

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP



Forord

Denne masteroppgaven er skrevet på INA (Institutt for naturforvaltning) på UMB (Universitetet for miljø- og biovitenskap), og omhandler forekomsten av margborer etter en skogbrann. Arbeidet med masteroppgaven har vært en interessant og lærerik prosess, og markerer slutten for mitt toårige masterstudie i skogfag.

Bakgrunn for valg av oppgaven er at jeg ønsket å kombinere en oppgave med både natur- og skogforvaltning siden jeg har en bachelorgrad i naturforvaltning og snart mastergrad i skogforvaltning. Da Per Holm Nygaard var gjesteforeleser i faget Skogøkologi fortalte han at Skog og landskap hadde aktuelle masteroppgaver med skogbrann som tema, noe jeg syntes hørtes interessant ut. Jeg hadde også et ønske om å skrive om noe det ikke var forsket så mye på fra før, og det ble mulig ved å velge en slik oppgave.

Jeg ønsker først og fremst å rette en stor takk til mine veiledere Per Holm Nygaard og Paal Krokene på Skog og landskap for hjelp til feltarbeid, hjelp til å finne aktuell litteratur, veiledning og rådføring samt korrekturlesing. Videre vil jeg takke forsker Bo Långström ved Sveriges Landbruksuniversitet for hjelp med å finne aktuell litteratur. Takk også til min venn og stipendiat Roar Økseter for hjelp og veiledning i bruken av GIS. En takk rettes også til min venn og klassekamerat Øyvind Hatleli for hjelp til engelsk oversetting og veiledning i bruken av EndNote. Skog og landskap ønsker jeg å takke for utlån av aktuell litteratur og økonomisk hjelp til feltarbeidet og trykking av oppgaven.

Til slutt ønsker jeg å takke min kjære samboer Trude Iren Saure for hjelp til feltarbeid, korrekturlesing og generell støtte. Takk også til alle venner og medstudenter som har bidratt til en fin og minnerik studietid her på Ås.

Universitet for miljø- og biovitenskap

Ås, 11. mai 2012

Peder Magnus Magnussen

Sammendrag

Etter store kalamiteter, som for eksempel skogbranner, er det som regel mange skadede trær som kan føre til en oppblomstring av skadeinsekter. Sommeren 2008 brant et skogområde på 26 000 dekar ved Mykland i Froland kommune i Aust-Agder. Skogen i brannområdet bestod for det meste av furu (*Pinus sylvestris*). Noen av de vanligste skadeinsektene i furuskogen er stor og liten margborer (*Tomicus piniperda* og *T. minor*). Margborerne yngler i sterkt skadede furutrær, og gjerne trær som er berørt av for eksempel skogbrann. Den nye generasjonen av margborere klekker fra barken og flyr opp i furukronene i begynnelsen av juli, der de foretar et næringsgnag i skuddene. Næringsgnaget kan føre til et betydelig tilveksttap for furu - tidligere studier indikerer at tilveksttaptet kan ligge mellom 9-60 %.

Første del av feltregistreringene bestod i å registrere margborerdrepte furuskudd ved hjelp av GPS. For å kvantifisere margborerskader ble det lagt ut en måleramme på 0,25 m² på bakken under kronedekket av flere furuer. I målerammen ble antall margborerdrepte furuskudd talt opp. Dette ble utført i en avstand opptil ca. 10 kilometer ut fra brannområdet med ca. 5 registreringer på hvert sted. Datainnsamlingen ble utført i mai og september i 2011.

Det var flest skudd per m² innenfor brannområdet og de første 600 meterne utenfor brannfeltet. For alle registreringene både innenfor og utenfor var bakgrunnsnivået av margborerdrepte furuskudd per m² på 0,5 for nye furuskudd og 1,5 for gamle skudd. En total på 2 skudd per m² er høyere enn normalverdien i normal skjøttet furuskog, som vanligvis er mindre enn 1 skudd per m². Skuddantallet stemmer godt overens med andre studier av margborer som er utført i Norden. Det var signifikant forskjell mellom antall skudd per m² fra 0-600 til 601-12 000 meter. Fordi det er forskjell mellom nivåene på antall margborerdrepte furuskudd per m² nærmest og lengst unna brannområdet tyder det på at det har vært en spredning av margborere ut fra brannområdet. Avstanden på spredningen av margborer er imidlertid mye større i vår studie enn i andre studier, der vi fant verdier som er høyere enn normalverdien 7,1 km unna brannområdet. Redusert frøantall i 2011 kan delvis skyldes margborerangrep. Et annet særpreg for vår studie var at selv tre år etter brannen var det ingen tegn til reduksjon av margboreren. Orkanen «Dagmar» i jula 2011 kan også ha skapt nye potensielle yngleplasser for margboreren slik at videre oppfølging av margboreren absolutt bør vurderes. Praktiske implikasjoner av mine resultater kan bety at grunneiere som ikke er blitt berørt av brannen kan få margborerskader. Det ble også inngått avtale om frivillig vern

på 10 000 dekar hvor det står mye skadet skog, som kan ha bidratt til økning i margborerpopulasjonen.

Abstract

After large calamities, such as forest fires, the amount of damaged trees can lead to a proliferation of insect pests. In the summer of 2008 a forest area of 26 000 acres burned in Mykland in the Froland municipality in Aust-Agder county. The forest fire area consisted entirely of pine (*Pinus sylvestris*). One of the most common pests in pine forest is large and small pine shoot beetle (*Tomicus piniperda* and *T. minor*). The pine shoot beetle breed in heavily damaged pine trees, often affected by disturbances such as forest fires. The new generation of pine shoots beetles flies up in the pine crowns in early July and matures while attack pine shoots by boring into them. The boring of the pine shoots can lead to a loss of growth of pines, previous studies indicate that growth loss may be between 9-60 %.

First part of the fieldwork took place by registering dead pine shoots, chewed by pine shoot beetles, by a GPS. To quantify damage by the pine shoot beetle a measurement limit of 0.25 m² was put on the ground under the crown cover of pines. The number of pine shoots chewed by pine shoot beetle was counted. This was done up to 10 km meter from the fire area with about 5 registrations on each location. Data Sampling was conducted in May and September in 2011.

It was most shoots per/m² within the fire area and the first 600 meters outside the fire area. For all registrations within and beyond the background level of the pine shoot killed by pine shoots beetle was 0.5/m² for new pine shoots and 1.5 for old shoots. A total of 2 shoots per m² is higher than a normal value in normal attended pine forest, which is usually less than 1 shoot per m². The number of shoots is consistent with other studies of the pine shoot beetle that has been performed in Scandinavia. There was a significant difference between the number of shoots per m² from 0-600 to 601-12 000 meters. Because there is a difference between the levels on the number of pine shoots killed by the pine shoot beetle closest and furthest away from fire area indicates that there has been a proliferation of pine shoot beetles from the fire area. The distance of the spread of pine shoot beetle is much higher in our study than in other studies, where we found values that are higher than normal value of 7.1 km away from the fire area. Reduced seed numbers in 2011 can partly be explained by pine shoot beetle attacks. Another key feature of our study was that even three years after the fire there was no sign of reduction of the pine shoot beetle. The hurricane "Dagmar" on Christmas 2011 may also have created new potential breeding grounds for the pine shoot beetle so that further follow-up of pine shoot beetle certainly should be considered. Practical implications of my results could

mean that property owners who have not been affected by the fire can get pine shoot beetle damage. It was also agreed to a voluntary conservation of 10 000 acres, which have a lot of damaged forests, which may have contributed to increase the pine shoot beetle population.

Innholdsfortegnelse

1. Innledning.....	1
1.1. Bakgrunn	1
1.2. Generelt om skogbranner.....	2
1.3. Vern av brannområdet	3
1.4. Problemstilling.....	4
2. Materialer og metoder	5
2.1. Generelt om margborere	5
2.2. Generelt om furu.....	7
2.3. Områdebeskrivelse	9
2.4. Feltarbeid	12
2.5. ArcMap.....	14
3.0 Resultat.....	17
3.1. Registrering av margborerskudd i mai.....	17
3.2. Antall margborerskudd synker med avstand fra brannområdet.....	18
3.3. Utsnitt av områdene vest og sydover	19
3.4. Antall skudd i ulike avstander fra brannområdet.....	20
3.5. Søylediagram over gamle og nye margborerskudd.....	22
3.6. Statistiske beregninger i JMP.....	22
3.7. Frøfellene	24
3.8. Gjenliggende tømmerlunner	25
4. Diskusjon.....	27
4.1. Bakgrunn	27
4.2. Brann	27
4.3. Vind	29
4.4. Andre skadeinsekter	29
4.5. Tømmerterminaler og andre potensielle spredningsårsaker	30

4.6. Spredning	30
4.7. Frøfellene	31
4.8. Økonomi/tilveksttap	32
4.9. Feilkilder	32
5. Konklusjon	34
6. Litteraturliste	35

1. Innledning

Etter store kalamiteter hvor trær blir svekket forekommer det ofte en oppblomstring av skadeinsekter som utnytter de svekkede furutrærne som føde og ynglemateriale. Noen av de vanligste skadeinsektene i furuskogen er stor og liten margborer (*Tomicus piniperda* og *T. minor*). Margborerne yngler i sterkt skadede furutrær, og gjerne trær som er berørt av for eksempel skogbrann. Skader på furuas barmasse forekommer når den nye generasjonen med margborer foretar et næringsgnag i skuddene som kan føre til et produksjonstap (Bakke 1994). Avtalen om frivillig vern på 10 000 dekar i forskningsområdet hvor det står mye skadet skog, kan ha bidratt til økning i margborerpopulasjonen. Brannen og avtalen om frivillig vern ga en unik mulighet til å forske på arter som vanligvis opptrer sporadisk, men som ekspanderer kraftig etter forstyrrelser som for eksempel skogbrann.

Den første boka om skogøkologi og skadeinsekter ble skrevet av Ratzeburg i 1839 og siden den gang er det forsket mye på margborer både på verdensbasis (Kina, Europa og USA) og ikke minst i Norden (Haagensen 1978; Ehnström et al. 1995; Långström et al. 1999; Martikainen et al. 2006). Selv om det er gjort enkelte studier i Sverige og Finland på margborerangrep etter skogbrann, er det generelt skrevet lite om emnet. I Norge er det skrevet noen oppgaver om margborerskader, spesielt rundt tømmerterminaler og etter orkaner, men det er få eller ingen studier på margborer etter brann.

1.1. Bakgrunn

Ved Mykland i Aust-Agder herjet sommeren 2008 den største skogbrannen i Norge på mer enn 100 år (Storaunet et al. 2008). Brannen ble startet av en gnist fra en skoganleggsmaskin (Svozilik 2008) mandag 9. juni, og utpå ettermiddagen/kvelden var den tilsynelatende under kontroll. Tirsdag morgen blusset imidlertid brannen opp igjen, på grunn av sterk tørke og kraftig vind med varierende retning, og spredte seg til et større område. Lokale regnbyger, lavere temperatur, mindre vind samt økt beredskap i form av ekstra helikopterressurser gjorde at man begynte å få kontroll over brannen fredag 13. juni og lørdag 14. juni. Så mange som 250-300 personer fra lokalt og regionalt brannvesen, politi, Sivilforsvaret og Forsvaret var involvert i brannslokkingen. Området som ble berørt av brannen var på 26 km² (26 000 dekar), hvorav 19 200 dekar var produktiv skog (Storaunet et al. 2008). Arealet på hele brannområdet tilsvarer 4 200 fotballbaner, og selv i Nord-Jylland kjente man brannlukten (Gjærevold 2009). 88 000 m³ nyttbar kubikkmasse i hogstklasse III, IV og V, samt ødelagte

frøtrær var grunnlaget for erstatningsberegningene (Skogbrand 2009). I tillegg til skogen tok brannen med seg 22 hytter, 2-3 koier og 450 meter med høy- og lavspentlinjer. Totalt 14 skogeiere ble økonomisk berørt av brannen, mens 77 personer ble evakuert fra Mykland sentrum. Utgifter knyttet til skogbrannhelikopter samt Sivilforsvarets og Forsvarets innsats er anslått til 22,2 millioner kroner (DSB 2008). De totale kostnadene etter brannen er estimert til over 60 millioner kroner, kanskje mer (Sellevold & Rasch 2008).

1.2. Generelt om skogbranner

Skogbranner har forekommet så lenge det har eksistert skoger med brennbart materiale (Kimmins 2004). De største kjente skogbrannene i Norge var på 30-40 000 dekar og herjet sommerne 1851 og 1852 i Rendalen (Gjærevold 2009). Andre store branner er skogbrannen i Elverum i 1976 på 9 400 dekar, Tingstadlia i 1959 på 5 000 dekar og skogbrannen på Deset samme år på 1 500 dekar (Vevstad 1986). Brannen ved Mykland i 2008 er altså en av de aller største skogbrannene i omfang som er kjent fra Norge. Om lag 315 dekar av Norges totale produktive skogareal på 7,4 millioner dekar blir ødelagt av brann hvert år (Gjærevold 2009). Dette indikerer at skogbranner utgjør en beskjeden del økonomisk sett i forhold til andre skogskader som for eksempel vindfall. Størrelsen på brannområdene varierer enormt fra år til år (fra 600 til 86 000 dekar/år (Øyen 1998)).

Etter siste istid har skogbranner spilt en avgjørende rolle for utformingen av det boreale barskogbeltets romlige struktur (Bonan & Shugart 1989). Skogbranner kan ha innvirkninger på energistrømmer og ulike økosystemer, men også på vann, luft, jordsmonn, planter og dyr (Bleken et al. 1997). Noen arter kan få forstyrret leveområder og livsmuligheter, men skogbrann kan også skape grunnlaget for ny gjenvekst og bidra til å danne verdifulle habitater for visse planter og dyr (Whelan 1995). Mange arter er mer eller mindre avhengige av skogbrann, og de som reagerer positivt og får økt populasjon etter en brann kalles brannprofitører (Bleken et al. 1997). Arter som Geitrams (*Chamerion angustifolium*), vegnikke (*Pohlia nutans*), bråtestorkenebb (*Geranium bohemicum*), bringebær (*Rubus idaeus*), smyle (*Avenella flexuosa*), blåtopp (*Molinia caerulea*), bjørk (*Betula*) og osp (*Populus tremula*) er pionerarter som ofte er de første til å kolonisere brannflaten på grunn av liten konkurranse. Pestbråtemose (*Funaria hygrometrica*), ugrasvegrose (*Ceratodon purpureus*) og einerbjørnemose (*Polythricum juniperinum*) drar fordel av skogbrann fordi det dannes næringsalter som ammonium og nitrat som disse artene prefererer (Nygaard 2002).



Figur 1. Bråtestorkenebb som har kommet opp etter brannen i Froland (foto: Per H. Nygaard).

1.3. Vern av brannområdet

I nasjonal skogforvaltning har det overordnede prinsippet vært og er fortsatt bekjempelse av skogbranner. Men i de siste 100-150 årene har bekjempelsen av skog- og utmarksbranner vært så effektiv at det kan ha ført til tap av biologisk mangfold (Bleken et al. 1997). Før brannen i Froland var det få områder her i landet som var vernet som følge av skogbrann, og i forbindelse med evalueringen av skogvernet i Norge ble ikke skogbrann nevnt som et viktig kriterium for vern av skog (Framstad et al. 2002; Framstad et al. 2003). Nyere kunnskap om historiske brannregimer og den økologiske betydningen av skogbrann gjorde at man etter hvert begynte å vurdere skogvern i brannområder (Bleken et al. 1997; Tryterud 2003; Groven & Niklasson 2005; Toeneiet et al. 2007). I brannområdet ved Mykland ble de to områdene Myklandsvatna-Ålekjerrheia (7 410 dekar) og Jurdalsknuten (3 515 dekar) meldt inn under ordningen Frivillig vern i august 2008. Den viktigste verneverdien var at brannen produserte mye død ved av furu, noe som er sjeldent i Norge (Storaunet et al. 2008). Høsten 2008 ble det etablert et fireårig forskningsprosjekt på brannområdet i Mykland, ledet av Skog og landskap i samarbeid med skognæringen, og finansiert av Norges skogforvaltning, Forsikrings-selskapet Skogbrand og Norges forskningsråd.

1.4. Problemstilling

Hovedmålet med denne oppgaven var å kvantifisere margboreraktiviteten ved å registrere antall margborerdrepte furuskudd per m² etter brannen i Mykland. Dette skulle gjøres både innenfor og utenfor brannområdet, for å finne ut om brannen førte til en oppblomstring av margborere. Og videre se om det fantes en kritisk avstand med terskelverdi i margboreraktiviteten.

2. Materialer og metoder

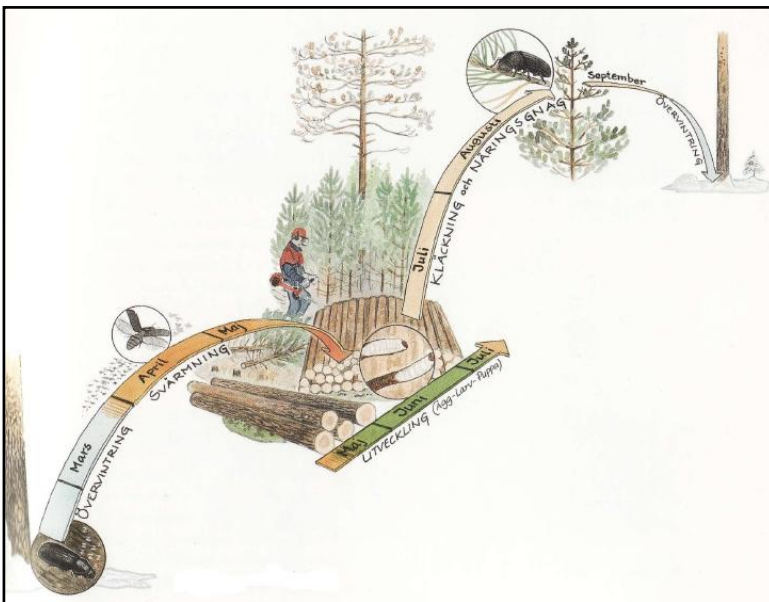
2.1. Generelt om margborere

Stor margborer er en liten sort barkbille på 3-4 millimeter som lever i furu og er et av de vanligste skadeinsektene i furuskogen (Bakke 1961). Den er sammen med liten margborer et fryktet skadeinsekt etter store miljøforstyrrelser. Margborerne er avhengige av reduserte furutrær for å kunne yngle i dem. På grunn av brannen som skapte mange skadede trær som kan utgjøre potensielt ynglemateriale for margboreren, er det ventet at margboreren vil øke i antall etter Frolandsbrannen. I tillegg til å angripe sterkt svekkede trær foretar disse artene også et næringsgnag i skuddene til furu, noe som kan redusere tilveksten betydelig (Bakke 1994).

Når dagtemperaturen når ca. 12 grader i løpet av april begynner margborerne å fly. Flygeperioden varierer med temperatur og snøforhold, men varer vanligvis 1-3 uker (Bakke 1994). Billene søker da etter egnete trær å forplante seg i. Det kan være tømmer, skogsavfall, vindfelte eller sterkt svekkede trær hvor den store margboreren angriper den grovbarkede delen. Stor margborer er en såkalt sekundær barkbille, det vil si at den ikke er i stand til å angripe friske trær om ikke populasjonen er ekstremt høy (Långström & Hellqvist 1993). Den finner fram til egnete trær ved hjelp av lukten fra treets kvæ, da den ikke har aggregasjonsferomoner (Bakke 1994). Hunnbillen lager et parringskammer i innerbarken på de grovbarkete delene av stammen og hannen følger etter (Bakke 1968). Hunnen legger egg på begge sider av en 8-10cm lang morgang formet som en spaserstokk som alltid går i treets lengderetning. Arten er monogam og har bare en generasjon per år i Skandinavia. Den nye generasjonen forlater mortreet fra begynnelsen av juli. Før de nye billene blir kjønnsmodne må de gjennomføre et næringsgnag på furuskuddene (Bakke 1968). De flyr opp i krona til furua der de huler ut 2-3 cm av marginen på et skudd som senere brekker av og faller ned på bakken. En bille kan skade 2-3 skudd i løpet av høsten (Bakke 1961). Etter at billene har avsluttet næringsgnaget gnager de seg inn i korkbarken på furutrær nær bakken hvor de overvintrer (Bakke 1994).



Figur 2. Bilde av stor margborer på furuskudd (foto: Rune Axelsson).



Figur 3. Margborerens livssyklus (illustratør: Martin Holmer).

Liten margborer er svært lik stor margborer på flere måter, selv om det er noen kjennetegn som skiller de to artene. Den lille margboreren har en mer begrenset utbredelse enn stor margborer og er hovedsakelig utbredt i lavlandsskogene i Sør-Norge, mens den store margboreren er utbredt overalt hvor det finnes furuskog i Norden (Bakke 1994). I motsetning til stor margborer som yngler i de tjukk-barkedede delene på furua foretrekker liten margborer de tynnbarkedede delene. Morgangen til liten margborer går alltid på tvers av treets lengderetning. Begge margborerne gjør skade på skuddene til furua slik at tilveksten reduseres (Bakke 1961). Fordi stor og liten margborer har ganske lik livssyklus og gjør lignende skade vil de videre i oppgaven omtales samlet som “margborere”.

For å forebygge margborerskader er det viktig å holde populasjonen på et lavt nivå ved å begrense tilgangen til ynglemateriale. Dette innebærer at man må få furuer som er skadet av tørke, storm, snø eller annet ut av skogen før 1.juli, slik at margboreren ikke har sjanse til å yngle ferdig i dem. Dette gjelder også alt ubarket hogstvirke. Grove topper og bult må ikke etterlates i skogen. Avstandsregulering må utføres før trærne blir 2,5 meter høye eller når 3-4 cm i brysthøydiameter. Større trær bør avstandsreguleres etter billens sverming i april-mai, men før 15. juli (Bakke 1994). På tømmerterminaler kan det være lurt å enten lagre tømmeret i vann eller vanne tømmeret for å forhindre angrep (Samuelsson 2000).

2.2. Generelt om furu

Etter at isen trakk seg tilbake for 10 000 år siden var furu og fjellbjørk (*Betula pubescens ssp. czerepanovii*) de første treslagene som vandret inn i Norge (Nygaard & Skoklefald 2007). Vår hjemlige furu kan under gunstige forhold bli 30-40 meter høy og ha en omkrets i brysthøyde på 4 til 5 meter (Flæte et al. 2011). Furu er vanligvis hogstmoden når den er 80-150 år (Lindbekk 2000). Dersom den ikke avvirkes kan den bli svært gammel, trolig opptil 800 år. Furu er det treslaget som har størst utbredelse her i landet og finnes i samtlige fylker (Larsen 2008). I Norge består 33 % av den bardominerte skogen av furu (Flæte et al. 2011) hvor den største andelen finnes i bonitetene F6-14. Arten er et lyselskende, tørketålende treslag med et dypt rotsystem som gjør at den kan utnytte voksesteder hvor grana ikke trives. Grana utkonkurrer derimot furua på høyere boniteter med velutviklet jordsmonn (Nygaard & Skoklefald 2007).

Furu setter frø allerede i 10-15 års alder dersom den står fritt, men vanligvis ikke før ved 30-50 års alder når den står i bestand. Den største frøproduksjonen oppnås når furua er mellom 60 og 100 år (Larsen 2008). Nålene som er 4-7 cm lange og sitter parvis er mer lyskrevende enn grannålene og faller av etter 3-4 år (Lindbekk 2000). Furu blomstrer i mai – juni, og pollenproduksjonen er en av de viktigste faktorene som bestemmer frøproduksjonen (Nygaard & Skoklefald 2007). De aller fleste trærne er såkalte sambu med adskilte hannlige og hunnlige blomster på samme tre. De rødgule hannblomstene blomstrer som regel noen dager før de røde hunnblomstene. Etter den første sommeren utvikles små grønne kongler som først modnes året etter og slipper frøene på sen vinteren. Når frøene er sluppet, faller konglene av (Lindbekk 2000). Furu produserer litt frø hvert år, men har i likhet med grana typiske frøår som ofte forekommer etter en varm sommer. Dette er som regel hvert tredje, fjerde eller femte

år i lavlandet i Sør-Norge. I tillegg til margborere er de største truslene mot furu elg (*Alces alces*), rød furubarveps (*Neodiprion sertifer*), flere sopparter som for eksempel tyritoppsopp (*Cronartium flaccidum*) og furuas knopp- og greintørkesopp (*Gremmeniella abietina*) samt abiotiske skader som snø, tørke, frost og lynnedslag (Hysten et al. 2007).

Økonomisk sett er furua det nest viktigste treslaget i Norge etter gran (*Picea abies*). Virket er ettertraktet i Norge og resten av Europa til møbelproduksjon og finér. Noe går også til celluloseproduksjon, men på grunn av det høye harpiksnivået er det en litt mer komplisert prosess enn med gran. Furu er også mye brukt til impregnering, da det er enkelt å lage vakuum i furucellene og impregneringsvæska derfor trekker lettere inn i furu enn i gran (Larsen 2008).



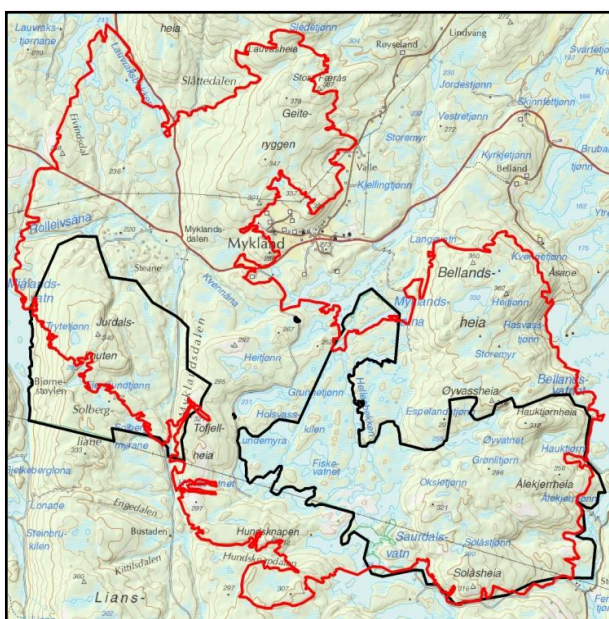
Figur 4. Hannblomster, hunnblomster, fjorårskongler og 2-årige kongler på furu (foto: Gunnar Haug).

2.3. Områdebeskrivelse

Froland kommune ligger i Aust-Agder fylke og grenser mot Åmli i nord, Tvedestrand i øst, Arendal, Grimstad og Birkenes i sør, og Evje, Hornes og Bygland i vest. Froland domineres av store skoger som gjennomskjæres av de to store vassdragene Nidelva og Tovdalselva. Landskapet er kupert med en rekke små innsjøer og myrer. Det er to større innsjøer, Myklandsvatnet og Saurdalsvatnet, i kommunen. Den høyeste fjelltoppen er Befjell på 658 moh. Mykland, der brannen startet, har koordinatene, øst: 458695, nord: 6499356 og ligger 239 moh.



Figur 5. Beliggenheten til studieområdet i Froland kommune.



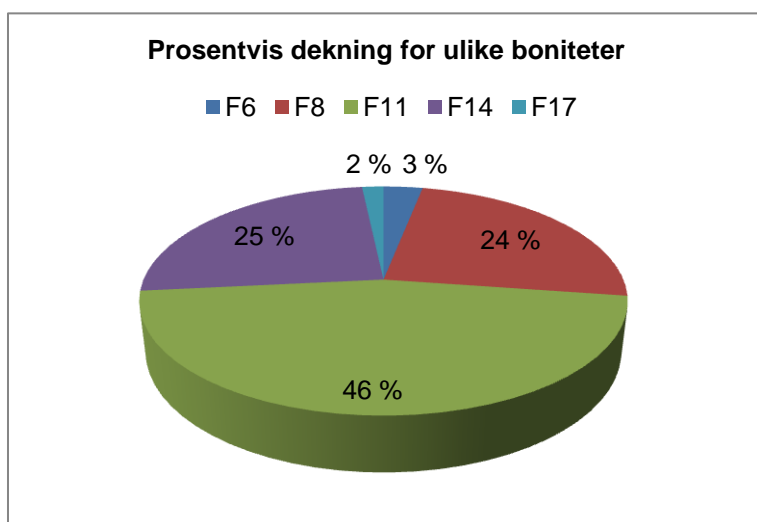
Figur 6. Kart over verneområdene (svart linje) og brannområdet (rød linje) i Froland kommune.

Vegetasjonssonene i studieområdet er hovedsakelig boreonemoral, med litt sørboreal i den nordøstlige delen (Fremstad 1997; Moen 1998). Den årlige middeltemperaturen i perioden 1961 til 1990 ved Nelaug metrologiske stasjon ved Åmli (175 meter over havet, 20,9 kilometer fra Mykland) var 5,4 °C (eKlima 2011). Årsnedbøren for Nelaug i 2008 var høyere enn normalen, men lite nedbør i mai og begynnelsen av juni gjorde skogen ekstremt tørr (Tabell 1).

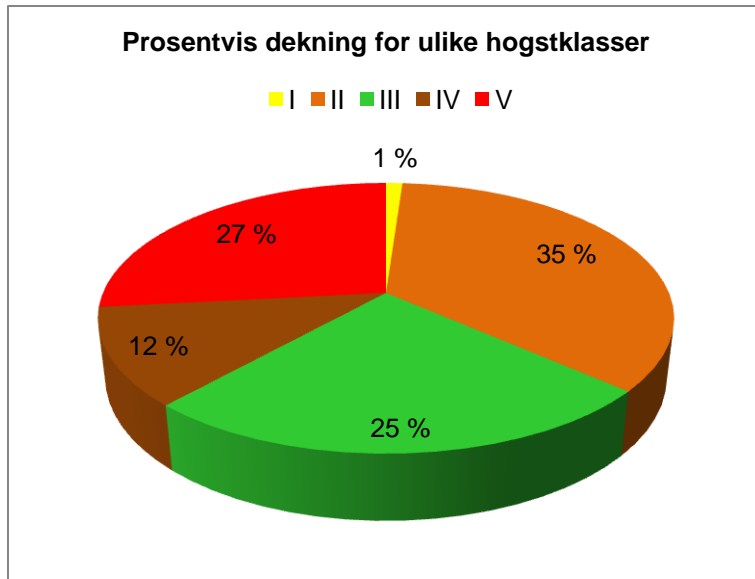
Tabell 1. Månedlig og årlig nedbør (i mm) på Nelaug værstasjon, gjennomsnittlig for 1961-1990, og for 2008 (eKlima 2011).

	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	År
1961-													
90	102	67	75	53	80	75	91	108	124	141	128	95	1139
2008	255	100	175	117	29	67	77	175	105	188	101	62	1451

Skogressursene i studieområdet er godt dokumentert siden det før brannen ble utarbeidet en skogbruksplan. Produktiv skog utgjorde 74 % av det arealet som brant, 5 % var uproduktiv skog og 21 % var myr og innsjøer. Furu var det dominerende treslaget med 97 % av skogdekningen, gran utgjorde 2 %, mens 1 % var lauvtrær. Boniteten F11 dominerte i området, med 46 % av arealet i brannområdet, mens F8 og F14 utgjorde omtrent 25 % hver (figur 7). Hogstklassene før brannen var ganske jevnt fordelt fra II til V, med størst areal i hogstklasse II (figur 8). Det var også noen eldre trær i området, spesielt eik (*Quercus*) som ikke har vært avvirket (tall fra AT plan).

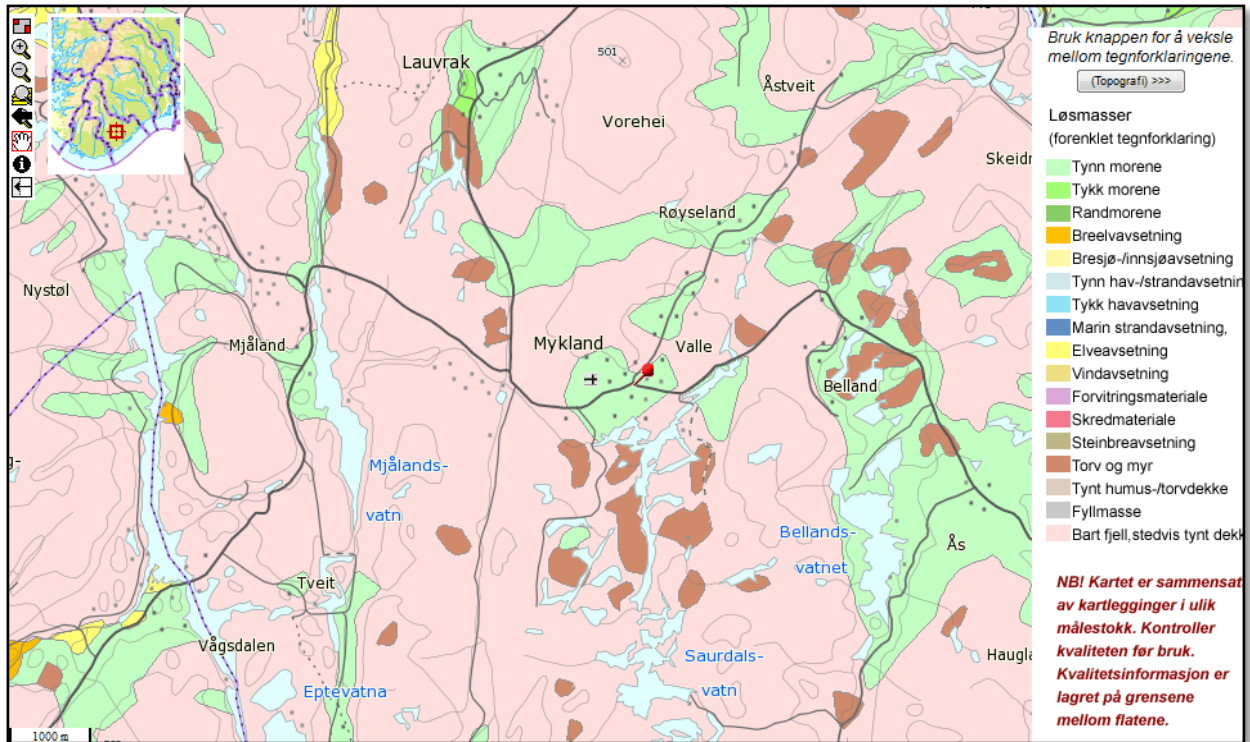


Figur 7. Arealfordelingen av de ulike bonitetene i området (data fra AT skog).



Figur 8. Arealfordelingen av de ulike hogstklassene i området (data fra AT skog).

Berggrunnen i studieområdet er relativt fattig og består av syenitt og ulike typer av granitt og gneis fra Proterozoean alder med noen klippetopper (Sigmond et al. 1984). Båndet gneis i østlige/sørøstlige området har resultert i noen lokaliteter med mer næringsrike vegetasjonstyper. Selv om det finnes noen raviner og skråninger med dyp løsmasse i området er det meste av arealet jord. Impediment og skog utgjør den største delen av arealet i området, men det finnes også torv og myr, tynn morene og en liten del med tykk morene og elveavsetning (NGU 2011). Humuspodsol (Orthic Humo-Ferric Podsol) og jernpodsol (Orthic Ferro-Humic Podsol) dominerer den sure og næringsfattige delen av skogsjorda i brannområdet (Canada Soil Survey 1987).



Figur 9. Kart over løsmassene i området (NGU 2011).

2.4. Feltarbeid

Første del av feltarbeidet ble gjennomført i slutten av mai 2011. I starten ble det registrert margborerdrepte furuskudd på bakken i tre forsøksfelt etablert av Skog og landskap inne i brannområde. Forsøksfeltene inngår i Skog og landskap-prosjektet "Foryngelse, bonitetsendring og driftstekniske erfaringer etter skogbrannen i Froland 2008". Forsøksfeltene er 30, 45 og 100 dekar store og ligger i hogstklasse IV og V på boniteter fra F8 til F14. Inne i feltene er det registrert diameter i brysthøyde, posisjon og høyde for 150 frøtrær. I tillegg er det lagt ut frøfeller i hvert felt som er posisjonsbestemt med GPS (Nygaard et al. 2009). Datamateriale fra frøfellene til Skog og landskap er presentert i resultatdelen. Funn av margborerskudd ble registrert på en GPS av typen Garmin GPSmap 60 CSx. Ved hjelp av MARK funksjonen på GPS-en ble hver observasjon lagt inn med navn, tidspunkt og posisjon. Videre ble det foretatt registreringer av margborerdrepte furuskudd etter omlag hver 20 meter. Dette ble gjort både innenfor brannområdet, i verneområdene og utenfor både brann- og verneområdet. Det ble også utført innsamling av skudd per m², der 1 m² ble målt opp og antall margborerdrepte furuskudd inne i måleramma ble talt opp. Registreringene ble utført på tilfeldig valgte steder og pågikk til skuddandelen var avtagende dvs. flere registreringer med 0 skudd per m². Dette dreide seg om gamle skudd, da dette var i slutten av mai. Totalt 44 registreringer av margborerdrepte furuskudd per m² ble foretatt syd for brannområdet i mai.

Andre del av feltarbeidet foregikk i slutten av september etter at forskere fra Skog og landskap hadde observert friske margborerdrepte furuskudd i brannområdet, altså skudd som var angrepet av margboreren i løpet av sensommeren 2011 og hadde falt ned på bakken sommeren 2012. Arbeidet ble nå gjort ved at en måleramme på 0,25 m² ble lagt tilfeldig ut i vegetasjonen under kronedekket av flere furuer. Grunnen til at det ble benyttet en måleramme på 0,25 m² var at det var mer praktisk å ha med seg og at man slapp å måle opp hver gang det skulle utføres en registrering. Inne i målerammen ble antall gamle og nye skudd etter margboreren registret på GPS-en. Det ble foretatt 3-10 registreringer på hvert registreringspunkt før det ble gått 50-100 meter til et nytt registreringspunkt. Registreringene startet inne i brannområdet og fortsatte langs transekter ut fra brannområdet helt til antall skudd på bakken var kraftig avtagende. Målet var å registrere i fire retninger ut fra brannområdet, men fordi vi fant skudd svært langt fra brannområdet innså vi at dette ville bli for omfattende. For å gjøre registreringene mer effektive ble det besluttet å bruke bil for ytterligere registreringer. Siden margborerne ikke har noen klare preferanser for hvilke furutrær den angriper er det like sannsynlig å finne angrep i nærheten av vei. For ca. hver 250 meter ble det registrert angrep langs veien i vestlig og nordlig retning fra brannen, med 4-5 registreringer på hvert registreringspunkt.



Figur 10. Margborerdrepte furuskudd (foto: Trude Iren Saure).



Figur 11. Måleramma på 0,25 m² med ett nytt og ett gammelt margborerdrept furuskudd inni (røde sirkler) (foto: Trude Iren Saure).

2.5. ArcMap

Antall margborerdrepte skudd per m² ble plottet på kart over forsøksområdet ved hjelp av programvaren ArcMap (Esri, Redlands i California). I ArcMap ble det først lagt inn et nytt bakgrunnskart fra toporaster 2 WMS. Shapefiler over brannområdet og de to verneområdene ble lagt inn i kartlaget. Data på margborerdrepte skudd ble importert fra Excel ved hjelp av funksjonen legg inn XY data. Flybilder fra før og etter brannen ble lagt inn ArcMap, de ble hentet fra karttjenesten Norge i bilder som er levert av Skog og landskap, Statens vegvesen og Statens kartverk og kan lokaliseres på (<http://wms.geonorge.no/skwms1/wms.norgebilder>). Flybildene fra før brannen var tatt en gang før juni 2008, uten at det har vært mulig å tidfeste dette mer nøyaktig. Flybildene etter brannen ble tatt engang i 2009.

Ved å velge “graduated symbols” i “layer properties” ble registreringene av antall margborerdrepte furuskudd kategorisert etter antall skudd per m². Deretter ble antall margborerdrepte furuskudd plottet inn på kartet som sirkler, der størrelsen på sirkelen var proporsjonal med antall margborerdrepte furuskudd per m².

Verktøyet “generate near table” ble benyttet for å måle avstander fra registreringspunktene til brannområdet. Dersom margboreren hadde økt like kraftig i alle himmelretninger ville

området som er blitt berørt være av en helt annen karakter. Vi tenkte oss maksavstander hvor skuddantall per m^2 var høyere enn normalnivået i normal skjøttet furuskog. Man skulle tro at om margboreren kan spre seg for eksempel 5 km sydover fra brannområdet kan den også spre seg 5 km øst for brannområdet. Dermed med ble det utført to buffermodeller i ArcMap som regnet ut hvor stort areal som kunne bli berørt av margborer dersom den økte like kraftig i alle himmelretninger.

Ved å zoome inn på ortofotoene var det mulig å se tømmerlunner lagret i brannområdet, ved å følge veier hvor det var mest sannsynlig at tømmeret lå. Tømmerlunnene ble merket i kartet ved hjelp av verktøyet "sett inn tekst".

Målestokk og forklaringsvariabler ble lagt inn i kartlaget ved å velge "Layout View". Alle aktuelle kartlag i ArcMap ble eksportert til bildebehandlingsprogrammene (Paint og Microsoft Office 2010) hvor de ble redigert, før de ble kopiert til Word.

2.6. Excel, Minitab og JMP

Alle data ble etter registrering overført fra GPS-en til GPS-programmet MapSource (Garmin, Kansas). Fra MapSource ble registreringsnavn på hver enkelt observasjon, dato, posisjon, høyde, og alder på skuddene (nye eller gamle) overført til Microsoft Excel. Verktøyet tekst til kolonne ble benyttet for å få koordinatene i to kolonner. Antall registrerte skudd under andre del av feltarbeidet ble ganget opp med 4 for å få det uttrykt som antall skudd per m^2 . Det ble beregnet et gjennomsnitt for de 3-10 registreringene per registreringssted og dette gjennomsnittet ble brukt i alle analysene og i alle kartpresentasjonene. Det ble utført en ikke-lineær regresjon i Excel som er en form for regresjonsanalyse der registreringsdata er modellert fra en funksjon, som en lineær kombinasjon av modellparametre som avhenger av en eller flere uavhengige variabler. Dette ble utført for både nye, gamle og totale furuskudd, med antall skudd som y-variabel og avstand til brannområdet som x-variabel. Registreringene inne i brannområdet ble kodet med avstand 0 meter. I Minitab (Minitab, Coventry) ble det utført utregning med verktøyet "individual value plot" for å identifisere mulige avvikende verdier. Disse tallene ble videre importert til statistikkprogrammet JMP (SAS Institute, Cary, North Carolina) for statistiske bergninger innen enveis variansanalyse hvor man analyserer variasjon mellom grupper i forhold til en forklaringsparameter. Registreringene ble gruppert etter avstand til brannområdet, med avstandsintervallene 0, 1-200, 201-600, 601-1 200, 1 201-4 000 og 4 001-12 000 med 9-26 målinger per intervall. "Wilcoxon/Kruskal-Wallis test" er

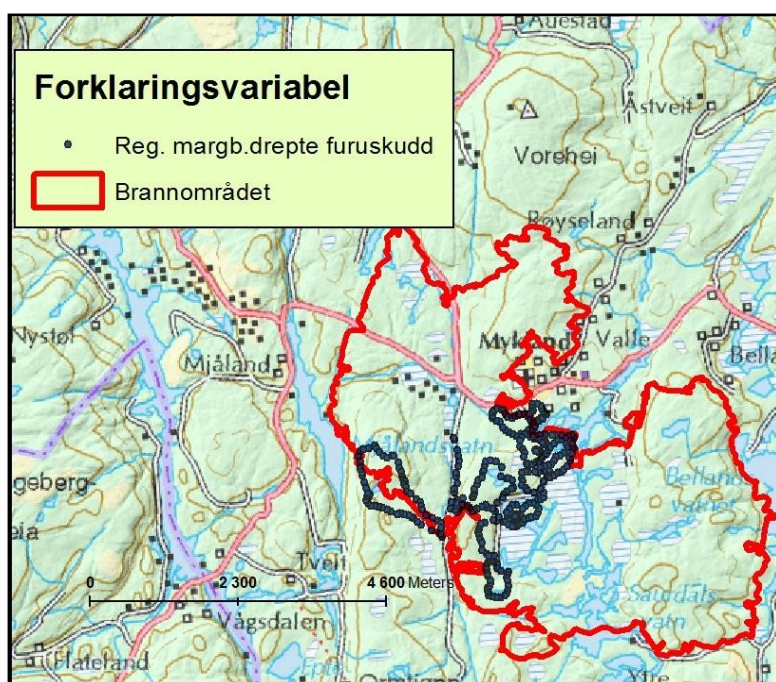
en parametrisk test som ble benyttet for å sammenligne to sammenslåtte grupper hvor testen beregnet forskjellen mellom hvert sett og analyserte disse forskjellene. Det ble også utført en "Dunn with control for joint ranks" hvor testen utfører en sammenligning av hvert par mot avstand 0, hvor testen beregner rangeringen av alle data og ikke bare sammenligner parene.

3.0 Resultat

I resultatdelen vil jeg først presentere dataene fra arbeidet i mai, deretter kommer kartpresentasjon over skuddtellingene fra i høst, videre kommer statistiske analyser, og til slutt data fra frøfellene og kart over tømmerlunnene. Margborerdrepte furuskudd ble registrert innenfor et område på totalt 134 610 dekar. Med to buffersoner på 1 800 og 7 100 meter rundt brannområdet får vi et totalt berørt areal på henholdsvis 81 000 og 340 000 dekar. De fleste skuddtellingene er gjennomsnitt av flere (fire/fem) registreringer, men sydover hvor registreringene ble foretatt med noe lengre avstand er det ikke regnet ut noe gjennomsnitt. Totalt ble det regnet ut 96 gjennomsnittsregistreringer. Gjennomsnittlig antall margborerdrepte furuskudd for hele studieområdet var på 2 skudd per m², hvorav nye skudd utgjorde 0,5 per m² og gamle skudd 1,5 per m². Det er fokusert ekstra på margborerdrepte furuskudd syd og vestover da det er her vi har mest data. Det var en klar trend til at de fleste margborerdrepte furuskuddene avtok med økende avstand til brannområdet. Statistiske beregninger viser at gjennomsnittlig skuddantall er forskjellig nærmest og lengst fra brannområdet. Resultatene er videre framstilt ved hjelp av ArcMap.

3.1. Registrering av margborerskudd i mai

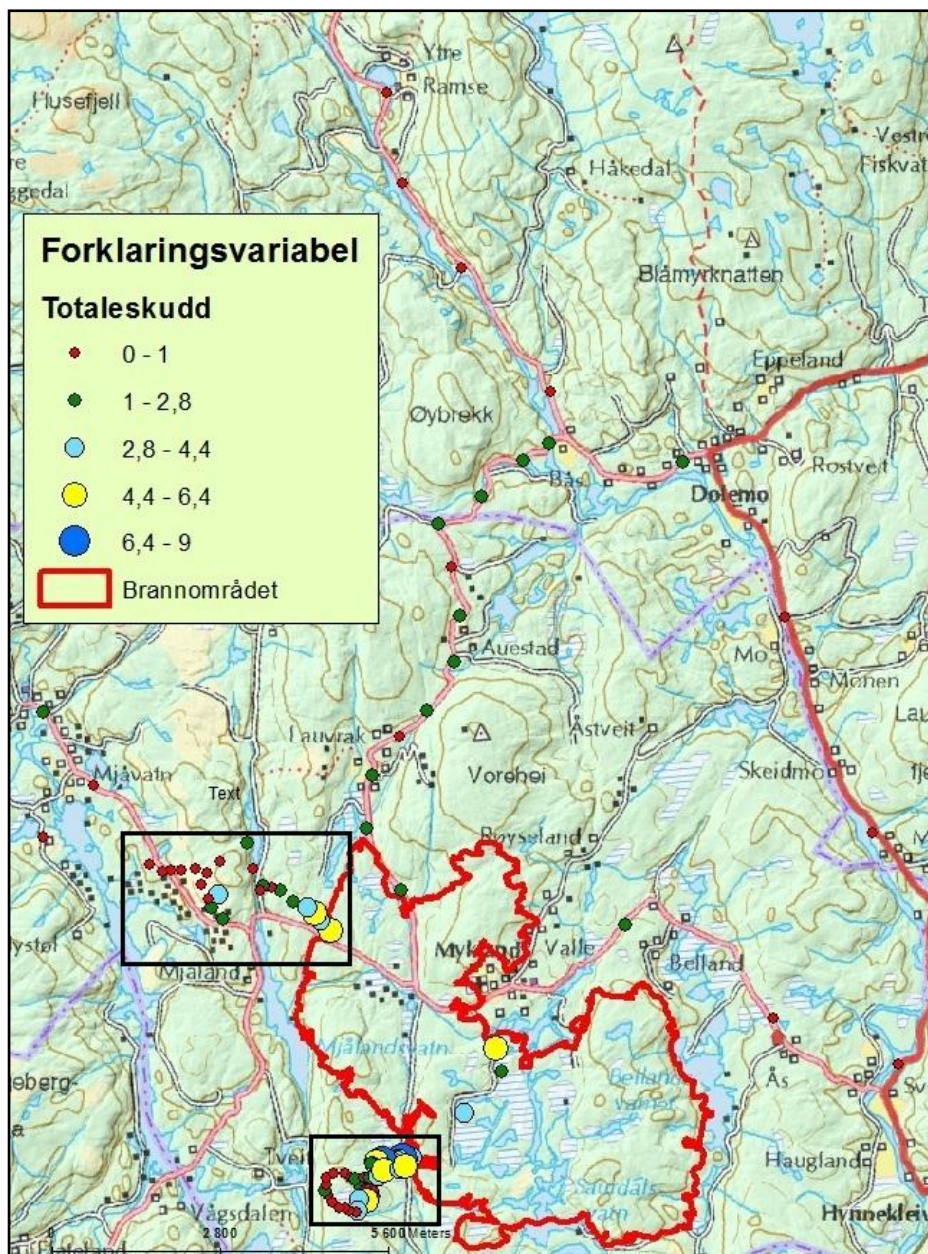
I starten av feltarbeidet ble totalt 396 punkter registrert i mai, de fleste lå i brannområdet og i verneområdet Jurdalsknuten (figur 12). Resultatene var i første omgang en lokalisering av margborerskader etter brannen, samt en øvelse i å kjenne igjen furuskudd som var drept av margborere og kalibrering av feltmetodikk.



Figur 12. Registrering av margborerdrepte furuskudd.

3.2. Antall margborerskudd synker med avstand fra brannområdet

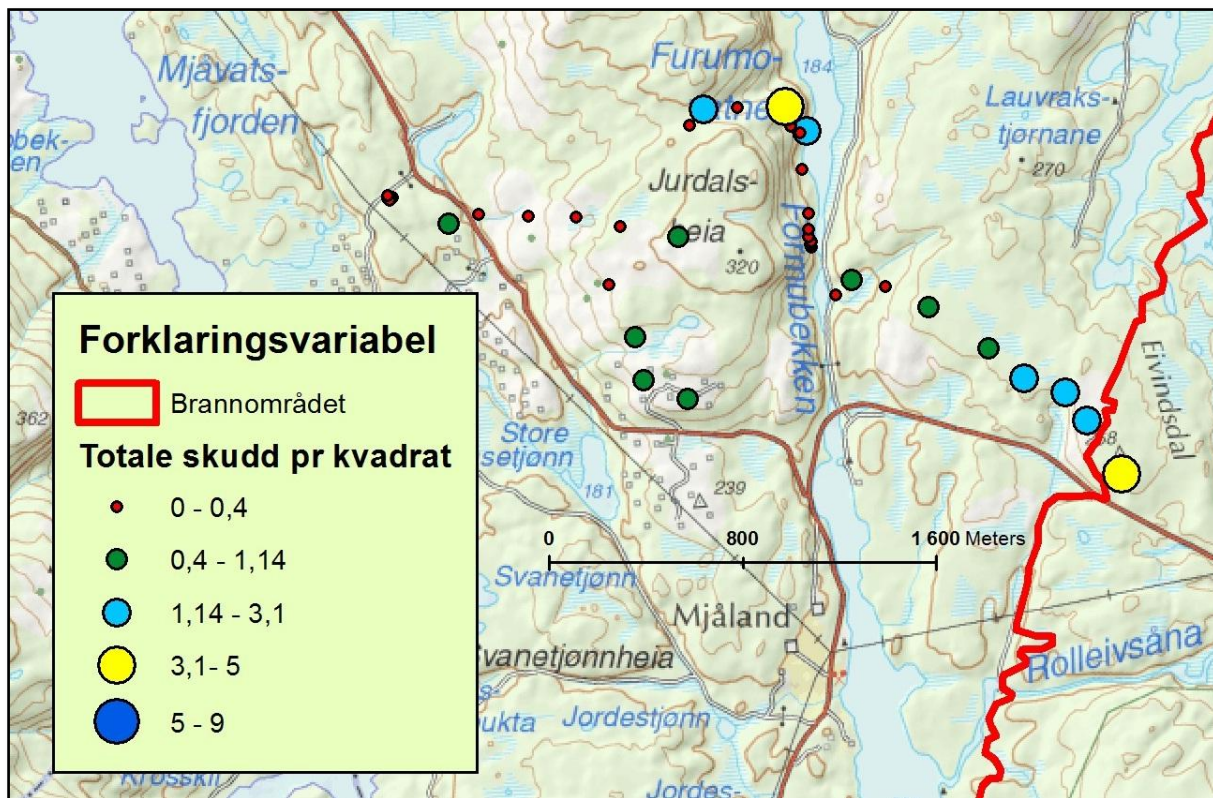
Dataene fra hele området viser at vi finner desidert flest skudd nærmest brannområdet. Antall margborerdrepte furuskudd er avtagende i alle retninger ut fra brannområdet (figur 13).



Figur 13. Studieområdet med symboler for gjennomsnittlig margborerdrepte furuskudd (registreringene syd og vestover er merket med svarte rektangler og presenteres i mer detalj i figur 14-15).

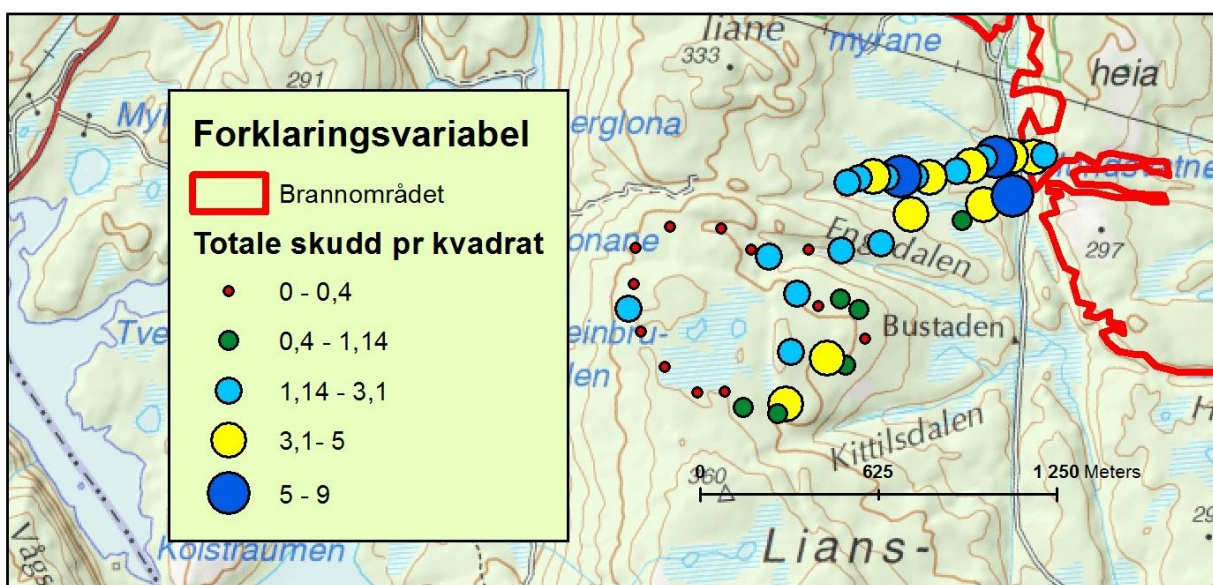
3.3. Utsnitt av områdene vest og sydover

Vestover fra brannområdet var antall margborerdrepte skudd høyt de første 200 meterne utenfor brannområdet, med opptil 5 skudd per m^2 (figur 14).



Figur 14. Utsnitt av spredningen av margborerdrepte furuskudd mot vest.

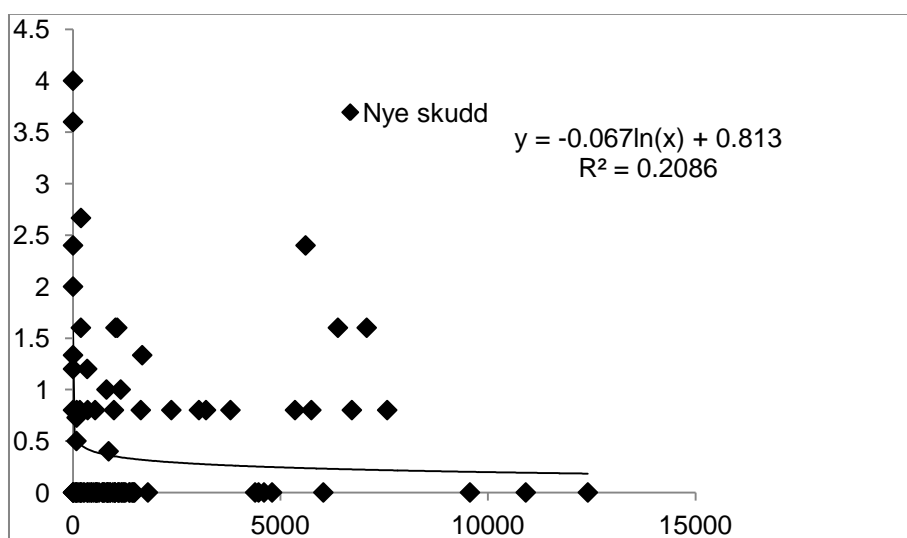
Sydover fra brannområdet var antall margborerdrepte furuskudd klart høyest de første 800 meterne, med opptil 9 margborerdrepte furuskudd per m^2 (figur 15).



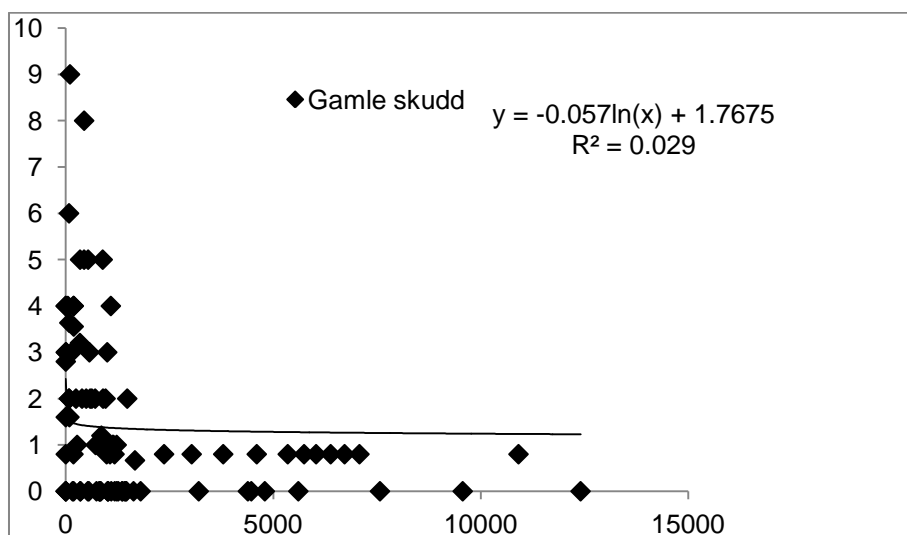
Figur 15. Utsnitt av spredningen av margborerdrepte furuskudd mot syd.

3.4. Antall skudd i ulike avstander fra brannområdet

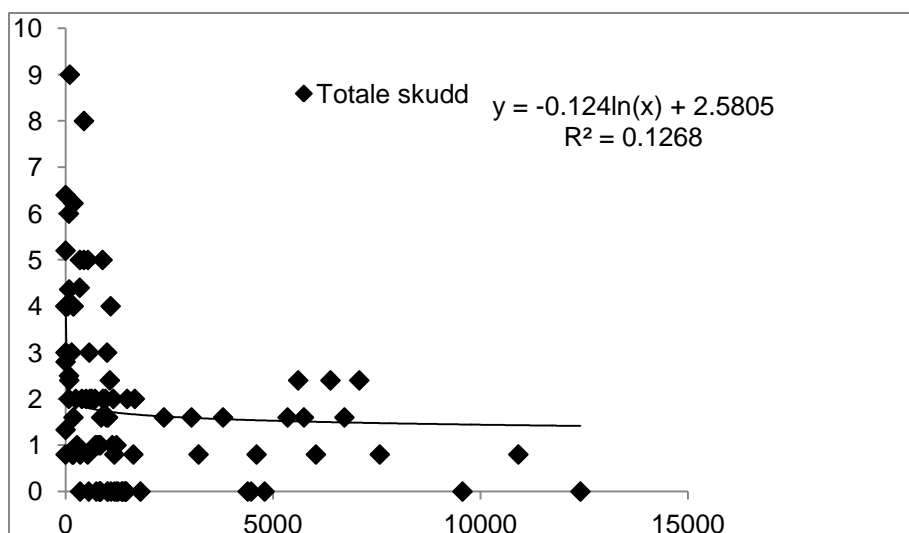
Antall margborerskudd på bakken sank med økende avstand til brannområdet, både for nye skudd, gamle skudd og totalt skuddantall. Nye skudd viste den beste R^2 verdien med 0,2086. For gamle og totale skudd var R^2 verdien på henholdsvis 0,029 og 0,1268. Alle kurvetilpasningene viste en svak negativ trend av antall skudd i forhold avstand til brannområdet.



Figur 16. Kurvetilpasning for nye skudd med tilhørende ligninger og R^2 verdier.

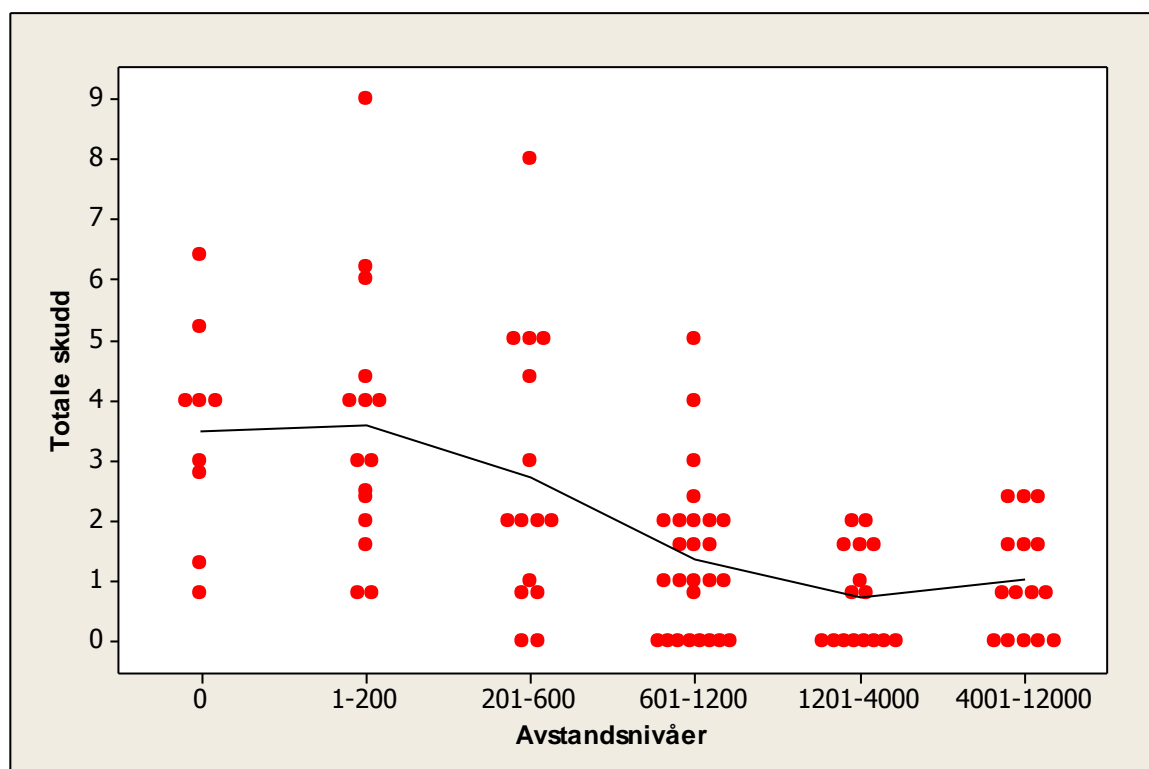


Figur 17. Kurvetilpasning for gamle skudd med tilhørende ligninger og R^2 verdier.



Figur 18. Kurvetilpasning for totale skudd med tilhørende ligninger og R^2 verdier.

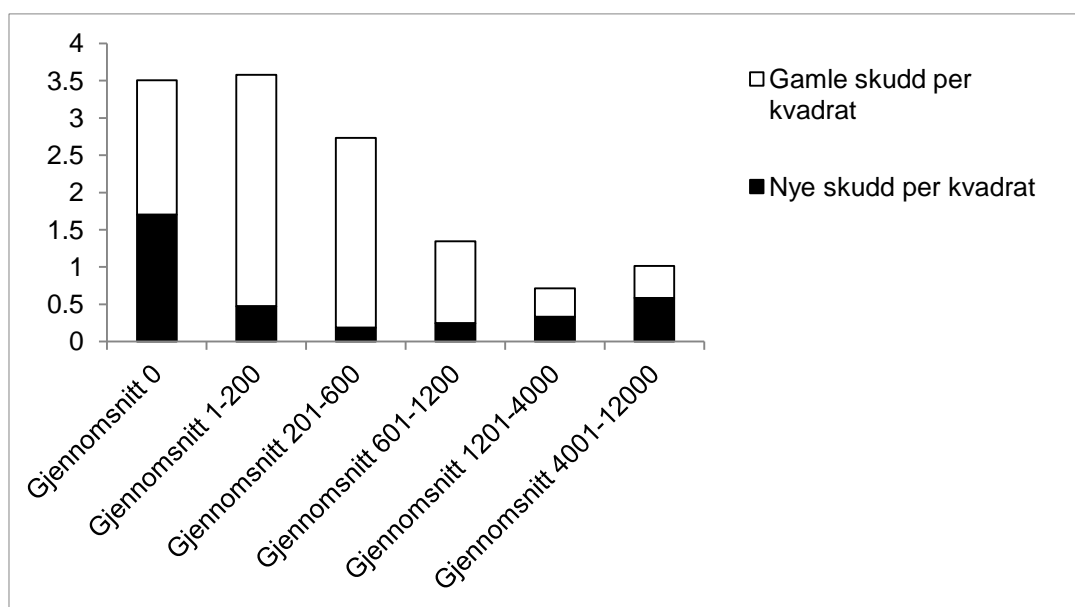
Totalt antall skudd er høyest innenfor brannflata og de første 200 meterne utenfor brannområdet. Deretter avtar antall skudd fra 200-1 200 meter for så å flate ut. Antall 0-verdier øker sterkt ved avstander > 600 meter (figur 19).



Figur 19. Individuelle verdiploTT for gjennomsnittsoBservasjonene i området.

3.5. Søylediagram over gamle og nye margborerskudd

Registreringene ble gruppert etter avstand til brannområdet for å kunne sammenligne avstander ved hjelp av en ”Wilcoxon/Kruskal-Wallis” test. Det var flere gamle enn nye skudd i avstander fra 0-1 200 meter til brannområdet. Etter 1 200 meter er andelen med nye skudd høyere. Andelen gamle skudd har en reduksjon etter 600 meter, mens andelen nye skudd øker etter 600 meter (figur 20).



Figur 20. Gjennomsnittsverdier for nye og gamle furuskudd med forskjellig avstand til brannområdet.

3.6. Statistiske beregninger i JMP

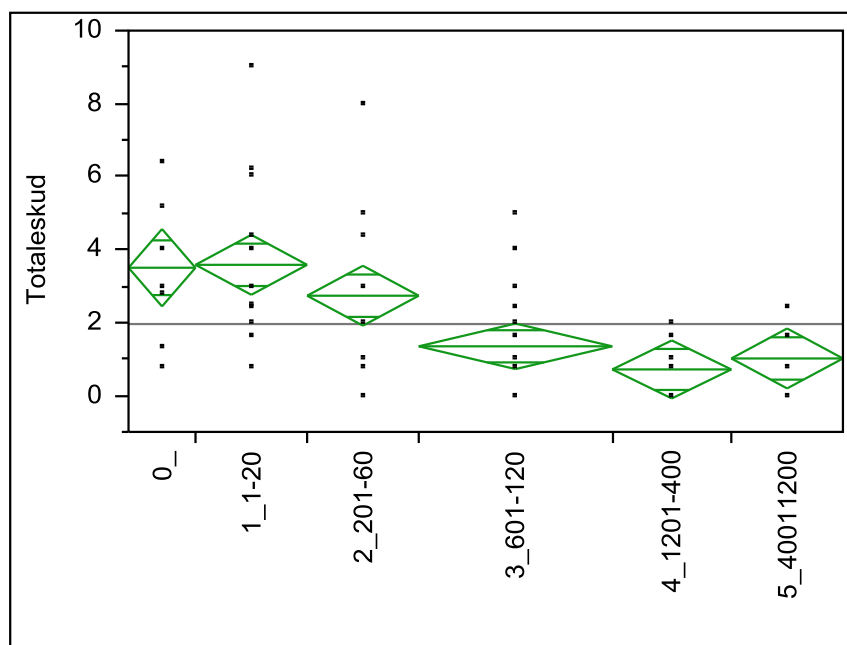
Wilcoxon testen ble benyttet for å sammenligne to sammenslåtte grupper hvor testen beregnet forskjellen mellom vært sett og analyserte disse forskjellene. Testens forventede resultat er lavere for avstander fra 0-600 meter enn det faktiske resultat. Fra avstander over 601 meter er testens forventede resultat høyere enn det faktiske resultat (tabell 2).

Tabell 2. Wilcoxon test av skuddverdien sammenlignet med forskjellige avstander.

Wilcoxon / Kruskal-Wallis Tests (Rank Sums)					
Level	Count	Score Sum	Expected Score	Score Mean	(Mean-Mean0)/Std0
0_0	9	647.500	436.500	71.9444	2.673
1_1-200	15	1065.50	727.500	71.0333	3.440
2_201-600	15	881.000	727.500	58.7333	1.559
3_601-1200	26	1076.00	1261.00	41.3846	-1.536
4_1201-4000	16	458.500	776.000	28.6563	-3.148
5_4001-12000	15	527.500	727.500	35.1667	-2.033

1-way Test, ChiSquare Approximation		
ChiSquare	DF	Prob>ChiSq
32.1022	5	<.0001*

Antall margborerskudd på bakken i de to første avstandskategoriene utenfor brannområdet (1-600 m) var ikke signifikant forskjellig fra antallet innenfor brannområdet. Derimot var antall skudd i brannområdet signifikant høyere enn for alle de tre avstandskategoriene 601-12 000 m unna brannområdet (figur 21).



Figur 21. Graf som viser totalskudd på y-aksen og avstander til brannområdet på x-aksen. De grønne boksene representerer forskjellene mellom de ulike avstandskategoriene.

Testen ”Dunn with control for joint ranks” viser at det ikke er noe en forskjell mellom avstander fra 0-1 200. Når avstandene kommer over 1 200 meter får vi forskjell mellom avstandene (tabell 3).

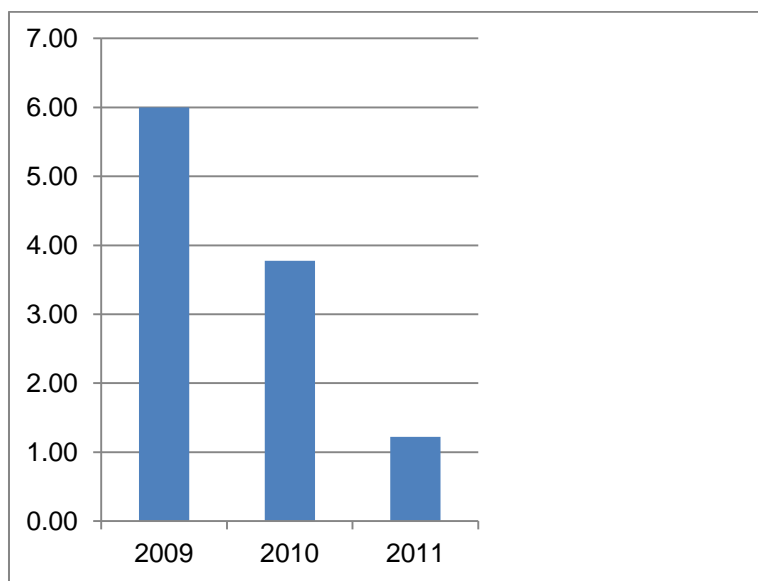
Tabell 3. Dunn with control for joint ranks som statistikk viser forskjellene mellom avstandsnivåene.

Nonparametric Comparisons With Control Using Dunn Method For Joint Ranking

Control Group = 0_0

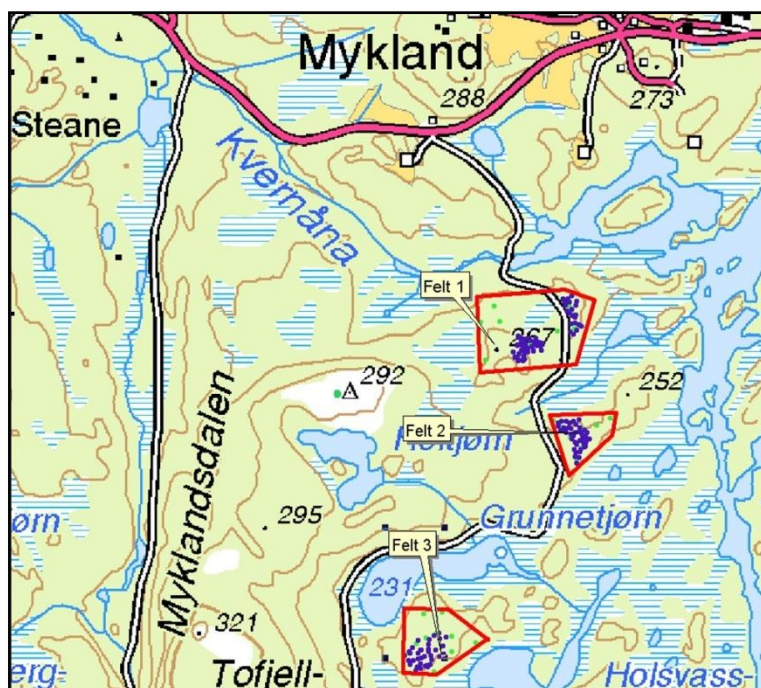
Level	- Level	Score Mean Difference	Std Err Dif	Z	p-Value
1_1-200	0_0	-0.8222	11.62840	-0.07071	1.0000
2_201-600	0_0	-13.1222	11.62840	-1.12846	1.0000
3_601-1200	0_0	-30.4850	10.66614	-2.85811	0.0213*
5_4001-12000	0_0	-36.6889	11.62840	-3.15511	0.0080*
4_1201-4000	0_0	-43.2014	11.49132	-3.75948	0.0009*

3.7. Frøfellene



Figur 22. Gjennomsnittlig frøantall per år.

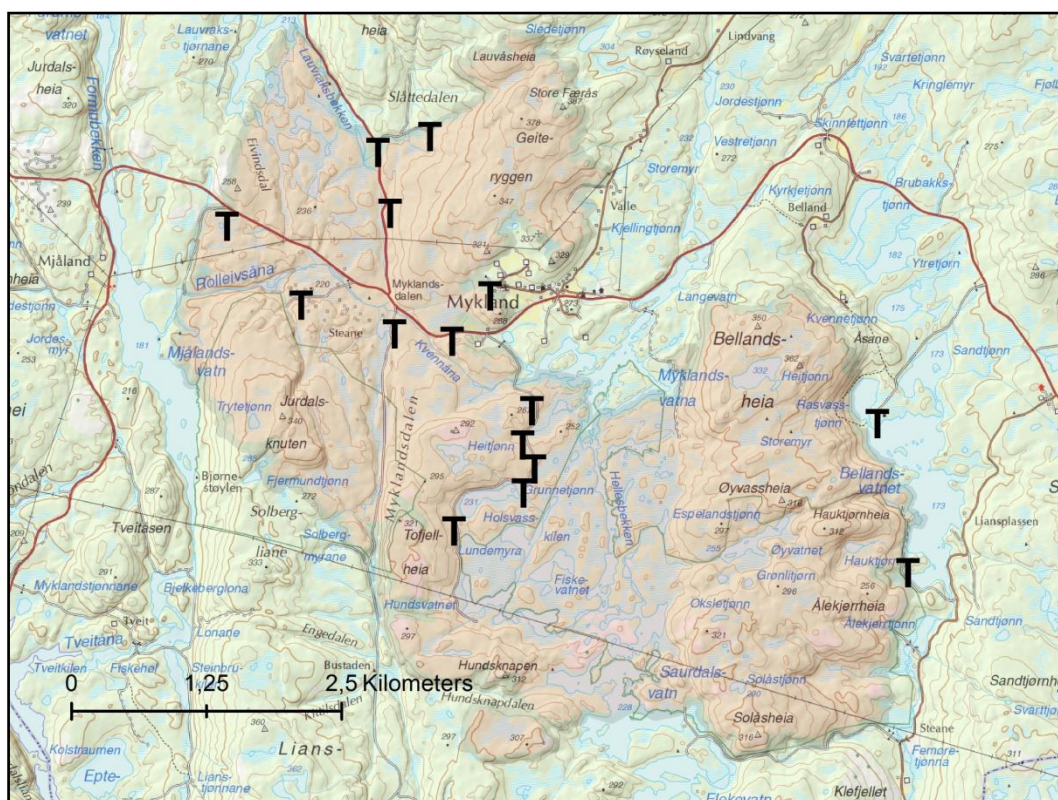
Skog og landskap har plassert ut frøfeller i forsøksområdet (figur 23) og i disse fellene kan man observere en klar negativ trend når det gjelder frøantall. Fra å ligge på gjennomsnittlig 6 frø per felle i 2009 har det gått ned til 1,2 frø per felle i 2011 (figur 22).



Figur 23. Kart over området med forsøksfelt (røde linjer), forsøkstrær (blå prikker) og frøfellene (grønne prikker) (hentet fra Skog og Landskap).

3.8. Gjenliggende tømmerlunner

Totalt fant vi 15 tømmerlunner på flyfoto over området (figur 24). Nøyaktigheten av dette kan diskuteres, da er fort gjort å overse noen. Poenget var heller å se at det lå mye tømmer tilgjengelig, som margboreren kan ha hatt mulighet til å utnytte seg av om det ikke ble tatt ut i tide. Dette er dog tvilsomt at den kan ha benyttet tømmerlunnene det første året siden svermingen starter rundt april/ mai, og det brant fra 9. juni til 14.juni. Det meste av tømmeret ble antagelig kjørt ut ganske raskt, men selv når vi var på feltarbeid 3 år etter brannen lå det fortsatt tømmerlunner igjen rundt brannområdet.



Figur 24. Kart over området med merkede tømmerlegger (merket med T).



Figur 25. Bilde av tømmerlunne som lå i brannområdet i 2011, 3 år etter brannen (foto: Peder Magnussen).

4. Diskusjon

4.1. Bakgrunn

En oppblomstring av en større margborerpopulasjon er som nevnt tidligere i oppgaven avhengig av egnet ynglemateriale. Ofte er det etter større kalamiteter at ekspansjon av margboreren forekommer. Naturlige forstyrrelser som for eksempel skogbrann, stormer og insektskader kan skape gunstige forhold for margborere som kan føre til skade på furuskudd i omkringliggende steder (Ehnström et al. 1995; Annila et al. 1999; Långström et al. 1999; Långström et al. 2001; Cedervind et al. 2003). Det må ikke nødvendigvis være større forstyrrelser til før å få en oppblomstring av margborere. Tømmerterminaler som ligger i nærheten av skogen, eventuelt der hvor det får ligge igjen egnet ynglemateriale til margboreren, kan bidra til å spre dette skadeinsektet.

Det som begrenser margboreren er mengden tilgjengelig ynglemateriale som skadede furutrær. Intraspesifikk konkurranse er derfor den viktigste årsaken til dødeligheten når det er knapphet av egnet materiale til yngling (Saarenmaa 1983). Intraspesifikk konkurranse forklarer dermed trolig en stor del av variasjonene i reprodusjon hos margboreren (Cedervind et al. 2003). Men naturlige fiender som smalbiller (*Monotomidae*) og maurbiller (*Cleridae*) (Schroeder 1999) kan også bidra til en nedgang i reprodusjon (Cedervind et al. 2003).

4.2. Brann

Ved skogbranner dannes det mye dødt og døende materiale (Vestmoen 2011) som er gunstig for en rekke insekter, deriblant margborer. Den store margboreren er veldig vanlig i brente trær i det nordligste Sverige (Ehnström 1977a; Ehnström 1977b). Intensiteten av skogbranner er kjent for å variere mye (Lehtonen 1997) og innvirkning på barkbillepopulasjonene er sannsynligvis avhengig i hvilken grad trærne blir skadet av brannen (Martikainen et al. 2006). Långström et al. (1999) observerte at koloniseringen av margborer var vellykket i trær som hadde mindre enn 25 % intakt barmasse. I brannskadete trær med ca. 40 % barmasse mislyktes koloniseringen og trær som hadde mer enn 50 % barmasse ble ikke angrepet i det hele tatt. Spanske undersøkelser fra 1997 og våren 98 så på kolonisering av tolvtannet barkbille (*Ips sexdentatus*) og stor margborer i furuskog bestående av strandfuru (*Pinus pinaster* Ait.) og svartfuru (*Pinus nigra* Arn.) etter en skogbrann. Undersøkelsen fant ut at stor

margboreren var den første arten til å kolonisere furuene i det ene området. Forsøkstrærne var delt i to grupper etter hvor skadet de var. I det andre året av undersøkelsen var nesten alle de litt skadede trærne friske mens alle de trærne som var hardt skadet av brannen døde av barkebilleangrepene. I 1998 var det ingen tegn til spredning av barkebiller fra den brente skogen til den nærmeste furuskogen (Fernandez & Salgado Costas 1999). Ehnström et al. (1995) fant i undersøkelser fra Sverige i 1992 ut noe lignende som i den spanske undersøkelsen. Den store margboreren var også her den vanligste koloniserer i furutrærne, man fant den i alle forsøksområdene, men bare i 1/3 av trærne. Grunnen til at ikke alle trærne var angrepet skyldes at noen av dem var så forbrente at billene ikke kunne legge egg i dem fordi innerbarken var ødelagt av brannen. Den andre grunnen var at noen av trærne fortsatt var resistente mot billeangrep. I undersøkelsen ble det konkludert med at det var liten bekymring for barkebilleutbrudd fra brent skog, fordi mange av trærne var uegnet for billene. Men videre inspeksjoner i 1994 viste at situasjonen ennå ikke var stabilisert og trær med svekket styrke kan være tilgjengelige for billeangrep i flere år etter en brann. Långström et al. (1999) fant også ut at margborerangrep økte fra det første til andre året, og falt igjen i tredje. Mange nye biller ble produsert de to første årene, men produksjonen var lav det tredje året. I undersøkelsen til Martikainen et al. (2006) økte bestanden av margborer litt fram til tre år etter brannen. Dette skyldes antagelig at mange trær var berørt av brannen, samt en del vindfall i brannområdet. Konklusjonen i undersøkelsen til Martikainen et al. (2006) var at en økt død ved andel i furudominert skog, vanligvis ikke fører til betydelige tap av biologisk mangfold som følge av margborere, særlig dersom den døde veden er opprettet etter svermingen til margboreren.

Når det gjelder disse undersøkelsene sammenlignet med data fra denne undersøkelsen skiller det seg når det gjelder varighet. Mens utviklingen av margborere har avtatt kraftig etter to år i de fleste andre undersøkelsene, ble det observert vedvarende margborerskader i denne undersøkelsen tre år etter brannen. Det mangler dog datainnsamling fra de to første årene etter brannen, men det er grunn til å tro at margborerforekomsten har vært vel så høy som nå, tre år etterpå. Årsaken til dette kan være at omfanget av brannen i Froland er av en annen størrelsesorden enn skogbrannene i tidligere nevnte artikler. Her varierte størrelsene fra 70-15 000 dekar med flere områder i hver undersøkelse. Brannområdet i Froland var som kjent på 27 000 dekar. Med et så stort berørt området gir det grunn til å tro at det har vært mye egnet ynglemateriale for margboreren. Som Koksvik (1994) påpeker i sin undersøkelse om margborer og vindfelt furuskog kan det være at det var en liten billepopulasjon i området før

brannen som var klar til å utnytte det tilgjengelige ynglemateriale som ble skapt av brannen. Det kan igjen bety at det var opprinnelig etter første og andre året etter brannen at margborerpopulasjonen virkelig ekspanderte.

4.3. Vind

Koksvik (1994) registrerte margborerangrep på furu etter orkanen på Sunnmøre i 1992. Året etter vindfellingene 1992 ble ca. 18 % av vindfallene angrepet av stor margborer. Andre året etter var angrepene oppe i overkant av 70 %. Grunnen til at angrepsprosenten var under 20 % det første året var trolig at det var en lav billepopulasjon som var klar til å utnytte den store mengden med tilgjengelig ynglemateriale, eller at klimatiske forhold som temperatur og fuktighet begrenset skadeomfanget. Vindfallene med minst rotkontakt ble mest angrepet. Martikainen et al. (2006) fant ut noe lignende - området med mye vindskader hadde et mye høyere angrep enn andre steder i studien. Trær som er delvis tatt av vinden kan også utgjøre ynglemateriale for margboreren siden de har svekket røtter etter brannen (Ehnström et al. 1995), på grunnlag av dette er det nærliggende å tro at en del trær har fått forsvaret og røttene vesentlig redusert som følge av skogbrannen. Det vil derfor mest sannsynlig føre til at en del trær har blitt eksponert lettere for vindskader da rotsystemet er svekket.

Etter herjingene til orkanen "Dagmar" i jula 2011 ble en stor del av furutrærne som hadde klart seg i brannområdet tatt av den kraftige vinden (Nygaard pers. med.) Denne orkanen samt andre mindre vindstormer, vil med stor sannsynlighet ha skapt en rekke nye yngleplasser for margboreren i studieområdet. Margboreren er som kjent avhengig av at furutreet er betydelig redusert for at det skal kunne yngle i det.

4.4. Andre skadeinsekter

I Hökensås i Sverige ble det i 1997 sett på utviklingen av margborer etter at furumåler (*Bupalus piniaria*) hadde redusert barmassen på ca 70 000 dekar furuskog. Prøveflater ble lagt ut i terrenget for å undersøke mottakeligheten for angrep av margborere på furutrærne med redusert barmasse. Blant de sekundære skadegjørerne etter furumålerangrepet var margborer den dominerende arten på stammeangrep, 82 % av alle trærne som døde hadde blitt kolonisert av margborer. Billeangrepene skjedde helst på trær som hadde fått barmassen redusert med 90-100 %. Trær som overlevde billeangrepene hadde mer barmasse enn trær som ikke

overlevde. Ett år med alvorlig barmassetap er nok til å gjøre furutrær mottakelige for sekundære skadeinsekter som margborer (Cedervind et al. 2003).

Det er ikke utenkelig at de store mengdene med død og døende ved i brannområdet i Froland vil tiltrekke seg andre skadeinsekter, som igjen kan skade friske trær nok til at margboreren kan benytte dem. Det er dog vanskelig å si noe om eventuelle saker fra andre insekter. Det ble riktignok satt opp insektsfeller i brannområdet, men data fra disse er ikke ferdigstilt.

4.5. Tømmerterminaler og andre potensielle spredningsårsaker

Det er utført en rekke forsøk på margborerskader knyttet til tømmerlagringsplasser i Norden. Først og fremst er det angrepsfrekvensen og spredning som har vært aktuelle temaer. Ved tømmerlagring, tynningsdrift, avstandsregulering osv kan det bli liggende igjen egnet ynglemateriale til margboreren dersom det ikke blir utført tiltak for å forhindre dette. Haagensen (1978) fant ikke margborerangrep utover 1 800 meter fra en tømmerterminal. Høyest frekvens av margborerdrepte furuskudd ble funnet mellom 700 og 900 meter fra tømmerterminalen. På en av takstflatene ble det funnet hele 44,6 skudd per m², noe som er et ekstremt høyt tall (det høyeste tallet som ble funnet i Froland var 28 skudd per m²). Estimert volumtilveksttap i undersøkelsen til Haagensen (1978) var mellom 37 % og 64 % over en 10-årsperiode. I en svensk undersøkelse nær en tømmerterminal fant man margborerangrep som oversteg 100 skudd per m² som det høyeste som noen gang er dokumentert (Långström & Hellqvist 1990).

Fra (figur 24) kan man se at det lå igjen en del tømmerlunner i brannområdet etter brannen. Hvorvidt dette kan ha bidratt til å spre margboreren er uvisst. Men i og med at det lå igjen etter brannen kan det være at det også bidro til øke margborerpopulasjon i området. Det kan og kanskje være at tømmerlunnene tiltrekker seg andre skadeinsekter, som kan skade friske trær, og da blir egnet for margboreren. Det hadde vært interessant om man hadde hatt tall for margborerproduksjon i slike tømmerlunner og i andre trær innenfor brannområdet, men slike data eksisterer dessverre ikke.

4.6. Spredning

Med høyest skuddantall nærmest brannområdet, samt at det er her det er flest skadede furutrær, er det naturlig å tenke seg at det er dette som sentrum for margborerspredningen.

Tross en beskjeden totalverdi av margborerdrepte furuskudd med gjennomsnittlig 2 skudd per m² ble det registrert en enkeltobservasjon av margborerangrep på 4 skudd per m² over 10 km fra brannområdet. Dette er vesentlig høyere enn resultat i noen annen studie, men kan selvsagt skyldes lokalt høy margboreraktivitet uavhengig av brannen. Haagensen (1978) opererte med en normalverdi på 0,4-0,6 drepte furuskudd per m² i normal skjøttet furuskog. Andre studier benytter under ett skudd per m² som en normal situasjon i offentlig skog hvor billene er tilstede, men i et lavt antall (Nilsson 1974; Långström 1979; Elfving & Långström 1980). I prosjektet til Jonmeister (2004) fant han 0,9 margboerdrepte furuskudd per m² på det meste, når de undersøkte utviklingen av et skogbestand som var angrepet av furuas knopp- og greintørkesopp i en velskjøttet furuskog.

Både vest og sydover var spredningen avtagende fra brannområdet og videre utover. Den avtar etter ca en km i sydlig retning. Det går da fra gjennomsnittlig 3,5 margborerdrepte furuskudd per m² i brannområdet til gjennomsnittlig 1,3 skudd per m² mellom 601-1 200 meter fra brannområdet. Noe tilsvarende ble også funnet i linja som går vestover. Her er det flest skudd nærmest brannområdet, før det etter ca 1,5 km flater gradvis ut. Dog kan man stille et spørsmålstegn ved at det forekom registreringer av drepte furuskudd over 1,5 km fra brannområdet når bil ble benyttet til å foreta registreringer i nordlig retning. Det er registrert jevnt med angrep til ca. 7,5 km nord for brannområdet i nordlig retning. Flygeavstander som overstiger et par kilometer er ikke uvanlig siden barkebillene er kjent for å spre seg over store avstander på jakt etter egnet ynglemateriale (Nilssen 1984; Lindelöw & Weslien 1986; Forsse 1989).

4.7. Frøfellene

Fra frøfellene er det en klar negativ trend når det gjelder antall frø. Det er meget sannsynlig at det henger sammen med margborerangrepene i området, men det kan også skyldes at mange trær ble ødelagt av brannen og derfor produserte lite kongler. Det kan også være at frøforsyningen var høy i 2009 fordi furuene slapp frø som var produsert før brannen. Om ikke antall margborerdrepte furuskudd per m² er høy sammenlignet med andre studier er det tydelig at det har skjedd noe i området. Både distansen på spredningene og dataene fra frøfellene indikerer at margborerpopulasjonen har påvirket furuskogen. En mulig forklaring er de enorme områdene som er blitt berørt av brannen. Det har altså vært mye tilgjengelig ynglemateriale samt at det kraftige vindværet som har herjet har økt andelen av egnet materiale i form av vindfall.

4.8. Økonomi/tilveksttap

Tilveksttap forårsaket av margborer kan bli betydelig dersom mengden av disse artene øker med antall døde furutrær, men det mangler studier til å bevise dette (Martikainen et al. 2006). I 1973 utgjorde tapet av margborer 2,1-5,9 millioner kubikkmeter i Sverige, som igjen betyr et tap på 9-27 % av tilveksten til furu (Nilsson 1976). Undersøkelsen til Haagensen (1978) indikerte et tilveksttap på 40-60 %.

Det er vanskelig å si noe konkret om hvor mye et tilveksttap forårsaket av margborer utgjør i kroner og øre. Det blir styrt av veldig mange faktorer som: areal av berørt området, bonitet, hogstklasse, alder, m^3 /dekar, årlig tilvekst, hogstmodenhetsalder, hogstkostnader, tømmerpriser, realrente, årlig tilveksttap forårsaket av margboreren, osv. Det er alt for mange komponenter til at noe nøyaktig utregning lar seg gjøre. Men om man forenkler det litt og tar bort en del komponenter kan man få noen tall ut av det. I brannområdet er gjennomsnittboniteten F11 og fra produksjonstabellen til furu (etter Braastad) er den årlige produksjonsevnen på en F11 $0,35 m^3$ /da/år. Tenker man seg to eksempler hvor tilveksttapet av margborer utgjør henholdsvis 10 og 50 %. Hvor arealet av berørt området er på 100 dekar over en periode på 3 år. Da får man et tap på 10,5 og $52,5 m^3$ /100 dekar for henholdsvis 10 og 50 % tilveksttap. Med buffersoner på 1 800 og 7 100 meter rundt brannområdet hvor vi har den siste registreringen av 1-2,8 og 2,8-4,4 margborerdrept furuskudd per m^2 , og tenker oss at den totale spredningen er like stor i alle himmelretninger får vi arealer på 81 000 og 340 000 dekar som potensielt kan være berørt av margborer. Fra eksempelet ser vi at tilveksttapet kan bli betydelig dersom angrepsfrekvensen er stor i et område. Det er derfor ikke utenkelig at margborerskadene kan ha berørt flere grunneiere som ligger nærme brannområdet. Hvorvidt disse burde fått en form for erstatning er vel absolutt noe som burde vært diskutert når man ser på regneeksempelet over. Det forutsetter selvsagt at tallene er reelle, noe de fort ikke trenger å være da det er mange faktorer som kan spille inn på om omkringliggende skog har vært utsatt for margborerangrep.

4.9. Feilkilder

Etter at arbeidet med oppgaven er godt i gang kom det opp flere ting som kunne vært gjort annerledes. De første registreringene over margborerdrepte furuskudd i mai ga liten informasjon, selv om det var fin trening i å kjenne igjen margborerdrepte furuskudd. Det hadde vært mer interessant og nyttig og utført registreringer av antall margborerdrepte furuskudd tidligere. De registreringene vi utførte burde også vært utført mer systematisk, ved for eksempel å registrere et fast antall med punkter på hvert sted før det ble gått videre osv.

Det hadde også vært fordelaktig og sett på furubarken for å kunne anslå hvor stor populasjonen av margborer var i studieområdet ved å telle morgangene til margboreren.

5. Konklusjon

Tross beskjedent datamateriale indikerer resultatene fra denne studien at det er liten tvil om at det har forekommet en økning av margborer etter skogbrannen. Det henger med all sannsynlighet sammen med tilgangen til egnet materiale for margboreren.

Om tilveksttapet viser seg å stemme med tidligere undersøkelser kan det ha fått konsekvenser fra de grunneierne som ligger i nærheten av verneområdene. Terskelverdien som ble funnet for totale skudd var 600 meter og lengste avstand med høyere verdier enn hva som er normalt ble funnet 7,1 kilometer fra brannområdet. Spredningen av margborer bør fortsatt overvåkes da det er sannsynlig at arten fortsatt kan forekomme i området siden orkaner i jula 2012 skapte mer egent ynglemateriale.

6. Litteraturliste

- Annala, E., Långström, B., Varama, M., Hiukka, R. & Niemelä, P. (1999). Susceptibility of defoliated Scots pine to spontaneous and induced attack by *Tomicus piniperda* and *Tomicus minor*. *Silva Fennica*, 33: 93-106.
- Bakke, A. (1961). *Skogsinsekter: skadeinsekter på skogen i Norge*. Oslo: Aschehoug. 166 s.
- Bakke, A. (1968). *Ecological studies on bark beetles (Coleoptera Scolytidae) associated with scots pine (Pinus sylvestris L.) in Norway with particular reference to the influence of temperature*. Meddelelser fra Det norske skogforsøksvesen, b. B. 21, h. 6. Oslo: Vesenet. S. 441-602 s.
- Bakke, A. (1994). *Insekter på skogtrær*. Oslo: Landbruksforlaget. 119 s. s.
- Bleken, E., Mysterud, I. & Mysterud, I. (1997). *Skogbrann og miljøforvaltning: en utredning om skogbrann som økologisk faktor*. Oslo: Direktoratet for brann- og eksplosjonsvern. XXII, 266 s. s.
- Bonan, G. B. & Shugart, H. H. (1989). Environmental factors and ecological processes in boreal forests. *Annual review of ecology and systematics*, 20: 1-28.
- Canada Soil Survey, C. (1987). *The Canadian system of soil classification*. [Ottawa]: Agriculture Canada Expert Committee on Soil Survey. 164 p. s.
- Cedervind, J., Pettersson, M. & Långström, B. (2003). Attack dynamics of the pine shoot beetle, *Tomicus piniperda* (Col.; Scolytinae) in Scots pine stands defoliated by *Bupalus piniaria* (Lep.; Geometridae). *Agricultural and forest entomology*, 5 (3): 253-261.
- DSB. (2008). *Skogbrannberedskap og håndtering av den senere tids skogbranner i Norge*. Oslo. 86 s.
- Ehnström, B. (1977a). Reivoprojektet. Den brända skogens ekologi. Undersökningar över träinsekter 1976. *Rapp. avd. skogsentomologi Skogshögskolan* 4: 1-11.
- Ehnström, B. (1977b). Reivoprojektet. Den brända skogens ekologi. Undersökningar över träinsekter 1977. *Rapp. avd. skogsentomologi Skogshögskolan*, 5: 1-10.
- Ehnström, B., Långström, B. & Hellqvist, C. (1995). Insects in burned forests-forest protection and faunal conservation (preliminary results). *Entomol. Fennica*, 6: 109-117.
- eKlima. (2011). *eKlima - Meteorologisk institutts klimadatabase*. Tilgjengelig fra: http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39049&_dad=portal&_schema=PORTAL (lest 25.01).

- Elfving, B. & Långström, B. (1980). *Kronskadegörelse och tillväxtreaktion efter mårghorreangrepp i ett tallbestånd vid Åsele*: SLU, Inst för skogsskötsel. 1-20 s.
- Fernandez, M. M. & Salgado Costas, J. M. (1999). Susceptibility of fire-damaged pine trees (*Pinus pinaster* and *Pinus nigra*) to attacks by *Ips sexdentatus* and *Tomicus piniperda* (Coleoptera: Scolytidae). *Entomologia generalis*, 24 (2): 105-114.
- Flæte, P. O., Mjåland, O. & Kilde, V. (2011). FOKUS på tre. I: Treteknisk, T. A. o. (red.). Oslo. 8 s.
- Forsse, E. (1989). *Migration in bark beetles with special reference to the spruce bark beetle Ips typographus* Uppsala: Sveriges Lantbruksuniv., Dept. of Plant and Forest Protection.
- Framstad, E., Økland, B., Bendiksen, E., Bakkestuen, V., Blom, H. H. & Brandrud, T. E. (2002). Evaluering av skogvernet i Norge. *NINA Fagrappport 54*: 146 s.
- Framstad, E., Økland, B., Bendiksen, E., Bakkestuen, V., Blom, H. & Brandrud, T. E. (2003). Liste over prioriterte mangler ved skogvernet. *NINA Oppdragsmelding 769*: 9 s.
- Fremstad, E. (1997). *Vegetasjonstyper i Norge*. NINA temahefte, b. 12. Trondheim: Instituttet. 279 s. s.
- Gjærevold, E. (2009). *Livet etter en skogbrann*: Digitale læremidler for videregående opplæring. Tilgjengelig fra: <http://ndla.no/nb/node/9419> (lest 14.04.2012).
- Groven, R. & Niklasson, M. (2005). Anthropogenic impact on past and present fire regimes in a boreal forest landscape of southeastern Norway. *Canadian Journal of Forest Research*, 35 (11): 2719-2726.
- Haagensen, J. A. (1978). *Spredning av mårghorerskader rundt en tømmerterminal*. Ås: Norges landbrukshøgskole. 70 bl. s.
- Hylen, G., Krokene, P., Larsson, J. Y., Solheim, H. & Timmermann, V. (2007). *Skader på skog: en håndbok i identifikasjon av skadegjørere*. Håndbok fra Skog og landskap, b. 07/2007. Ås: Norsk institutt for skog og landskap. 55 s. s.
- Jonmeister, T. (2004). *Brun furu - årsaker og tiltak*. NORSKOG-rapport. 2004-2. Oslo: NORSKOG Norsk skogbruksforening.
- Kimmins, J. P. (2004). *Forest ecology: a foundation for sustainable forest management and environmental ethics in forestry*. Upper Saddle River, N.J.: Prentice Hall. XVIII, 611, 56, 10 s. s.
- Koksvik, L. E. (1994). *Angrep av stor mårghorer (Tomicus piniperda L.) på vindfelt furuskog etter orkanen 1. januar 1992 i Tingvoll kommune, Møre & Romsdal*. Ås: [L.E. Koksvik]. 54 bl. s.

- Larsen, Ø. S. (2008). *Skogbrukslære: skogskjøtsel, utmark, økonomi : lærebok i felles programfag for Vg2 skogbruk*. Oslo: Tun. 310 s. s.
- Lehtonen, H. (1997). *Forest fire history in north Karelia: dendroecological approach*: Faculty of Forestry, University of Joensuu.
- Lindbekk, B. (2000). *Våre skogstrær: i natur, litteratur og tradisjon*. Stavern: Omega forl. 120 s. s.
- Lindelöw, Å. & Weslien, J. (1986). Sex-specific emergence of *Ips typographus* L.(Coleoptera: Scolytidae) and flight behavior in response to pheromone sources following hibernation. *The Canadian Entomologist*, 118 (1): 59-67.
- Långström, B. (1979). Märgborrarnas förökning i röjningsavfall av tall och kronskadegörelse på kvarstående träd. 52.
- Långström, B. & Hellqvist, C. (1990). Spatial distribution of crown damage and growth losses caused by recurrent attacks of pine shoot beetles in pine stands surrounding a pulp mill in southern Sweden. *Journal of Applied Entomology*, 110 (1-5): 261-269.
- Långström, B. & Hellqvist, C. (1993). Induced and spontaneous attacks by pine shoot beetles on young Scots pine trees: tree mortality and beetle performance. *Journal of Applied Entomology*, 115 (1-5): 25-36.
- Långström, B., Hellqvist, C. & Ehnström, B. (1999). Susceptibility of fire-damaged Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) trees to attack by *Tomicus piniperda* *Colloques de l'INRA*: 299-311.
- Långström, B., Annala, E., Hellqvist, C., Varama, M. & Niemelä, P. (2001). Tree mortality, needle biomass recovery and growth losses in Scots pine following defoliation by *Diprion pini* (L.) and subsequent attack by *Tomicus piniperda* (L.). *Scandinavian Journal of Forest Research*, 16 (4): 342-353.
- Martikainen, P., Kouki, J., Heikkala, O., Hyvärinen, E. & Lappalainen, H. (2006). Effects of green tree retention and prescribed burning on the crown damage caused by the pine shoot beetles (*Tomicus spp.*) in pine-dominated timber harvest areas. *Journal of Applied Entomology*, 130 (1): 37-44.
- Moen, A. (1998). red. 1998. Nasjonalatlas for Norge: Vegetasjon: 199 s. *Statens Kartverk, Hønefoss*: 199 s.
- NGU. (2011). *Løsmasser*. Trondheim: Norges geologiske undersøkelse. Tilgjengelig fra: <http://www.ngu.no/kart/losmasse/> (lest 28.02).

- Nilssen, A. C. (1984). *Long-range aerial dispersal of bark beetles and bark weevils (Coleoptera, Scolytidae and Curculionidae) in northern Finland*: Annales Entomologici Fennici 37-42 s.
- Nilsson, S. (1974). *Märghorreskador vid överlagring av tallvirke*: Skogshögskolan, Institutionen för skogsteknik.
- Nilsson, S. (1976). Rationalization of forest operations gives rise to insect attack and increment losses [*Blastophagus piniperda*, *Ips typographus*, bark beetles, Scots pine, *Pinus sylvestris*, Norway spruce, *Picea abies*, Sweden]. *Ambio*, 5.
- Nygaard, P. H. (2002). Skogbrann – en naturlig faktor i skogøkosystemet. *Glimt fra skogforskningen*: 2.
- Nygaard, P. H. & Skoklefeld, S. (2007). Naturlig foryngelse av furu: Skog og landskap 53-56 s.
- Nygaard, P. H., Bratli, H. & Brean, R. (2009). Årsrapport fra prosjektet Myklandbrannen 2009: Skog og landskap. 9 s.
- Saarenmaa, H. (1983). *Modeling the spatial pattern and intraspecific competition in Tomicus piniperda (Coleoptera, Scolytidae)*, b. 188: Communicationes Instituti Forestaliae Fenniae. 1-38 s.
- Samuelsson, H. (2000). *Skogsskadeinsekter på gran och tall*. Jönköping: Skogsstyrelsen. 20 s.
- Schroeder, L. (1999). Population levels and flight phenology of bark beetle predators in stands with and without previous infestations of the bark beetle *Tomicus piniperda*. *Forest ecology and management*, 123 (1): 31-40.
- Sellekvold, T. & Rasch, L. H. (2008). *Kleppa betaler*: NRK. Tilgjengelig fra: <http://www.nrk.no/nyheter/distrikt/sorlandet/1.6016007> (lest 30.03).
- Sigmond, E. M. O., Gustavson, M. & Roberts, D. (1984). *Bedrock Map of Norway—Scale 1: 1 Million*. Trondheim: Geological Survey of Norway.
- Skogbrand. (2009). Årsrapport 2008. Oslo. 30 s.
- Storaunet, K. O., Brandrud, T. E., Rolstad, J. & Rolstad, E. (2008). *Vurdering av verneverdier og skoghistorie i to områder tilbudt for frivillig vern etter skogbrannen i Mykland i juni 2008*. Oppdragsrapport fra Skog og landskap, b. 17/2008. Ås: Norsk institutt for skog og landskap. 49 s. s.
- Svozilik, I. (2008). *Ny brannfront truer flere hytter i Froland*: Fædrelandsvennen. Tilgjengelig fra: http://www.fvn.no/lokalt/aust_agder/Ny-brannfront-truer-flere-hytter-i-Froland-1992679.html#.T3WYJtUooxZ (lest 30.03).

- Toeneiet, M., Rolstad, J. & Storaunet, K. O. (2007). 600 års brannhistorikk i Trillemarka. *Norsk Skogbruk* 53(3):: 20-22.
- Tryterud, E. (2003). Forest fire history in Norway: from fire-disturbed pine forests to fire-free spruce forests. *Ecography*, 26 (2): 161-170.
- Vestmoen, S. M. (2011). *Effects of forest fire on production of down woody debris in Aust-Agder County in Norway*. Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap (UMB). 61 s.
- Vevstad, A. (1986). *Skogbrannvern skogforsikring i Norge 1912-1987*. Kragerø: Skogbrand. 287 s.
- Whelan, R. J. (1995). *The Ecology of fire*. Cambridge: Cambridge University Press. X, 346 s.
- Øyen, B. H. (1998). Skogbrann i Norge de siste 200 år. *Oppdragsrapport fra Norsk institutt for skogforskning*, 8: 1-30.