikker. Resultatene tilsier også at anbefalingen til jorddybde er fulgt, men også her har datasettet begrensninger. I hovedsak er det gjødslet innenfor arealtypen skog og noe myr.

Viktige miljøverdier som vann, elver og bekker og livsmiljøer i skog kan endre kvalitet hvis de påvirkes av gjødsel. Ved videre gjødsling bør man under planlegging være ekstra oppmerksom disse miljøverdiene da de har vært utsatt for gjødsel i perioden 2017 til 2019.

6 Kildehenvisning

Ahlstrøm, A., Bjørkelo, K. & Fadnes, K., D. (2019). *AR5 Klassifikasjonssystem*. NIBIO BOK;5(5) 2019.

Permanent lenke: <http://hdl.handle.net/11250/2596511>

Flint C., M., Harrison, R., B., Strahm, B., D. and Adams, A., B. (2008). *Nitrogen Leaching from Douglas-fir Forests after Urea Fertilization*. Journal of Environmental Quality. Volume 37. September–October 2008.

Forskrift om berekraftig skogbruk. (2006). *Forskrift om berekraftig skogbruk (FOR-2006-06-07-593)*.

Hentet 07.05.2020 fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2006-06-07-593>

Forskrift om utvalgte naturtyper etter nml. (2011). *Forskrift om utvalgte naturtyper etter*

naturmangfoldloven (FOR-2011-05-13-512). Hentet 10.04.2020 fra

<https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2011-05-13-512>

Framstad, E. & Sverdrup-Thygeson, A. (2015). *Økt hogst av skog i Norge – effekter på naturmangfold*. – NINA Rapport 1149. 54.

Futter, M., Clarke, N., Kaste, Ø. og Valinia, S. (2019). *The potential effects on water quality of intensified forest management for climate mitigation in Norway*. NIVA Report 7363-2019. Hentet

12.05.2020 fra <https://niva.brage.unit.no/niva-xmlui/bitstream/handle/11250/2595785/7363-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Geovekst. (2018). *Sosi produktspesifikasjon. Produktspesifikasjon FKB-Vann 4.61*. Hentet 04.02.2020 fra

<https://register.geonorge.no/register/versjoner/produktspesifikasjoner/geovekst/fkb-vann>

Gimond, M. (2019). *Intro to GIS and Spatial Analysis*. Hentet 31.03.20 fra

<https://mgimond.github.io/Spatial/feature-representation.html>

Granum, N. (2019). *FKB*. Store Norske Leksikon. Hentet 17.03.2020 fra <https://snl.no/FKB>

Haugland, H., Backer, E. B., Løbersli, E. M., Selboe, O-K., Gunnarsdottir, H., Granhus, A., Sjøgaard, G., Hanssen, K. H., Terum, T., Lileng, J. & Sørli, H. A. (2014). *Måltrettet gjødsling av skog som klimatilak. Egnede arealer og miljøkriterier*. M174/2014.

Hyllen, G., Granhus, A. & Eriksen, R. (2018). Arealrepresentativ overvåking av skogvernområder gjennom Landsskogtakseringen. [Revidert] *Rapport fra taksering utført i femårsperioden 2012-2016*. NIBIO Rapport. 4/170/2018 M-921.

- Kartverket. (2020). *SOSI Del 3 Produktspesifikasjon for Felles KartdataBase (FKB)*. Hentet 17.03.2020 fra <https://register.geonorge.no/register/versjoner/produktspesifikasjoner/geovekst/fkb-generell-del>
- Kjennsmo, J. & Hongve, D. (2018). *Eutrofiering*. I Store Norske Leksikon. Hentet 10.03.2020 fra <https://snl.no/eutrofiering>
- Klimaloven. (2018). *Lov om klimamål (LOV-2017-06-16-60)*. Hentet 24.02.2020 fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2017-06-16-60>.
- Klima- og Miljødepartementet. (2012). *Norsk klimapolitikk*. (Meld. St. 21 (2011-2012)). Hentet 28.05.2020 fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld-st-21-2011-2012/id679374/?ch=1>
- Kulturminneloven – kulml. (1979). *Lov om kulturminner (LOV-1978-06-09-50)*. Hentet 07.05.2020 fra https://lovdata.no/dokument/NL/lov/1978-06-09-50#KAPITTEL_2
- Landbruksdirektoratet. (2017). *MiS-hefte 3 - Instruks for registrering*. Hentet 05.03.2020 fra <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/eiendom-og-skog/skog-og-miljoregistreringer/miljoregistreringer/publikasjoner/mis-hefte-3-instruks-for-registrering>
- Landbruksdirektoratet. (2019). Veileder for kartlegging av MiS-livsmiljøer etter NiN. Veileder versjon 1.0.2.
- Landbruksdirektoratet. (2020a). *Gjødsling av skog som klimatiltak*. Hentet 09.03.2020 fra <https://www.landbruksdirektoratet.no/no/eiendom-og-skog/skog-og-klima/gjodsling-som-klimatiltak>
- Landbruksdirektoratet. (2020b). *Gjødsling 2009-2019. Excel-fil fra Landbruksdirektoratets database over tilskudd til gjødsling i skog*.
- Landbruks- og matdepartementet. (2016). *Verdier i vekst. Konkurransedyktig skog- og trenæring*. (Meld. St. 6 2016-2017). Hentet 21.04.2019 fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/ddf3f9c3c3644672baa26d5d46daf543/no/pdfs/stm201620170006000dddpdfs.pdf>
- Luke. (2020). *Silvicultural and forest improvement work by Year, Price regions, Type of work, Forest ownership category and Amount of work or costs*. Hentet 12.03.2020 fra

- QGIS. (u.å.c). *Vector overlay*. Hentet 27.02.2020 fra
https://docs.qgis.org/3.4/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/vectoroverlay.html?
- QGIS. (u.å.d). *The graphical modeler*. Hentet 27.02.2020 fra
https://docs.qgis.org/2.8/en/docs/user_manual/processing/modeler.html
- QGIS. (u.å.e). *Vector general*. Hentet 17.04.2020 fra
[https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/vectorgeneral.html?#jo
in-attributes-by-field-value](https://docs.qgis.org/3.10/en/docs/user_manual/processing_algs/qgis/vectorgeneral.html?#join-attributes-by-field-value)
- Riksantikvaren (2018). *Produktspesifikasjon Kulturminner - Enkeltminner*. Hentet 11.02.20 fra
[https://register.geonorge.no/data/documents/Produktspesifikasjoner_Kulturminner%20-
%20Enkeltminner_v4_produktspesifikasjon-ra-enkeltminner-20180301_.pdf](https://register.geonorge.no/data/documents/Produktspesifikasjoner_Kulturminner%20-%20Enkeltminner_v4_produktspesifikasjon-ra-enkeltminner-20180301_.pdf)
- Riksantikvaren. (2020). *Fredningsstatus*. Hentet 27.04.2020 fra
<https://www.riksantikvaren.no/fredningsstatus/>
- Rosvold, K. A., Olerud, K. & Lahn, B. (2020). *Klimaforliket*. I Store Norske Leksikon. Hentet 14.03.2020 fra
<https://snl.no/Klimaforliket>
- Skogbrukslova. (2005). *Lov om skogbruk*. (LOV-2005-05-27-31). Hentet 28.05.2020 fra
<https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2005-05-27-31>
- Skogsstyrelsen. (2019). *5. Skogsgjødsling, 1 000 hektar efter Region och År*. Hentet 21.04.2019 fra
[http://pxweb.skogsstyrelsen.se/pxweb/sv/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas/Skogsstyrelsen
s%20statistikdatabas_Atgarder%20i%20skogsbuket/JO16_5.px/table/tableViewLayout1/?rx
id=03eb67a3-87d7-486d-acce-92fc8082735d](http://pxweb.skogsstyrelsen.se/pxweb/sv/Skogsstyrelsens%20statistikdatabas/Skogsstyrelsen%20statistikdatabas_Atgarder%20i%20skogsbuket/JO16_5.px/table/tableViewLayout1/?rxid=03eb67a3-87d7-486d-acce-92fc8082735d)
- SSB. (u.å.). *05543: Gjødsling av skog, etter region, statistikkvariabel og år*. Hentet 24.02.2020 fra
<https://www.ssb.no/statbank/table/05543/tableViewLayout1/>
- Søgaard, G., Alfredssen, G., Antón Fernández, C., Astrup, R., Blom, H., Clarke, N., Eriksen, R., Granhus, A., Hanssen, K. H., Hietala, A., Krokene, P., Mohr, C. W., Nygaard, P. H., Solberg, S. & Steffenrem, A. (2020). *Klimakur 2030 – beskrivelse av utvalgte klimatiltak knyttet til skog. (Først publisert 3.2.2020. Redigert 7.2.2020.)*. NINA Rapport 6/9/2020.
- Tamm, C., O. (1991). *Nitrogen in Terrestrial Ecosystems*. Ecological Studies 81. Springer-verlag. Berlin. Heidelberg.

- Tomter, S., M. & Dalen, L., S. (2018). *Bærekraftig skogbruk i Norge*. Norsk Institutt for Bioøkonomi.
Hentet 12.03.2020 fra <http://www.skogbruk.nibio.no/>
- Tomter, S. & Risbøl, O. (2014). *Kulturminner i skog*. Skog og Landskap.
- Trømborg, E., Sjølie, H., K., Bergseng, E., Bolksjø, T., F., Hofstad, O., Rørstad, P., K., Solberg, B. & Sunde, K. (2011). *Carbon cycle effects of different strategies for utilisation of forest resources - a reveiw*. INA Fagrapport 19. Departement of Ecology and Natural Resource Management Norwegian University of Life Sciences.
- Aarrestad, P.A., Brandrud, T.E. & Bakkestuen, V. (2005). *Terrengkalking av Store Hovvatns nedbørsfelt i Aust Agder. Effekter på myrvegetasjon fra 1999 til 2004*. – NINA Rapport 81: 25 pp.
- Aarrestad, P.A. (2009). *Trusler for kystlynghei*. – Naturen 2009-2. Hentet 10.05.2020 fra https://www.idunn.no/natur/2009/02/trusler_for_kystlyngheiene
- Aarrestad, P. A., Bendiksen, E., Bjerke, J. W., Brandrud, T. E., Hofgaard, A., Rusch, G. & Stabbetorp, O. E. (2013). *Effekter av treslagsskifte, treplanting og nitrogengjødsling i skog på biologisk mangfold. Kunnskapsgrunnlag for å vurdere skogtiltak i klimasammenheng*. – NINA Rapport 959.

7 Vedlegg

7.1 Skogtype

Tabell 7.1. Antall dekar gjødslet i perioden 2017 til 2019 fordelt på skogtype ved de tre ulike gjødselspredningene; 10 meter, 15 meter og 20 meter.

Treslag:	10 meter spredning (Da)	Prosent (%)	15 meter spredning (Da)	Prosent (%)	20 meter spredning (Da)	Prosent (%)
Barskog	118 983,3	98,8	155 569,6	98,5	173 028,0	98,2
Lauvskog	100,6	0,1	150,9	0,1	191,6	0,1
Blandingsskog	565,0	0,5	770,8	0,5	903,2	0,5
Ikke tresatt	358,1	0,3	603,2	0,4	867,2	0,5
Ikke relevant	391,9	0,3	757,6	0,5	1 157,6	0,7
Ikke registrert	14,2	0,0	26,9	0,0	43,0	0,0
Totalsum	120 413,1	100,0	157 879,0	100,0	176 190,7	100,0

7.2 Grunnforhold

Tabell 7.2. Antall dekar gjødslet i perioden 2017 til 2019 fordelt på grunnforhold ved de tre ulike gjødselspredningene; 10 meter, 15 meter og 20 meter.

Grunnforhold:	10 meter spredning (Da)	Prosent (%)	15 meter spredning (Da)	Prosent (%)	20 meter spredning (Da)	Prosent (%)
Blokkmark	12,8	0,01	17,2	0,01	20,6	0,01
Fjell i dagen	27,1	0,02	35,2	0,02	41,6	0,02
Grunnlendt	10 544,0	8,8	13 611,1	8,6	14 852,1	8,4

Jorddekt	106 221,1	88,2	138 895,1	88,0	154 567,3	87,7
Organisk jordlag	3 261,6	2,7	4 673,3	3,0	5 759,4	3,3
Konstruert	3,3	0,003	7,5	0,005	13,5	0,01
Ikke relevant	343,1	0,3	639,7	0,4	936,1	0,5
Totalsum	120 413,1	100,0	157 879,0	100,0	176 190,7	100,0

7.3 Arealtype

Tabell 7.3. Antall dekar gjødslet i perioden 2017 til 2019 fordelt på arealtype ved de tre ulike gjødselspredningene; 10 meter, 15 meter og 20 meter.

Arealtype:	10 meter spredning (Da)	Prosent (%)	15 meter spredning (Da)	Prosent (%)	20 meter spredning (Da)	Prosent (%)
Bebyggd	10,2	0,01	23,5	0,01	43,8	0,02
Samferdsel	326,1	0,3	600,1	0,4	856,4	0,5
Fylldyrka jord	48,7	0,04	117,5	0,1	220,5	0,1
Overflatedyrka jord	0,1	0,0001	0,4	0,0003	1,0	0,0005
Innmarksbeite	17,9	0,01	34,0	0,02	54,0	0,03
Skog	118 116,3	98,1	154 263,8	97,7	171 343,7	97,2
Åpen fastmark	31,6	0,03	67,0	0,04	114,4	0,1
Myr	1 855,3	1,5	2 756,6	1,7	3 520,9	2,0
Ferskvann	6,8	0,01	16,1	0,01	35,8	0,02
Totalsum	120 413,1	100,0	157 879,0	100,0	176 190,7	100,0



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway