



Høgskolen i **Hedmark**

Avdeling for anvendt økologi og landbruksfag

Isak Tronbøl

Bacheloroppgave

Har maskinell tynning om sommeren en innvirkning på frekvensen av rotråte hos gran (*picea abies*)?

Have mechanical thinning in the summer an impact on the rate of root rot in spruce (*picea abies*)?

Bacheloroppgave 6EV299

29.04.2016

Samtykker til utlån hos høgskolebiblioteket JA NEI

Samtykker til tilgjengeliggjøring i digitalt arkiv Brage JA NEI

Forord

Jeg ønsker å benytte anledningen til å takke Dag Fjeld ved Universitetet i Ås for viktig tips og råd til utarbeidelse av metode og praktisk gjennomføring av dette prosjektet. Videre ønsker jeg å takke veileder Petter Økseter for råd og som pådrivende kraft som gjorde at feltarbeidet fant sted.

En stor takk til skogbruksledere Ketil Engen og Bjørn Eilert Øveraasen i Mjøsen Skog på Gjøvik for kritisk hjelp til lokalisering av bestander og at dere brukte mye av deres tid til å hjelpe meg oppstart av dette prosjektet. Dette hadde ikke vært mulig uten dere!

Må også takke Henrik Tronbøl for viktige innspill og diskusjoner underveis i feltarbeidet, dette var også kritisk for å få gjort prosjektet. Sara Louise Loftheim ved biblioteket for Evenstad må også få en stor takk, for god service og hjelp ved å finne litteratur. Til slutt må jeg takke Kim Hagbardsland for motivasjon og viktige diskusjoner underveis i prosjektarbeidet.

Evenstad den 29.04.2016

Isak Tronbøl

Sammendrag

Rotråde forårsaker store årlige tap for skogeier og skognæringen, og gran er spesielt utsatt. Det er påbevist at 9,5 % av trær i skogen er infisert med råte (Granhus & Hysten, 2016). I forbindelse med tynning om sommeren vil granskogen i større grad være utsatt for råteinfeksjoner, sammenlignet med vintertynning (Solheim, 2003). Mulige infeksjonsveier er skader på røtter eller stubbesnitt. I denne undersøkelsen er trær registrert 8 – 10 år etter sommertynning ved bruk av tilvekstbor, 50 centimeters høyde fra bakken og opp på stammen. Råteprøvene ble vurdert etter forekomst/ikke forekomst av råte, med råtefrekvens i prosent for prøveflatene. Formålet med dette er å undersøke hvilken rolle et tynningsinngrep av gran har å si for råtefrekvensen, og eventuelt anvende ny kunnskap til å redusere råteproblematikken.

Det ble funnet en signifikant forskjell mellom råtefrekvens innad i tynningsbestandene. Ved stikkvei var råtefrekvens høyest med 15,7 %, i midtsonen var råtefrekvensen 2,5 %. I tillegg ble det funnet en sammenheng mellom råtefrekvens og hvor nært trærne stod i forhold til stikkveien. Med andre ord vil smal stikkvei gjøre nærstående trær mer sårbar for infeksjon av rotråte. Spørsmål vedrørende stikkveibredden bør diskuteres ytterligere, ettersom det er en signifikant sammenheng mellom avstanden fra trærne til stikkveien.

Det var en nær signifikant trend til at råtefrekvensen økte med bedre bonitet, og det ble funnet en signifikant forskjell i råtefrekvens mellom bonitet G23 og G17.

Kontrollområdene hadde til sammenligning et treantall på 240 trær per dekar i motsetning til tynningsbestandene med 160 trær per dekar. Og det ble funnet en tendens til sammenheng mellom råtefrekvens og treantall.

Abstract

Root rot causes large annual loss of forest owners and forestry industry, and spruce are particularly vulnerable. It is proved that 9.5% of the trees in the forest is infested with rot (Granhus & Hysten, 2016). In connection with thinning during summer spruce will increasingly be prone to rot infections compared with winter thinning (Solheim, 2003). Possible infection ways are injuries on roots or stump cut. In this survey trees are registered 8-10 years after summer thinning using “growthdrill”, 50 cm height from the ground and up the trunk. Samples were evaluated for the presence / no occurrence of decay, with decay rate as a percentage of the experimental areas. The purpose is to investigate the role of a thinning intervention of spruce for decay rate, and possibly apply new knowledge to reduce the decay problem.

It was found a significant difference between the decay rate within the thinning stocks. By thinning road decay rate was highest at 15.7%, in the central zone, a decay rate of 2.5%. In addition, it was found a correlation between the decay rate, and how close trees were compared to the thinning road. In other words, narrow thinning road making trees more vulnerable to infection by root rot. Questions regarding the width of thinning roads should be discussed further, since there is a significant correlation between the distance from the trees to the thinning road.

It was a near significant trend that decay rate by better site quality, and it was found a significant difference in decay rates between quality class G23 and G17. The control areas had a number of trees of 240 trees per dekar as opposed to thinning stocks with 160 trees per dekar. And there was found a trend to a decay rate and the number of trees.

Innhold

1 Innledning	6
2 Materiale og metode	10
2.1 Studieområde.....	10
2.2 Generell beskrivelse	10
2.3 Datainnsamling.....	11
2.4 Statistiske analyser	13
3 Resultater	14
3.1 Tynning- og kontrollområder	14
3.2 Stikkvei og midtsone.....	14
3.3 Bonitet og råtefrekvens ved stikkvei.....	14
3.4 Råtefrekvens og treantall.....	15
3.5 Råtefrekvens og avstand fra stikkvei til første tre.....	16
3.6 Råtefrekvens og diameter.....	16
4 Diskusjon	16
5 Konklusjon.....	21
Referanser.	21

1 Innledning

Før oljen gav oss store økonomiske inntekter rundt 1970 (Regjeringen, 2014a), var skogbruket en mer fremtredende næring enn hva den er i dag. Antall sysselsatte i skogbruket i begynnelsen av 1970 var på 46 000 personer. Ansatte i skogindustrien har senere blitt halvert til 22 000 personer i 2010 (SSB, 2013a). Norges økonomiske blomstring som følge av oljefunnene gjorde at skogbruket ble mindre attraktivt som arbeidsplass i forhold til bedre betalte næringer. Dette tvang oss til å modernisere skogbruket som følge av nedgangen i ansatte (SSB, 2013a). I årene fremover fikk vi et mer mekanisert skogbruk, med hogstmaskiner og lastbærere.

Før 1930 – tallet foregikk skogbruket i form av plukkhogst. I denne hogstformen var fokuset rettet mot enkelte trær av høy kvalitet som var ment å gi skogeier størst inntekt (Granhus, 2013). Ved systematisk seleksjon av kvalitetstrær i et bestand, blir gjenstående trær med lavere kvalitet stående igjen etter plukkhogsten. I dag vet vi at en slik hogstform strider mot naturlig seleksjon, ettersom arvematerialet til gjenstående kan være betydeligere dårligere enn arvemateriale til uttakstrærne (Eid & Lexerød, 2004).

Men etter 1930 – tallet begynte vi med bestandsskogbruket. Dette er hogstformen som vi benytter oss av i dag med flatehogst eller snauhogst. I denne hogstformen prøver vi å ha samme alder og størrelse på trærne i et geografisk avgrenset område, som vi kaller et bestand. I motsetning til plukkhogst som fokuserer på enkelte trær eller klynger, vil bestanden være behandlingsenhet i bestandsskogbruket. Etter bestandsskogbruket ble innført har vi sett en kraftig økning i tilvekst hos bartrærne, gran (*Picea abies*) og furu (*Pinus sylvestris*), men også lauvtrær. Økningen av tilveksten kan forklares ved frafallet av plukkhogst, og en økt benyttelse av planter i flatehogde arealer. Dette har bidratt til friskt genmateriale og har gitt potensielt bedre forutsetninger for tilveksten i skogbruket (Hoen, 2009). Nøkkelen i bestandsskogbruket ligger i homogenitet i skogen. Vi ønsker like forutsetninger som bonitet, lystilgang og høyde. Ved plukkhogst vil skogen ofte være fleraldret, og dette medfører større forskjeller i vekst hos trærne (Eid & Lexerød, 2004).

Etter at vi gikk over til bestandsskogbruket med flatehogst har den stående kubikkmassen økt fra 300 000 m³ i 1933 til 900 000 m³ i 2013 (SSB, 2014b). Dette tilsvarer en prosentøkning på 200 % av kubikkmassen fra 1933 til i dag. Av dagens kubikkmasse på 900 000 m³ står gran for 44 %, furu for 31 %, og lauv for 25 %. På bakgrunn av tallene ser vi at gran er dominerende og har en viktig rolle i skogbruksnæringen. Gran har kortere omløpstid enn furu, og foretrekker høy bonitet i motsetning til furu, som er bedre tilpasset lav bonitet. Som følge av kortere omløpstid hos gran krever det mer intensiv skjøtsel fra du planter til skogen er hogstmoden. Skjøtselen vil være ungskogpleie og tynning i løpet av omløpstiden for å oppnå optimal tilvekst i bestandet (Solbraa, 2001a). Formålet med ungskogpleie og tynning er å fortsette produksjonen på de beste trærne, slik at vi får større økonomisk gevinst ved sluttavirkningen.

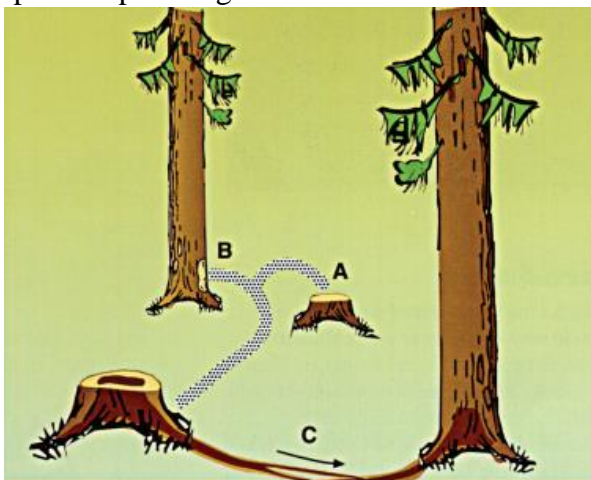
Tynning hos gran skjer vanligvis når trærne er ved 15 – 19 meters overhøyde (Myklestad, Pettersen, Rindal & Huse, 2013). Bestandets totalalder er da mellom 35-45 år, i hogstklasse 3 eller tidlig 4. Tynning frarådes etter 20 meters overhøyde på grunn av dårligere stabilitet og fare for vindfall. Maskinell tynning utføres ved å danne veitraseer i bestandet, i det vi kaller stikkveier. Stikkveiene dannes ved å fjerne trær i striper gjennom bestandet på rundt 3,5 – 4,5 meters bredde, med en avstand på 20-24 meter mellom stikkveiene. Hensikten med 20-24 meter stikkveiaavstand er at felleaggregatet kan strekkes ut rundt 10-12 meter fra maskinen (Solbraa, 2001b), og vi får teoretisk sett full dekningsgrad under tynningen.

Noe som karakteriserer grana i forhold til furu er rotsystemet. Gran har noe vi kaller flatrot og kjennetegnes ved at rota deler seg i siderøtter og vokser horisontalt under jordoverflaten (Aaendraa, R. & Fløistad, I, 2002). Dette gjør grana mer sårbar for maskinelt inngrep med stort marktrykk hvor røttene kan være utsatt for kjøreskader og åpne sår. Slike skader kan være en infeksjonsvei for ulike sopparter som kan utvikle rotråte i granskogen etter et tynningsinngrep (Johansson, Agestam, Johansson & Nilsson, 2014).

Råte i skog påfører skogeiere og skognæringen 100 millioner kroner i tapte inntekter (Regjeringen, 2011b). I en undersøkelse gjort av Huse, Solheim og Venn (1994) ble det dokumentert en råtefrekvens på 26,8 % på stubber etter hogst. Rotkjukeråte (*Heterobasidion annosum*) ble anslått som den mest fremtredende, med en råtefrekvens på

16,2 % (Huse, Solheim & Venn, 1994). Det finnes mange råtesopper som kan etablere seg i gran. De viktigste, særlig i tynningssammenheng er toppråtesoppen (*Stereum sanguinolentum*), rotkjuke og honningsopp (*armillaria spp.*). I en undersøkelse av Solheim (2003) for skader og råte etter tynning i granskog ble det vist at toppråtesoppen stod for 12,2 % av infeksjonene på skadede trær, rotkjuke for 8,4 % og honningsopp for 4,5 %. Toppråtesoppen er en sårråtesopp (Huse, Solheim & Pettersen, 2013), og etablerer seg lett i sårskader påført på røtter eller kranskader på stammer (Solheim, 2003, s. 26). Toppråtesoppen har høyest infeksjonsfrekvens på høsten (Rönnerberg, Berglund, Norman & Stureson, 2011). Honningsoppen er ikke like farlig som de to andre, ettersom denne sopparten ikke sprer seg så langt oppover i trærne. Rotkjukesoppen har den egenskapen at den kan utvikle seg fra infiserte trær til nabotrær via rotkontakter/rotsammenvoksninger (Solheim, 2003, s. 26). Dette gjør rotkjukesoppen til den farligste råtesoppen ved tynning. Rotkjukesoppen har lettest for å infisere om sommeren, henholdsvis månedene, juni og juli.

Figur 1 illustrerer hvordan infeksjon og spredning forekommer hos rotkjuke. Blottlag ved i stubbesnitt eller rotskader blir infisert av sopp sporer om sommeren, i det vi kaller en primærspredning. Videre kan vi få en sekundærspredning der rotkjuke sprer seg til friske



trær via rotsammenvoksninger.

Sopp sporene sprer seg hyppigere ved høyere temperaturer, noe som gjør trærne mer utsatt for råteangrep når tynningsdriften blir utført i sommerhalvåret (Huse, Solheim & Pettersen, 2013).

Figur 1. Sopp sporer etablerer seg på stubbesnitt (primærspredning) og sprer seg til friske trær i nærheten (sekundærspredning). (Huse, Solheim & Pettersen, 2013)

Det er påvist at råtefrekvensen øker etter tynning, og at det var en trend til økende råtefrekvens med økende antall tynningsinngrep (Huse, Solheim & Venn, 1994). I undersøkelsen fra 1992 ble registreringene gjort i vinterhalvåret, og det blir nevnt at sommertynning kan forverre råtesituasjonen. Formålet med dette studiet er å undersøke om tynningsinngrepet fører til økt råtefrekvens, da både som følge av kjøreskader på røtter ved stikkvei og uttak av trær mellom stikkvei. Nilsen (1983) fant ut i sitt studie at skader påført ved rot eller rothals skal gi en høyere råtefrekvens enn skader påført på stammen.

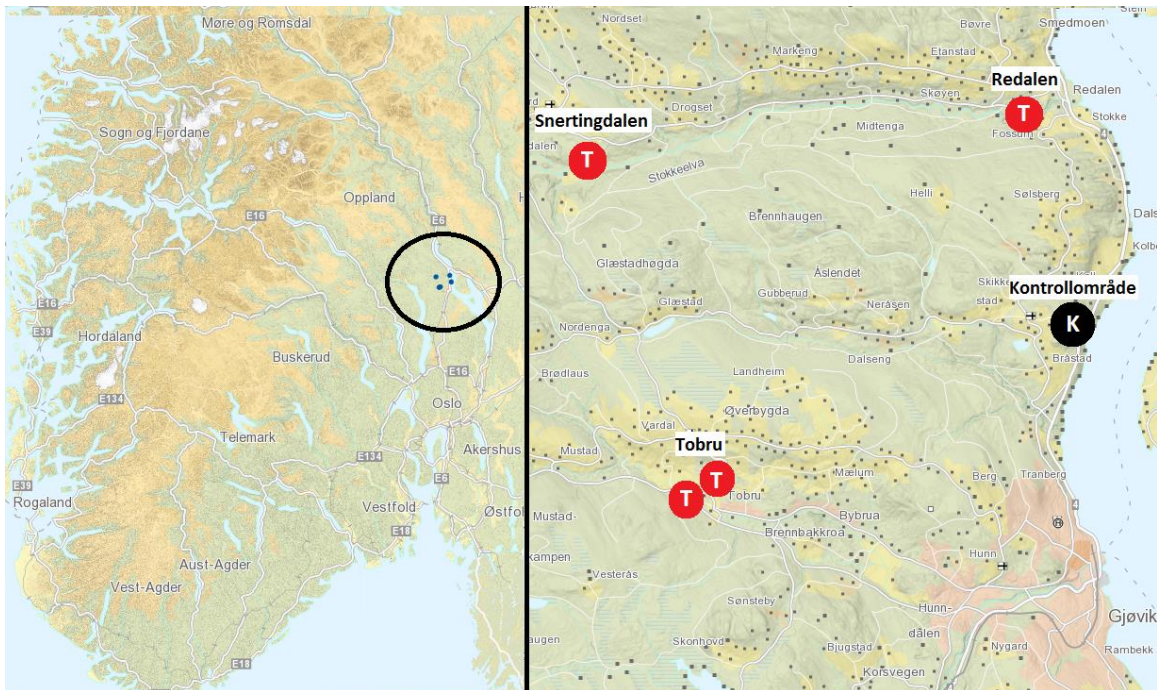
Teorien er at stubbesnitt i forbindelse med tynningen hos gran vil åpne for infeksjonsveier for råtesoppene, og at friske trær kan bli infisert. I tillegg til at vi vil ha høyere råtefrekvens ved stikkveien som følge av såringer på røtter. Begrepet «rotråte» blir benyttet i studiet som en samlebetegnelse for alle sopparter som kan forårsake rotråte. Dette er på grunn av at rotesoppens identitet ikke ble dokumentert i studiet. Problemstillingene for dette studiet har vært :

- Har maskinell tynning om sommeren en innvirkning på frekvensen av rotråte hos gran?
- Vil råtefrekvensen være større ved stikkvei enn i midtsone?

2 Materiale og metode

2.1 Studieområde

Studiet og feltarbeidet ble utført i Gjøvik kommune, nord for Gjøvik by (Figur 2). Røde punkter (Figur 2) illustrerer tynningsbestandene (n = 5), og svart punkt illustrerer kontrollområdene (n = 5). Tynningsbestandene er lokalisert ved Redalen (n = 1), Snertingdalen (n = 1) og Tobru (n = 3).



Figur 2. Oversiktskart av studieområdet (Norgeskart, 2016) for tynningsbestander (T), og kontrollområder (K).

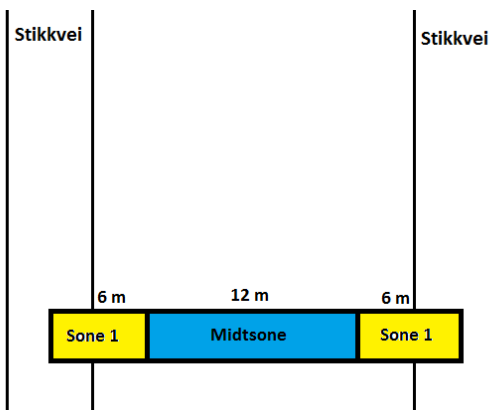
2.2 Generell beskrivelse

Det ble registrert ti ulike bestander, fem med maskinell tynning og fem bestander uten maskinelt tynningsinngrep (utynnede bestander), i oppgaven er sistnevnte kalt kontrollområder. Den maskinelle tynning skjedde mellom år 2006 - 2008 i sommerhalvåret, og under tynningen ble det benyttet rotstop. Valmet 901 og Valmet 840 lassbærer ble benyttet i tynningsdriftene.

Bestandene var i hogstklasse 4 med en totalalder mellom 40 – 65 . Felles for kontrollområdene og tynningsbestandene var høy bonitet, mellom G17 – G23. Høy bonitet ble bevisst valgt fordi råten utvikler seg hyppigere i høy bonitet enn ved lav bonitet (Stamnes, Solberg & Solheim, 2000). Fordelingen av bonitetene for fem bestander ble G23 (n = 3), G20 (n = 5) og G17 (n = 2). Kontrollområdene ble valgt ut ved å ha mest mulig identiske forhold som tynningsbestandene, for å gi best sammenligning mot tynningsbestandene.

2.3 Datainnsamling

I tynningsbestandene ble det lagt ut mellom 5 – 10 prøveflater i hvert bestand (avhengig av bestandsstørrelse). Prøveflatene ble lagt ut i fra midten av stikkvei til midten av neste stikkvei (Figur 3). Prøveflatestørrelse var dermed avhengig av stikkavstanden (Figur 3). Prøveflatene var i gjennomsnitt 20 meter lange og to meter brede, med samlet areal på 40 m². Videre ble prøveflatene inndelt i to soner. Sone 1 (Figur 3), kalt stikkveisone, strakk seg seks meter fra midten av stikkvei og innover på hver side av prøveflaten. Formålet med denne inndelingen var å kunne sammenligne midtsone og stikkveisone, ettersom stikkveisonen er berørt av kjøreskader.



Figur 3. Inndeling av en prøveflate mellom stikkveiene. Sone 1 (stikkvei) og midtsonen.

I tynningsbestandene ble et målebånd lagt ut i midten av stikkveien til neste stikkvei slik at stikkveivstand kunne beregnes. I tillegg ble avstand fra midten av stikkvei til første tre registrert, lettere sagt halve stikkveibredden, dette ble gjort for å kunne anslå stikkveibredde. Dette åpnet opp for senere undersøkelser om råtefrekvensen ble påvirket av treavstand til stikkvei. Råtefrekvens, diameter og treantall ble beregnet for stikkveisone og midtsone innad i prøveflaten slik at det åpnet mulighetene for videre statistisk sammenligning. For beregning av råtefrekvens ble det utført treboringer med tilvekstbor i trærne innenfor prøveflaten. Prøvene ble kun vurdert med hensyn til forekomst/ikke forekomst av råte. Råtefrekvensen ble anslått ved følgende formel:

$$\text{Råtefrekvens (\%)} = \frac{\text{Trær med råte}}{\text{Totalt antall trær}} * 100$$

Prøvene ble tatt ved bruk av tilvekstbor ved 50 centimeters høyde fra bakkenivå og opp stammen. Hensikten med lav prøveboringer er å kunne avdekke tidlig råteutvikling. Det ble foretatt 196 boreprøver med tilvekstbor i tynningsbestandene og 124 prøver fra kontrollområdene, samlet antall, 320 prøver (tabell 1). Videre var det til sammen 60 prøveflater (tabell 1). 30 i tynningbestander og 30 i kontrollområdene (tabell 1). Som følge av soneinndeling for tynningsbestandene ble råtefrekvens beregnet for midtsone og stikkveisone uavhengige av hverandre. Dette gjorde at midtsone og stikkveisone hadde 30 uavhengige statistiske observasjoner (tabell 1).

Tabell 1. Antall prøveflater og boreprøver fordelt på tynning- og kontrollområder.

	Prøveflater (n)	Boreprøver (n)
Tynning	30	
<i>Midtsone</i>	(30)	100
<i>Stikkveisone</i>	(30)	96
Kontroll	30	124
Sum	60	320

For kontrollområdene ble samme metode brukt med stripeutlegging, men uten hensyn til stikkveier. I kontrollområdene ble en stripe på 10 m og 2 m bredde brukt, til sammen 20 m². Videre ble råtefrekvensen anslått i likhet med tynningsbestandene, med forekomst/ikke forekomst. Diameter og treantall ble også registrert.

2.4 Statistiske analyser

Statistiske beregninger ble utført i Microsoft Excel (2010) og Rcmdr 3.1.2 (Fox, J. & Bouchet-Valat, M. 2015) pakken i R 3.1.2 (R Development Core Team 2015).

Illustrasjonene i resultatdelen er fra Microsoft Excel 2010.

Det ble utført t-test med antatt ulik varians med råtefrekvens som y-variabel og kategoriske variabler, «tynnet» og «kontrollområder». Her ble samlede tall for tynningsområder og kontrollområder sammenlignet. Videre ble stikkveisone og midtsone sammenlignet for å se om det var en statistisk forskjell med hensyn til råtefrekvens. Råtefrekvens er y-variabel med stikkvei og midtsone som kategoriske x-variabler. I denne analysen ble tall for soneinndeling i tynningsbestandene benyttet.

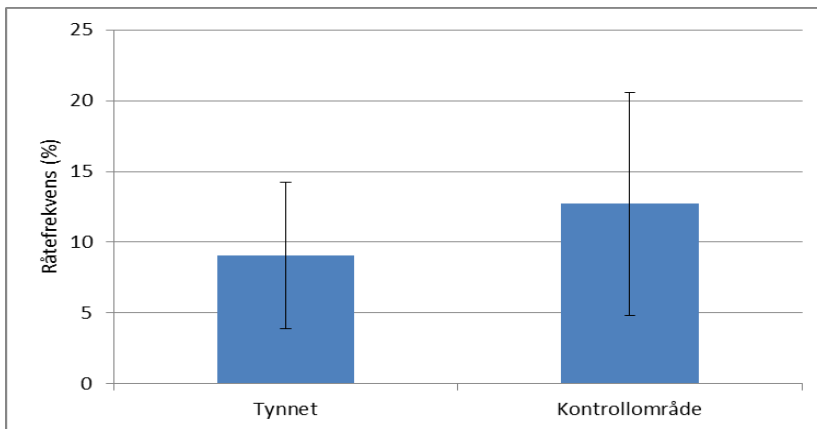
Det ble også utført en ANOVA-test med én faktor for bonitene, henholdsvis G23, G20 og G17, for å se om råtefrekvensen ble påvirket av bonitet. Råtefrekvens er y-variabel med bonitet som kategoriske x-variabler. Her ble tall fra tynning- og kontrollområder benyttet.

Det ble også utført en lineær regresjonsanalyse for råtefrekvens (y-variabel) og avstand (meter) til første tre (x-variabel). Dette ble gjort for å se om råtefrekvensen økte dersom trærne stod nærmere eller lengre unna stikkveien. Her ble kun tall fra stikkveisonen benyttet. Videre ble det utført regresjonsanalyse med råtefrekvens som y-variabel for treantall og diameter.

3 Resultater

3.1 Tynning- og kontrollområder

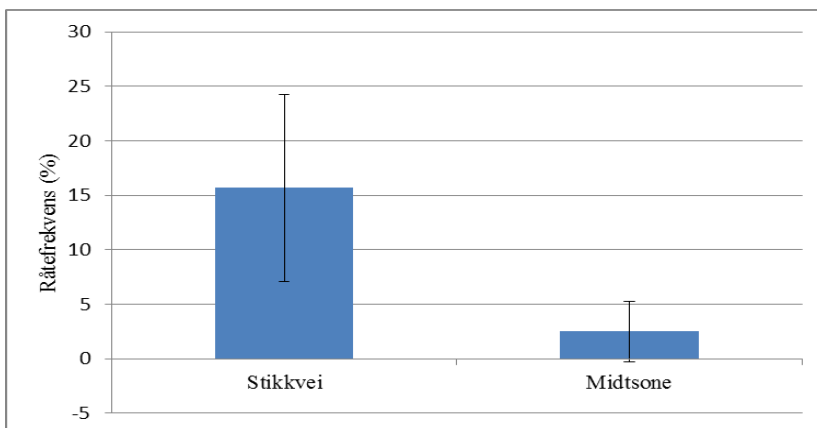
I figur 4 ser vi en sammenligning av tynnede bestander opp mot kontrollområdene med råtefrekvens. Tynnede bestander hadde en gjennomsnittlig råtefrekvens på 9 % ($\pm 2SE = 5,1$), mens kontrollområdene hadde en råtefrekvens på 12,7 % ($\pm 2SE = 7,8$). Det er dermed ingen forskjell i råtefrekvensen hos utynnede og tynnede bestander ($t_{50} = 0,77$, $p = 0,44$; Figur 4).



Figur 4. Gjennomsnittlig ($\pm 2SE$) råtefrekvens i kontroll - og tynningsbestander.

3.2 Stikkvei og midtsone

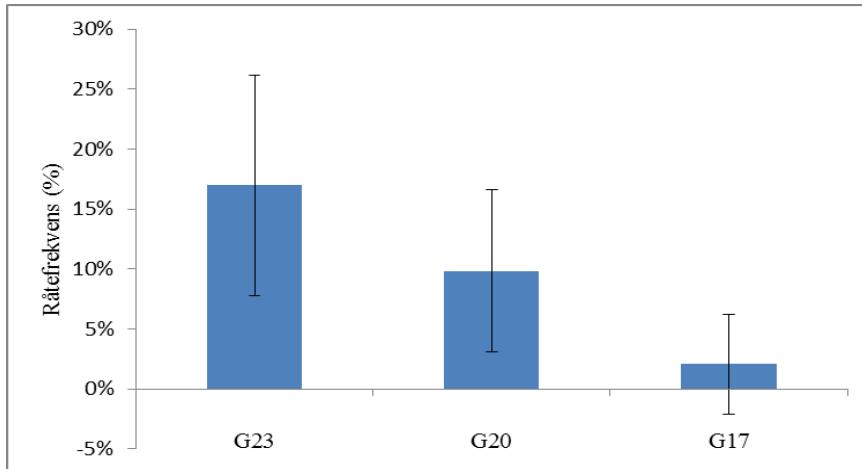
Da vi undersøker tynningsbestandene finner vi en signifikant forskjell mellom stikkvei og midtsone ($t_{35} = 2,92$, $p = 0,006$; Figur 5). I stikkvei ble råtefrekvensen anslått til 15,7 % ($\pm 2SE = 8,5$). Råtefrekvensen i midtsonen er overraskende lav, bare 2,5 % ($\pm 2SE = 2,7$).



Figur 5. Gjennomsnittlig ($\pm 2SE$) råtefrekvens i ved stikkvei og midtsone.

3.3 Bonitet og råtefrekvens ved stikkvei

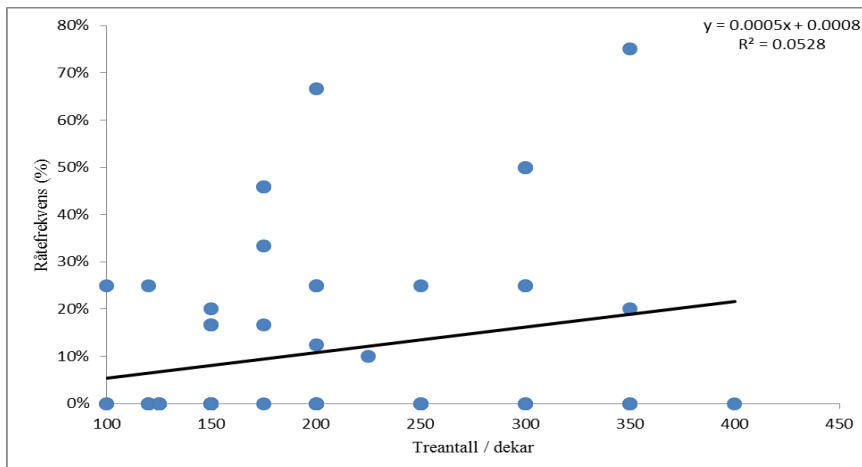
Det ble funnet en nær signifikant trend til at råtefrekvensen økte ved høyere bonitet ($F_{2,57} = 2,84$, $p = 0,066$; Figur 6). G23 hadde en gjennomsnittlig råtefrekvens på 17 % ($\pm 2SE = 9,2$), G20 på 9,8 % ($\pm 2SE = 6,7$) og G17 med 2,1 % ($\pm 2SE = 4,2$). Det ble videre funnet en signifikant forskjell mellom G23 og G17 ($p = 0,022$; Figur 6).



Figur 6. Gjennomsnittlig ($\pm 2SE$) råtefrekvens for G23, G20 og G17.

3.4 Råtefrekvens og treantall

Det ble funnet en trendens til at råtefrekvensen økte ved høyere treantall ($F_{1,58} = 3,23$, $p = 0,077$, $R^2 = 0,052$; Figur 7). Laveste registrerte treantall var 100 trær / dekar og høyeste var 400 trær / dekar. Gjennomsnittlig treantall i tynningsbestander var 160 trær pr dekar og 240 for kontrollområder.

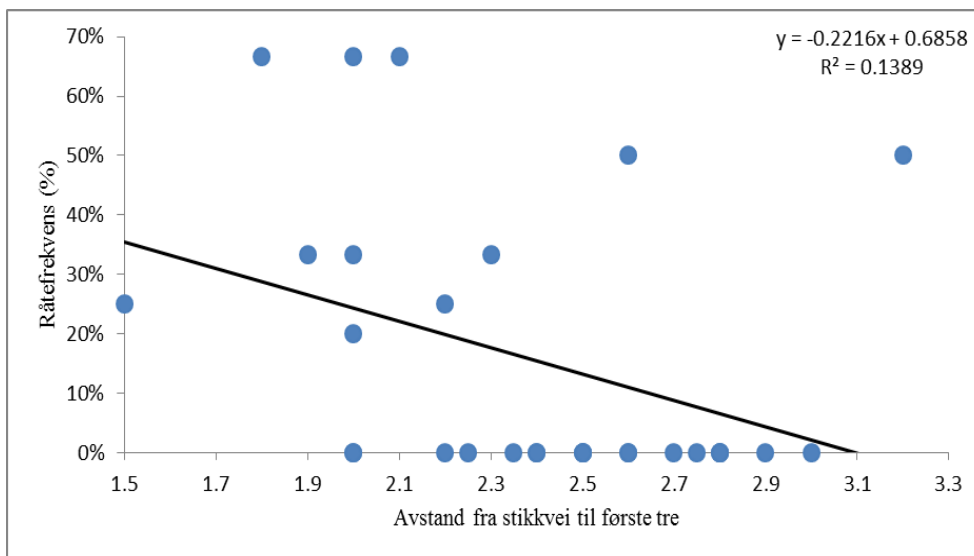


Figur 7. Sammenhengen mellom råtefrekvens og treantall (pr. dekar)

3.5 Råtefrekvens og avstand fra stikkvei til første tre

Det ble utført en regresjonsanalyse for å undersøke om det var en sammenheng mellom råtefrekvens og avstand fra stikkvei til første tre. Det var en signifikant sammenheng mellom råtefrekvens og avstand fra midten av stikkveien til første tre ($F_{1,28} = 4,52$, $p = 0,042$, $R^2 = 0,13$; Figur 8).

Gjennomsnittlig avstand fra midten stikkvei til første tre var 2,38 meter, det betyr dermed at gjennomsnittlig stikkveibredde var litt under 4,8 meter. Om vi anvender formelen for grafen ($-0.2216x + 0.6858$) i figur 8 finner vi en råtefrekvens på 15,8 % ved 2,38 meter. Dette stemmer godt med gjennomsnittlig råtefrekvens for stikkeveisonen (15,7 %). Ved en treavstand på 2 meter til stikkvei vil beregnet råtefrekvens øke til 24 %.



Figur 8. Sammenhengen mellom råtefrekvens og avstand fra stikkvei til første tre.

3.6 Råtefrekvens og diameter

Det ble ikke funnet en sammenheng mellom råtefrekvens og diameter ($F_{1,58} = 0,6$, $p = 0,43$, $R^2 = 0,010$).

4 Diskusjon

Tynning- og kontrollområder

Det var ingen forskjell mellom tynningsbestandene og kontrollområdene. Råtefrekvensen i kontrollområdet var 12,7 %, og 9 % for tynningsbestandene. Tynningsbestandene hadde dermed en lavere råtefrekvens enn kontrollområdene. For å sette ting i perspektiv er gjennomsnittlig råtefrekvens på landsbasis (utenom finnmark) blitt beregnet til 9,5 prosent. Bakgrunnen for disse tallene er i underkant av 18.000 borprøver som ble innsamlet i perioden 1986 – 2004. Estimert råtefrekvens for hogstklasse 4 ble anslått til 11,9 % (Granhus & Hylene, 2016). Fra Landsskogstakseringen i perioden 1964 – 1976 ble gjennomsnittlig råtefrekvens for hogstklasse 4 beregnet til 6,6 prosent (Huse, 1983).

En svakhet med feltregistreringene var at kontrollområdene (fem bestander) ble valgt i samme geografisk område. Svakheten ved få registreringer (observasjoner) er at vi lett kan støte på tilfeldig feil. I tillegg til at kontrollområdet kan ha vært i større grad naturlig utsatt for råte. Inge Ryen (1993) utførte et studie for å se på infeksjonsfrekvensen av rotråte på stubber etter hogst i et bestand. Han fant en råtefrekvens på stubber på 68 % (Ryen, 1993). Til sammenligning ble råtefrekvensen beregnet til 26,8 % på stubber etter hogst for Huse, Solheim og Venn (1994) i nesten 5000 bestand. Ryen fant dermed det han selv uttaler som høy råtefrekvens etter hogsten relativt til liknende studier. Hensikten med disse referansene er at vi har lokale forskjeller, og noen steder vil råtefrekvensen være høyere enn andre. Fordelen med modellen for registreringene i dette studiet er at vi kan sammenligne stikkveisene mot midtsone. Disse områdene har helt identiske forhold og forutsetninger, med dette luker vi ut tilfeldige eller lokale forskjeller.

Stikkvei og midtsone

For å kunne si noe om hvorfor tynningsbestandene hadde en lavere råtefrekvens enn kontrollområdene må vi analysere registreringene i tynningsbestandene tydeligere. Det ble funnet en signifikant forskjell i råtefrekvensen mellom stikkvei og midtsone. Vi kan se at råtefrekvensen i midtsonen bare var 2,5 %, mens ved stikkvei var råtefrekvensen anslått til

15,7 %. Det ble forventet at midtsone skulle ha lik råtefrekvens som kontrollområdene, eller høyere. Solheim (2003) fant i liknende studie i Glåmdal at råtefrekvensen ved stikkvei var 13,5 % og i midtsone på 7,8 %. For Baadshaug sitt studie i Hurdal ble råtefrekvens i stikkvei anslått til 17,4 % og 9,8 % for midtsone (referert i Solheim, 2003, s. 26).

Råtefrekvensen i stikkveisonen i min undersøkelse stemmer godt overens med disse resultatene.

Råtefrekvens og treantall

Kontrollområdene hadde gjennomsnittlig et høyere treantall (240 trær / dekar) i sammenligning med tynningsbestandene (160 trær / dekar). Det kan ikke utelukkes at treantall kan ha en påvirkning for råtefrekvensen som følge av rotsammenvoksninger som videre kan spre råten fra infiserte trær til friske trær (Huse, Solheim & Pettersen, 2013). I dette studiet ble det funnet en tendens til sammenheng mellom råtefrekvens og treantall (pr. dekar). Dette kan være en av flere faktorer som kan ha bidratt til høyere råtefrekvens i kontrollområdet sammenlignet med midtsonen i tynningsbestandene.

I tynningsbestandene ble det også benyttet rotstop. I studiet til Inge Ryen (1993) hadde stubber behandlet med rotstop og ureabehandling en råtefrekvens på 5 og 6 %, mens ubehandlede stubber hadde en råtefrekvens på 68 %. Ureabehandling er dokumentert til å redusere infeksjonsfrekvensen med opptil 85 % (Solheim, 1994). Dette kan være en avgjørende faktor for en lavere råtefrekvens i midtsonen i dette studiet sammenlignet med liknende tynningsstudier, hvor ingen stubbebehandling var utført. Kjøreskader på røttene i stikkveisonen vil ikke bli behandlet med rotstop eller urea, ettersom tynningsmaskinen er utstyrt med stubbebehandlingsenheten på selve aggregatet. Dermed vil kun trær som avvirkes bli påført behandlingsmidlene under beskjæring. Ved tynninger er det to inngangsporter for råtesopper, sårskader og stubbesnittflater (Solheim, 2003, s.26).

Dersom vi luker ut stubbesnitt som synderen til høyere råtefrekvens i stikkveisonen, vil sårskader via røttene være mistenkt som synder.

En annen forklaring til lavere råtefrekvens i midtsonen i dette studiet sammenlignet med andre studier kan være at 8 – 10 år er for kort tid til å kunne dokumentere rotråte på gjenstående trær etter tynningen, spesielt for midtsonen der eneste infeksjonsvei er

gjennom stubbesnitt eller kranskader og er dermed ikke berørt av kjøreskader. Som følge av at registreringene ble gjort med 50 centimeters høyde fra bakkenivå og opp i stammen blir råteskader forårsaket av kranskader trolig vanskelig å registrere. Dessuten utvikler råtten seg tre ganger så raskt oppover enn nedover fra infeksjonspunktet (Isomäki & Kallio, 1974). Gjennomsnittlig vertikalspredning for råtten er beregnet til 21 cm per år (Isomäki & Kallio 1974). Huse og Venn (1993) fant en gjennomsnittlig vertikalspredning for rotkjuke til å være 18,5 cm per år. Dette betyr at råttesoppen i forsøksfeltene kunne hatt utviklet seg mellom 1,47 – 1,89 meter i treet fra tynningen, til påbegynt feltarbeid. Dette kan være en faktor som er viktig i forbindelse med å lokalisere råtten i trærne, og trolig kunne trær ha vært infisert uten at det ble funnet under feltregistreringene. I studiet til Isomäki & Kallio (1974) ble det funnet at råtten spredde seg raskest dersom treet hadde blitt utsatt for skader i røtter eller i rothalsen. Én grunn for dette var at røttene i stikkveien ble kjørt over av tynningsmaskinene gjentatte ganger, og gjorde at selve skaden på røttene ble større og utvidet seg (Isomäki & Kallio, 1974). Store sår gir lettere innpass for soppinfeksjon enn små sår ettersom store sår øker sannsynligheten for at såret blir truffet av soppsporer (Solheim, 2003, s.24). I tillegg har de typiske råttesoppene til felles at de har lettere for å utvikle seg i kjerneved enn yteved (utenom blåvedsopp). Ved dype kjøreskader på røtter vil råttesoppene ha kortere infeksjonsvei til kjerneveden (Solheim, 2003, s. 24). Underlagets bæreevne er også viktig når vi snakker om kjøreskader. Kjøretøyets marktrykk og jordas bæreevne er to påvirkende faktorer for rotskader og vil være en infeksjonsvei for råte under tynningsdriften. Tynningsdrift om vinteren reduserer råterisiko ettersom tele og snø gir beskyttelse for røtter ved stikkveien (Johansson et al, 2014), og øker underlagets bæreevne. I dette studiet skjedde tynningene i sommerhalvåret og markas bæreevne er noe redusert i forhold til en vintersdrift.

Råtefrekvens og bonitet

Det ble funnet en trend til at råtefrekvensen økte med bedre bonitet, og det ble funnet en signifikant forskjell mellom G23 og G17. I et studie av Knut J. Huse (1983) ble det ikke funnet noen sammenheng mellom råtefrekvens og bonitet, men han fant ut at råtefrekvensen var høyest i den beste og dårligste boniteten. Huse, Solheim og Venn (1994) fant også at det var økende råtefrekvens med økende bonitet. Dette stemmer godt med

resultatene i dette studiet. I motsetning til henviste studier ble kun tre bonitetsklasser undersøkt i dette studiet. Men vi kan tydelig se at det er en tendens til mer råde i høyere boniteter. En høyere råtefrekvens på bedre boniteter kan trolig skyldes at næringsforholdene øker med stigende bonitet (Stamnes, Solberg & Solheim, 2000). I tillegg vil trærne ha bedre vekst på høyere bonitet, derav får vi bredere årringer. Med brede årringer får vi lavere densitet på veden, og råtesoppene kan med dette utvikle seg raskere både i lengderetning og tverretningen, dette ble funnet av Roll Hansen i 1969 (referert i Stamnes, Solberg & Solheim 2000). Dette vil igjen gjøre at råtesoppene har utviklet seg i større grad i G23 etter tynningsinngrepet enn i G17, og kan dermed også være en viktig grunn for mer forekomst av råde i høy bonitet i forhold til lavere bonitet.

Råtefrekvens og diameter

Det ble ikke funnet en signifikant sammenheng mellom råtefrekvens og diameter. Flere studier tyder likevel på at råtefrekvensen øker med økende diameter (Huse, 1983; Nilsen, 1982). En viktig grunn kan være at bestandene hadde små variasjoner for diameter, som følge av relativt like bestandsaldre. Dette gjør det vanskelig å regne på variasjon med antall observasjoner i dette studiet.

Råtefrekvens og avstand fra stikkvei til første tre

Det ble funnet en sammenheng mellom råtefrekvens og avstanden fra midten av stikkvei til nærmeste tre. Dette kan defineres som stikkveibredden ettersom vi har avstanden fra midten av stikkveien til nærmeste tre i prøveflaten. Dersom avstanden er til nærmeste tre er 2 meter, så vet vi halve veibredden, dermed blir total veibredde 4 meter. I den lineære regresjonen (Figur 7) kan vi se at råtefrekvensen blir lavere ved lengere treavstand til stikkvei. Generelt sett er det mer såring på trær nær stikkvei, og dermed bør også flere trær ha råde (Solheim, 2003, s. 26). Dersom avstand fra stikkvei til nærmeste tre er på 2,38 meter (gjennomsnittlig treavstand til stikkvei for undersøkelsen) vil vi ha en råtefrekvens på 15,8 %. Dette tilsier en veibredde på litt under 4,8 meter. Funksjonen stemmer godt overens med gjennomsnittlig råtefrekvens (15,7 % for stikkvei) for undersøkelsen. Om vi lar trærne stå med en avstand på 2 meter fra stikkveien vil råtefrekvensen øke til 24 %. Glommen (2016) forklarer i sin tynningsinstruks at stikkveibredden skal være mellom 3,5

– 4,5 meter. Med en stikkveibredde på 3,5 meter vil vi få en råtefrekvens på litt under 30 % med utgangspunkt i kalkylen. For å kunne gi mer pålitelige tall burde dette vært undersøkt nøyere, da med flere observasjoner og mer omfattende studie. Kalkylen er ikke pålitelig, f.eks. vil vi ha 0 % råte da treet står 3,1 meter fra stikkveien og én observasjon viste 50 % råte da nærmeste tre var 3,2 meter unna stikkveien (Figur 7). Fortsatt åpner dette opp for en debatt om stikkveibredden burde diskuteres i større grad, da med sikte på hvilken betydning stikkveibredden har i forhold til råtefrekvensen. Rundt halvparten av volumet i et tynningsuttak blir tatt ut i stikkveien. Vil det være fordelaktig å gjøre et større uttak i stikkvei for å sikre en lavere infeksjonsrate av råtesopper? Dette vil da redusere uttaket i midtsonen og kunne gi mer ugunstige forutsetninger for gjenstående trær.

5 Konklusjon

Dette studiet viser at et tynningsinngrepet har en effekt for råtefrekvensen og at stikkveisonen er spesielt sårbar under tynningen. Råtefrekvensen er signifikant høyere i stikkveisonen sammenlignet med midtsonen. Vi kan dermed konkludere med at maskinell tynning har en innvirkning på råtefrekvensen, og at det er en forskjell mellom stikkveisonen og midtsonen. Det vil være interessant å foreta fremtidige studier knyttet til råtefrekvensen og stikkveibredden. Foreløpig viser resultatene i dette studiet at stikkveien bør tas i betraktning ved et tynningsinngrep og at hensyn til dette kan redusere råtefrekvensen ytterligere.

Referanser

Aaenderaa, R., Fløistad, S, I. (2002). *Plantefysiologi*.

Lokalisert på <http://www.agropub.no/id/9821>

Eid, T., Lexerød, N. (2004). *Potensielt areal for selektive hogster i barskog*. Lokalisert på http://skogforsk.pdc.no/index.php?t=R&seks_id=3228

Fox, J. & Bouchet – Valat, M. (2015). *The R-Commander. A basic-statistics graphical interface to R*.

Granhus, A. (2013). *Bruk av lukket hogst i Norge*. Lokalisert 11.02.2015 på http://www.skogogtre.no/files/Praktisk%20skogbruk/Aksel%20Granhus%20Skog%20og%20Tre%202013_Granhus.pdf

Granhus A., & Hysten G. (2016). Prosjektet «Råte i granskog – utbredelse og konsekvenser for valg av omløpstid» - sluttrapport. *Nibio*, 2(40), 1-24.

Glommen Skog. (2016). *Tynning utført av glommen*. Lokalisert på http://www.glommen-skog.no/wp-content/uploads/Tynningsstandard_lores.pdf

Hoen, H. F. (2009). *Bestandsskogbruk*. Lokalisert 11.02.2015 på <https://snl.no/bestandsskogbruk>

Huse, J, K. (1983). Forekomst av råte i norsk granskog. (Frequency of butt rot in stands of *Picea abies* (L.) Karst. in Norway). *Skogforsk*, 3(83), 1-39.

Huse, J, H., Solheim, H & Venn, K. (1994). *Råte i gran registrert på stubber etter hogst vinteren 1992*. *Skogforsk* 23/94: 1-26.

Huse, K., Solheim, H & Venn, K. (1992). *Råte i gran registrert på stubber etter hogst vinteren 1992*.

Huse, J, K., Solheim, H & Pettersen, J. (2013). Råtebekjempelse. *Skogforsk*, 3(2)

Huse, K, J. & Venn, K. (1993). Vertical spread of *Heterobasidion annosum* Bref. Isolates inoculated in stems of *Picea abies* (L.) Karst. (Vertikal utbredelse av rotkjuke etter kunstig infeksjon i grantrær.) *Skogforsk*, 46(5), 1-15.

Isomäki, A. & Kallio, T. (1974). Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Acta Forestalia Fennica*, 136, 1-34.

- Johansson, K., Agestam, E., Johansson, U & Nilsson, U. (2014) *Skador i samband med gallring i granskogen litteraturstudie*. Lokalisert 11.04.2016 på http://www.gran.slu.se/Program/Litteratur/Dokument/Littstudie_gallrskad.pdf
- Myklestad, G., Pettersen, J., Rindal, K, T & Huse, J, K. (2013). Tynning. *Tidsskrift for Skogkurs resymé*, 6(2)
- Nilsen, P. (1982). Forekomst av råte i eldre granskog, sett i sammenheng med tre- og bestandsdata. The occurrence of rot in old stands of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.), related to tree data and stand properties. *Skogforsk*, 2(83), 1-34.
- Norgeskart (karttjeneste). (2016). Utsnitt av Gjøvik kommune. Lokalisert 11.04.2016 på <https://www.norgeskart.no/#9/257104/6756137/-land/+enkel>
- R Development Core Team. (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Regjeringen (a). (2014). *Norsk oljehistorie på 5 minutter*. Lokalisert 11.02.2015 på <https://www.regjeringen.no/nb/tema/energi/olje-og-gass/norsk-oljehistorie-pa-5-minutter/id440538/>
- Regjeringen (b). (2011). *Råte i trær forårsaker stor skade*. Lokalisert på <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/rate-i-trar-forarsaker-stor-skade/id630940/>
- Rönnerberg, J., Berglund, M., Norman, J & Stureson, C. (2011). *Rotröta – om rotröta i allmänhet och rotticka på gran i synnerhet*. Sverige: Studentlitteratur AB, Lund.
- Ryen, I. (1993). Stubbebehandling av gran med urea eller stor barksopp til bekjempelse av rotkjuke. (Surface coating of Norway spruce stumps with urea or *Phlebiopsis gigantea* to protect against *Heterobasidion annosum*.) *Skogforsk*, 13(93), 1-8.
- Solbraa, K. (a).(2001). *Gran*. Lokalisert 11.02.2015 på <http://www.agropub.no/id/9757>
- Solbraa, K. (b). (2001). *Tynning og kunstig kvisting*. Lokalisert på <http://www.agropub.no/id/9788>
- Solheim, H. (1994). Infeksjon av rotkjuke på granstubber til ulike årstider og effekten av ureabehandling. (Seasonal infection of *Heterobasidion annosum* on stumps of Norway spruce and surface coating with urea). *Skogforsk*, 3(94), 1-10.
- Solheim, H. (2003). Skader og råte etter tynning i granskog. *Skogforsk*, 6(3),24-28.

Statistisk Sentralbyrå (a). (2013). *50 års landbrukshistorie i tekst og tall*, Lokalisert <http://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/artikler-og-publikasjoner/50-aars-landbrukshistorie-i-tekst-og-tall>

Statistisk Sentralbyrå (b). (2014). *Landsskogtakseringen, 2009-2013*. Lokalisert <http://www.ssb.no/jord-skog-jakt-og-fiskeri/statistikker/lst>

Stamnes, V, S, G., Solberg, S & Solheim, H. (2000). En analyse av råtefrekvens i eldre granskog, ut fra skoglige, klimatiske og edafiske faktorer. *Skogforsk*, 17(00), 1-16.