



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2016 30 stp
Institutt for Naturforvaltning

Råte i gran på Nord-Vestlandet

Root and Butt Rots in Norway Spruce in North-
Western Part of Norway

Andreas Furnes Fjærli
Skogfag

Forord

Denne oppgaven avslutter mitt toårige masterstudium i skogfag ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet. Min hovedveileder, professor Halvor Solheim, kom opp med idéen til oppgaven, og en stor takk går til Halvor for god og stødig veiledning gjennom hele prosessen. En takk går også til seniorforsker Ari Hietala for å ha tatt seg tid til å lese gjennom oppgaven og komme med innspill.

Jeg vil også gi en stor takk til skogbrukssjefene Roger Nedreklepp i Ørsta kommune, Tarald Torshov i Sunndal kommune, Erlend Snøfugl i Halså kommune og Kjell Sverre Strøm i Hemne kommune for å komme med informasjon om aktuelle hogstfelt. En takk går også til berørte grunneiere som gav meg tillatelse til å gjøre undersøkelser på deres eiendom.

Borregaard forskningsfond har gitt bidrag til dekning av reisekostnader. Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO), divisjon for bioteknologi og plantehelse stilte med kontor, laboratorium og nødvendig materiell for å få oppgaven i havn. Takk til forskningstekniker Max Emil Waalberg og senioringeniørene Inger Heldal, Anne Eskild Nilsen og Gro Wollebæk for god opplæring og veiledning i laboratoriearbeidet.

Min morfar, Kjell Furnes, stilte med nødvendig hogstutstyr og var medhjelper under deler av feltarbeidet. Jeg takker så mye for lån, hjelp og sponsing av betydelige mengder med motorsagbensin og kjedeolje.

Sist men ikke minst vil jeg takke øvrige familie, venner og medstudenter som har vært til god støtte gjennom en til tider travel periode.

Andreas Furnes Fjærli

Ås – NMBU, 15. mai 2015

Sammendrag

Grana vokser ikke naturlig på Nord-Vestlandet, men er blitt plantet ut i nyere tid.

Heterobasidion parviporum er den største skadegjøreren av råtesopper i det naturlige utbredelsesområde for gran, men dens opptreden utenfor dette området er lite kjent. På Vestlandet opptrer imidlertid *H. annosum* men dens opptreden og utbredelse nordover er lite kjent. Utgangspunktet for oppgaven er å se om råde forårsaket av *Heterobasidion* spp. og andre råtesopper er et utbredt problem i området. Stormers effekt på rådefrekvensen ble også undersøkt.

Stubber av gran ble undersøkt for råteskader i kommunene Ørsta, Sunndal og Halså i Møre og Romsdal og Hemne i Sør-Trøndelag. To typer hogstfelt ble undersøkt hvor den ene typen hogstfelt ble avvirket etter stormen Dagmar, og det ble gjort undersøkelser i ni felt av denne typen to til tre år etter hogst. I disse prøveflatene hadde det vært råde i 21,7 % av trærne før de ble avvirket (gammel innråde), men det var store forskjeller mellom flatene og fra 0 % til 94,4 % hadde innråde ved hogst. Det var innråde forårsaket av *Heterobasidion* spp. i 8,5 % av stubbene. I 6,9 % av stubbene var det en innråde forårsaket av *Armillaria* spp. Den andre typen hogstfelt ble avvirket i 2015 grunnet hogstmodenhet, og det ble gjort undersøkelser i fem prøveflater av denne typen. Det var en gammel innråde i 17,4 % av stubbene, og det var innråde forårsaket av *Heterobasidion* spp. i 4,1 % av stubbene fra disse flatene. I tillegg ble det funnet to stubber som var blitt infisert med *Heterobasidion* spp. etter hogst. I en stubbe var det *H. annosum* og den andre var det *H. parviporum*. *Armillaria* spp. fantes kun som innråde i disse feltene, og ble funnet i 12,4 % av stubbene.

Det ble gjort funn av *H. annosum* i Halså kommune, og dette er den nordligste registreringen av arten i Norge, muligens også i verden. *Heterobasidion parviporum* ble også funnet i Halså, og dette er første registrerte funn av arten i dette området som ligger utenfor granas naturlige utbredelsesområde. Dette betyr at *H. parviporum* er på vei inn i den planta granskogen på Nord-Vestlandet. *Armillaria* spp. ble funnet i alle kommunene. Det ser ut til at rådefrekvensen for *Heterobasidion* spp. og *Armillaria* spp. var relativt lik i studieområdet. *Cylindrobasidium evolvens*, *Peniophora* spp., *Sistotrema brinkmannii* og *Stereum sanguinolentum* ser også ut å være vanlige råtesopper i studieområdet. Undersøkelsen gav ingen entydige svar på om stormer er med på å øke rådefrekvensen.

Abstract

Norway spruce does not grow naturally in the western part of Norway, but has been planted out in this area in recent times. *Heterobasidion parviporum* are the most damaging decay fungi of Norway spruce in its natural range in Norway, whereas its occurrence outside this area is poorly known. *Heterobasidion annosum* is the only *Heterobasidion* species in the western part of Norway, but the occurrence and spread northwards is poorly understood. The aim for the study was to find out if decay caused by *Heterobasidion* species and other decay fungi was a widespread problem in the North-Western part of Norway. The effect of storms on the frequency of decay was also investigated.

Stumps of Norway spruce were investigated for decay in the municipalities of Ørsta, Halså, Sunndal and Hemne. Two types of logging fields were investigated. The first-type stands had been logged because of injuries caused by the cyclone Dagmar. Data from nine fields of this type were sampled. There had been decay in 21.7 % of the trees before they were harvested (old decay), but there were large differences between the sampling fields (stump decay frequency ranged from 0% to 94.4 %). *Heterobasidion* species occurred only in old decay columns in heartwood in these fields, 8.5 % of the stumps showing such decay caused by these species. Regarding genus *Armillaria*, 6.9 % of the stumps had old decay caused by this species. The second type of logging fields investigated were comprised of undamaged tree stands harvested in 2015, and data were sampled from five sampling fields of this type. There was old decay in 17.4 % of the stumps in these fields. Old decay caused by *Heterobasidion* species occurred in 4.1 % of these stumps. *Heterobasidion* species were also found in two stumps which had been infected after logging; one of these was infected by *H. annosum* and the other by *H. parviporum*. *Armillaria* species were found only in association with old decay in these fields, and it occurred in 12.4 % of the stumps.

Heterobasidion annosum was found in Halså municipality, which is the northernmost record of the species in Norway, possibly even in the world. *Heterobasidion parviporum* was also found in Halså, and this is the first record of the species in the western part of Norway outside the natural range of spruce. *Armillaria* species were found in all municipalities. The decay rate by *Heterobasidion* and *Armillaria* species was relatively similar in the study area. In addition, other decay fungi turned out to be common in the study area. The study gave no clear answers about the potential effect of storms on the frequency of decay.

Innhold

Forord	I
Sammendrag	II
Abstract	III
1. Innledning.....	1
1.1 Formål.....	4
2. Metodikk	5
2.1 Beskrivelse av flatene:	5
2.2 Feltarbeid	6
2.3 Isolering.....	8
2.4 Artsbestemmelse av <i>Heterobasidion</i> spp.	9
2.5 DNA- ekstraksjon.....	9
2.5.1 PCR.....	10
2.5.2 PCR- test	11
2.5.3 Rense PCR-produktet.....	12
2.6 Sekvensering	12
2.6.1 Analyse av sekvenseringer.....	12
2.6.2 Like grupperinger av sekvenser	13
2.7 Værdata.....	13
2.8 Kart.....	13
2.9 Tabeller og frekvenser	13
3. Resultater	14
3.1 Isolering.....	14
3.2 Hogstfelt avvirket etter vindskade av stormen Dagmar	14
3.2.1 Stubber med gammel innrâte.....	14
3.2.2 Råtesopper som er kommet inn etter avvirkning.....	16
3.2.3 Sammenstilte resultater for hogstfelt avvirket etter stormskade	17
3.3 Hogstfelt avvirket i 2015 grunnet hogstmodenhet.....	19
3.3.1 Stubber med gammel innrâte.....	19
3.3.2 Råtesopper som er kommet inn etter avvirkning.....	20
3.3.3 Sammenstilte resultater for hogstfelt avvirket etter stormskade	21
3.4 Vær i avvirkningsperioden	23
4. Diskusjon	26
4.1 Materialets representativitet.....	26
4.2 Feilkilder og svakheter med undersøkelsen	26
4.3 <i>Heterobasidion</i> spp.	27
4.3.1 <i>Heterobasidion annosum</i>	28

4.3.2 <i>Heterobasidion parviporum</i>	29
4.4 <i>Armillaria</i> spp.	29
4.5 Andre Råtesopper	30
4.5.1 <i>Amylostereum areolatum</i>	30
4.5.2 <i>Amylostereum chailletii</i>	30
4.5.3 <i>Cylindrobasidium evolvens</i>	31
4.5.4 <i>Hypholoma capnoides</i>	31
4.5.5 <i>Mycena rubromarginata</i>	31
4.5.6 <i>Peniophora</i> spp.	32
4.5.7 <i>Phlebiopsis gigantea</i>	32
4.5.8 <i>Resinicium bicolor</i>	33
4.5.9 <i>Sistotrema brinkmannii</i>	33
4.5.10 <i>Stereum rugosum</i>	33
4.5.11 <i>Stereum sanguinolentum</i>	34
4.5.12 <i>Trametes versicolor</i>	34
4.6 Gammel innråte	34
5. Konklusjoner	36
6. Referanser	38
6.1 Primærreferanser	38
6.2 Referanser fra websider	42

1. Innledning

Råte er et betydelig problem på gran [*Picea abies* (L.) Karsten] i det norske skogbruket. I det naturlige granskogbeltet er om lag en fjerdedel av alle trærne infisert av råte ved slutthogst (Huse et al. 1994). *Heterobasidion parviporum* er den viktigste råtesoppen, og står for rundt 80 % av all råten i den naturlige granskogen (Solheim et al. 2013). Det naturlige granskogområdet inkluderer Sørlandet, Østlandet, Trøndelag og Nordland opp til Saltfjellet (Kilde 2011). På Vestlandet vokser ikke grana naturlig, men den har blitt plantet ut i nyere tid (Solheim 1996; Øyen & Nygård 2007). I denne landsdelen er det kun *H. annosum* som er blitt påvist av *Heterobasidion* spp. tidligere (Heggertveit 1998; Heggertveit & Solheim 1998; Solheim 1996). Tidligere undersøkelser har vist at frekvensen av råte i granskoger på Vestlandet er vesentlig lavere sammenlignet med granskogene i det naturlige utbredelsesområdet (Heggertveit 1998; Heggertveit & Solheim 1998; Huse et al. 1994).

Korhonen (1978) fant at det var to typer av *Heterobasidion* spp. i Norden, og disse kalte han for S- og P-type. S-typen var vanligst på gran og P-typen var vanligst på furu. I Sentral-Europa har vi også en tredje type, F-typen som preferer edelgran (Korhonen et al. 1998). I nyere tid har typene blitt beskrevet som arter, og P-typen har det gamle vitenskapelige navnet *Heterobasidion annosum*, S-typen har fått navnet *Heterobasidion parviporum* og F-typen har fått navnet *Heterobasidion abietinum* (Niemelä & Korhonen 1998). I Norge finner vi to av de Europeiske artene, *Heterobasidion annosum* og *H. parviporum* (Solheim et al. 2013).

Spredningsmønsteret til *Heterobasidion* spp. deles inn i primærspredning og sekundærspredning. Primærspredningen av *Heterobasidion* spp. skjer ved at basidiesporer infiserer ferske stubbesnitt eller ferske sår på trestammene (Isomäki & Kallio 1974; Rishbeth 1951a). Stubber som står igjen etter en sluttavvirkning kan være en inngangsport for *Heterobasidion* spp. til å etablere seg i et nytt bestand. Sekundærspredningen av *Heterobasidion* spp. skjer ved at soppmycel fra et allerede infisert tre vokser inn i nærliggende trær ved kontakt med røttene nede i bakken (Rishbeth 1951b). Fruktlegemene til *Heterobasidion* spp. er flerårige, og de slipper ut sporer gjennom hele året så lenge temperaturen er over 0 grader celsius (Haraldstad 1961). I godværsperioder på sommeren kan *Heterobasidion* spp. lett etablere seg da den har lite konkurranse med andre sopparter. Fruktlegemene dannes ved basis av angrepne trær eller på røttene, eller også på bulter som

blir liggende igjen. Fruktlegmene varierer en del i form og størrelse, tverrmålene varierer fra 2-20 centimeter. På oversida er fruktlegemet grålig rødbrun, og porelaget på undersiden er lyst gult. Fruktlegemene er veldig like hos *H. annosum* og *H. parviporum*, den eneste forskjellen er at porene er noe mindre hos *H. parviporum* (Niemelä & Korhonen 1998; Solheim 2010).

Det har vært lite med råte i første generasjons granbestand på Vestlandet, og av *Heterobasidion* spp. er det kun *H. annosum* som er blitt påvist i dette området (Heggertveit 1998; Heggertveit & Solheim 1998; Solheim 1996). Grana på Vestlandet begynner nå å bli hogstmoden, og det kan tenkes at frekvensen av råtesopper og særlig *Heterobasidion* spp. vil øke betraktelig i det neste omløpet. Etter hogst kan sporer fra *Heterobasidion* spp. komme inn i et bestand gjennom de ferske stubbesnittene, og på denne måten kan *Heterobasidion* spp. utvikle seg til det verre i det neste omløpet av gran ved sekundærspredningen. Det er også en mulighet for at sporer fra *H. parviporum* kan infisere de ferske stubbeflatesnittene, og dermed kan også *H. parviporum* etter hvert etablere seg på Vestlandet.

Spredningspotensialet hos *Heterobasidion* spp. er stort, og i tidligere forsøk har det blitt samlet inn sporer fra artsslekten både på Shetland og Malta hvor nærmeste spredningskilde er flere hundre kilometer unna (Rishbeth 1959). Selv om sporene kan spres over enorme distanser så kan fjell skape et hinder for sporespredningen. Tidligere undersøkelser antyder at fjella som skiller Vest- og Østlandet kan være en grunn til at det ikke er påvist *H. parviporum* på Vestlandet (Heggertveit 1998). Undersøkelser fra Nordland støtter opp om at fjell kan være til hinder for sporespredning av *Heterobasidion* spp. Det ble funnet mye sporer fra *Heterobasidion* spp. i Rana, men ingen sporer i Saltdal. Dette indikerer at Saltfjellet er en barriere for sporene til *Heterobasidion* spp. (Solheim 1999).

Heterobasidion spp. karakteriseres gjerne som klimavinnere. Klimaforandringene fører til mildere klima og lengre vekstsesong, og dermed vil også perioden med sporespredning fra *Heterobasidion* spp. potensielt kunne øke. Perioden med gode infeksjonsmuligheter på ferske stubbesnittflater blir også økt (Solheim et al. 2013). Aktivitetsnivået hos *Heterobasidion* spp. øker lineært med høyere temperaturer, så varmere klima kan også være med på å øke det årlige aktivitetsnivået *Heterobasidion* spp. (Müller et al. 2014). Denne sammenhengen kan gjøre at *Heterobasidion* spp. blir en enda større skadegjører i fremtiden grunnet et varmere klima. Det kan også forventes økt stormaktivitet, og dette kan bidra til

en ytterligere økt frekvens av rotråte forårsaket av *Heterobasidion* spp. Stormene langs kysten kan opptre til alle tider på året, men det er gjerne på høsten og vinteren de sterkeste stormene oppstår (Alexandersson et al. 1998). Store stormer kan føre til store skader og økonomiske tap ved at de skader eller blåser ned trærne. Indirekte kan også stormene gjøre skade på skogen ved at det er store sjanser for økt frekvens av råte. Trær som ikke blåser overende ved storm kan få skader på røttene ved rotrykking, og dette svekker røttene og letter spredning via rotkontakter. Blåser trærne overende kan sårskader gi en inngangsport for sporene fra *Heterobasidion* spp., og potensialet for infeksjon i neste generasjon øker betraktelig (Solheim et al. 2013). Uttak av stormskadet virke skjer gjerne utover våren og sommeren, og dette er den perioden hvor sporene fra *Heterobasidion* spp. lett kan infisere de ferske stubbesnittene.

Til nå har det vært lite fokus på skogskader forårsaket av *Heterobasidion* spp. og andre råtesopper på Vestlandet, og de undersøkelsene som er gjort i landsdelen viser at det generelt er lite med råteskader i gran (Heggertveit 1998; Heggertveit & Solheim 1998; Huse et al. 1994; Solheim 1996). Allikevel er det sannsynlig at råteproblemene øker på Vestlandet når vi nå går inn i et nytt omløp med gran. Skogeiere på Vestlandet må kanskje i nærmeste fremtid ta flere hensyn for å redusere sjansen for økt frekvens av råteskader. Skogeier har flere metoder han kan ta i bruk for å redusere sjansene for at *Heterobasidion* spp. kommer inn i et bestand. Rett etter at trærne er felt kan vi tilføre stubbene biologiske midler (Rotstop®; sporer fra stor *Phlebiopsis gigantea* eller kjemiske (urea) midler. Begge deler reduserer faren for at sporer fra *Heterobasidion* spp. greier å smitte stubbene (Vasiliauskas et al. 2004).

Heterobasidion spp. er ikke de eneste av råtesoppene som gjør skade på gran i Norge, vi har også en hel rekke med andre skadegjørere. Det er påvist fire arter av *Armillaria* spp. (honningsopper) i Norge, hvor *Armillaria borealis* (Marxm. & Korhonen, 1982) (skoghonningsopp) og *Armillaria cepistipes* (Velen. 1920) (hagehonningsopp) er de to vanligste (Keča & Solheim 2011). Råteskader etter *Armillaria* spp. karakteriseres gjerne med hullråte eller svartråte. *Armillaria* spp. brer seg ikke så raskt i kjerneveden, men den fortærer nesten all lignin og cellulose slik at det meste blir borte og derav navnet hullråte (Solheim 2010). *Stereum sanguinolentum* er den vanligste sårråtesoppen i gran (Solheim 2005).

Infeksjonen av råtesoppen skjer igjennom sår, og den infiserer både nye og eldre sår (Solheim 2010). Det finnes også en hel rekke med andre råtesopper som opptrer i gran.

1.1 Formål

Råteproblematikk er på mange måter upløyd mark på Nord-Vestlandet. Heggertveit (1998) sine undersøkelser i Romsdalsregionen er den eneste detaljerte råteundersøkelsen som er gjort i dette området. Mange hogstfelt på Nord-Vestlandet med hovedtyngde på nordre Nordmøre ble også undersøkt i den landsomfattende råteundersøkelsen til Huse et al. (1994). Dette var en undersøkelse hvor stubber i hogstfelt ble visuelt bedømt av skogeiere eller annet personell i skogbruket. Resultatene fra begge disse undersøkelsene viste at råte fra både *Heterobasidion* spp. og *Armillaria* spp. forekom på Nord-Vestlandet. I løpet av de cirka 20 årene som har gått har det ikke vært gjort noen flere undersøkelser i dette området. Skal vi kunne gi skogeierne råd om hvilke tiltak som må gjøres må vi vite noe om dagens råtesituasjon på Nord-Vestlandet. *Heterobasidion* spp. er tradisjonelt de største skadegjørerne av råtesoppene i norsk granskog (Solheim et al. 2013), og det er viktig å få oversikt over skadefrekvensen og sporenedfallet på Nord-Vestlandet. Det er også et poeng i å kartlegge hvilke arter av *Heterobasidion* spp. som opptrer i dette området. Før det kan forebygges eller gjøres tiltak mot *Heterobasidion* spp. i område må det på forhånd undersøkes hvor stort problem den egentlig er. Også andre råtesopper kan gjøre betydelig skade på gran, som for eksempel *Armillaria* spp., *Stereum sanguinolentum* og andre sårråtesopper (Solheim 2010). Det er interessant å undersøke hvilke råtesopper som opptrer på Nord-Vestlandet, og hvem som er de potensielt største skadegjørerne.

Stormer opptrer hyppig på Nord-Vestlandet, og kan være med på øke frekvensen av råtesopper i gran. Det predikeres at stormer øker frekvensen av råtesopper da stormene gir inngangsporter til råtesoppene i form av sår og rotrykking. Dermed er det grunn til å tro at det er en større frekvens av råtesopper i vindskadde bestand sammenlignet med bestand som er avvirket grunnet hogstmodenhet.

I denne oppgaven blir følgende problemstillinger tatt opp: Er råte forårsaket av *Heterobasidion* spp. et utbredt problem på Nord-Vestlandet, og hvilke arter av *Heterobasidion* spp. opptrer i dette området? Hvilke andre råtesopper har vi i dette området? Vil stormer være med på å øke frekvensen av råteskader?

2. Metodikk

Undersøkelsene ble gjort i kommunene Halså, Sunndal, Ørsta i Møre og Romsdal og Hemne i Sør-Trøndelag. Alle disse kommunene ligger utenfor granas naturlige utbredelsesområde.

Den grana som finnes i området er plantet. Totalt ble det anlagt 14 prøveflater i 12 forskjellige hogstfelt. Tre prøveflater befant seg i Hemne, tre i Halså, fire i Sunndal og fire i Ørsta.

Det ble satt følgende krav til hogstflatene hvor registreringene ble utført:

- 1. Det skal være en kulturskog av gran.
- 2: Bestandet må være avvirket grunnet stormskade eller være avvirket i 2015 som følge av at de er økonomisk hogstmoden.
- 3: Når ble bestandet avvirket (måned og år).

For å finne aktuelle hogstflater ble skogbrukssjefer og andre skogbruksinteresserte i Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag kontaktet.

2.1 Beskrivelse av flatene:

Undersøkelsene ble gjort sommerhalvåret 2015. Det er ni prøveflater som stammer fra granbestander som ble avvirket grunnet stormskader etter Dagmar i julen 2011 (tabell 1; figur 1). De øvrige fem prøveflatene ble avvirket i 2015 fordi de var økonomisk hogstmodne (tabell 2; figur 1). Begge prøveflatene i Rodal, Halså kommune ligger i det samme hogstfeltet.

Tabell 1: *Prøveflatene/flater som ble avvirket grunnet stormskade av stormen Dagmar:*

Flate nr.	Kommune	Sted	UTM koordinater	Avvirket (måned - år)	Prøver tatt
2	Sunndal	Skrondalsøyen i Øksendal	32V Ø465016 N6945885	09 - 2012	30.07.15
3	Ørsta	Velle	32V Ø351714 N6901128	09 og 10 - 2012	06.08.15
4	Ørsta	Ytrehovden	32V Ø346770 N6899222	05 og 06 - 2012	06.08.15
5	Ørsta	Indrehovden	32V Ø347931 N6896811	04 og 05 - 2012	07.08.15
6	Ørsta	Naupadalen	32V Ø353835 N6901560	09 - 2012	07.08.15
7	Sunndal	Bøneset i Øksendal	32V Ø471181 N6955081	04 - 2012	15.08.15
8	Sunndal	Øksendal, Brekklykkjo	32V Ø470733 N6951382	10 - 2012	17.10.15
9	Sunndal	Drøpping	32V Ø478787 N6970835	04 - 2013	20.08.15
14	Hemne	Hovde 2	32V Ø490808 N7006562	2012 *	17.10.15

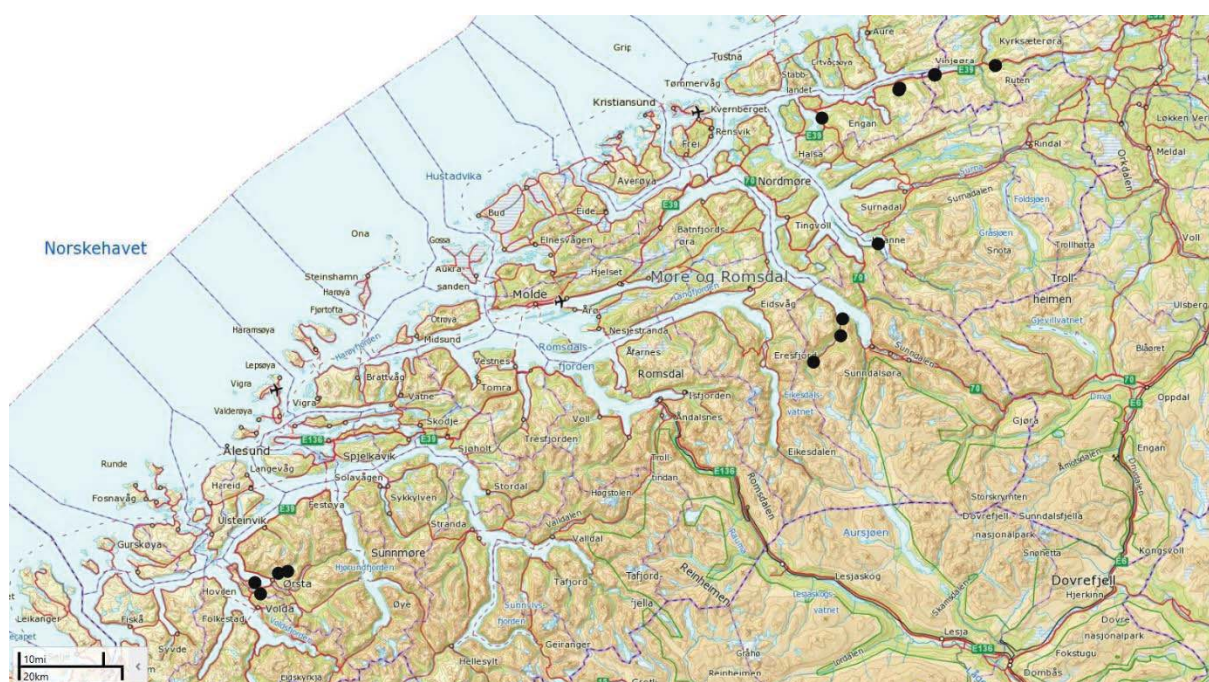
*Avvirket våren 2012, men måned er ukjent

Tabell 2: Prøveflatene/flater som ble avvirket i 2015 grunnet hogstmodenhet:

Flate nr.	Kommune	Sted	UTM koordinater	Avvirket (måned - år)	Prøver tatt
1	Halsa	Ytter-Våglund	32V Ø466831 N6997405	04 – 2015	29.07.15
10	Halsa	Rodal 1	32V Ø483243 N7003760	Cirka 1. august 2015*	21.08.15
11	Halsa	Rodal 2	32V Ø483103 N7003478	Cirka 15. august 2015*	21.08.15
12	Hemne	Stølen	32V Ø503636 N7008642	04 – 2015	16.10.15
13	Hemne	Hovde 1	32V Ø490642 N7006528	07 og 08 – 2015x	17.10.15

* Hogst pågikk i hogstfeltet når data ble hentet inn. Stubber i prøveflate 10 ble avvirket cirka 1. august og stubber i prøveflate 11 avvirket cirka 15. august.

x Deler av hogstfeltet ble avvirket våren 2012 (prøveflate 14). Resten av bestandet ble avvirket i 2015 (prøveflate 13)



Figur 1: Studieområde. Hogstfelt ble undersøkt i Ørsta, Sunndal og Halså kommuner i Møre og Romsdal og Hemne i Sør- Trøndelag.

2.2 Feltarbeid

Prøveflatene som ble anlagt ute i felt var sirkulære og hadde et areal på 200 m².

Prøveflatene ble anlagt med hjelp av en snor på 799 centimeter, (r= 799cm.). Prøveflaten ble anlagt i sentrum av hogstflatene.

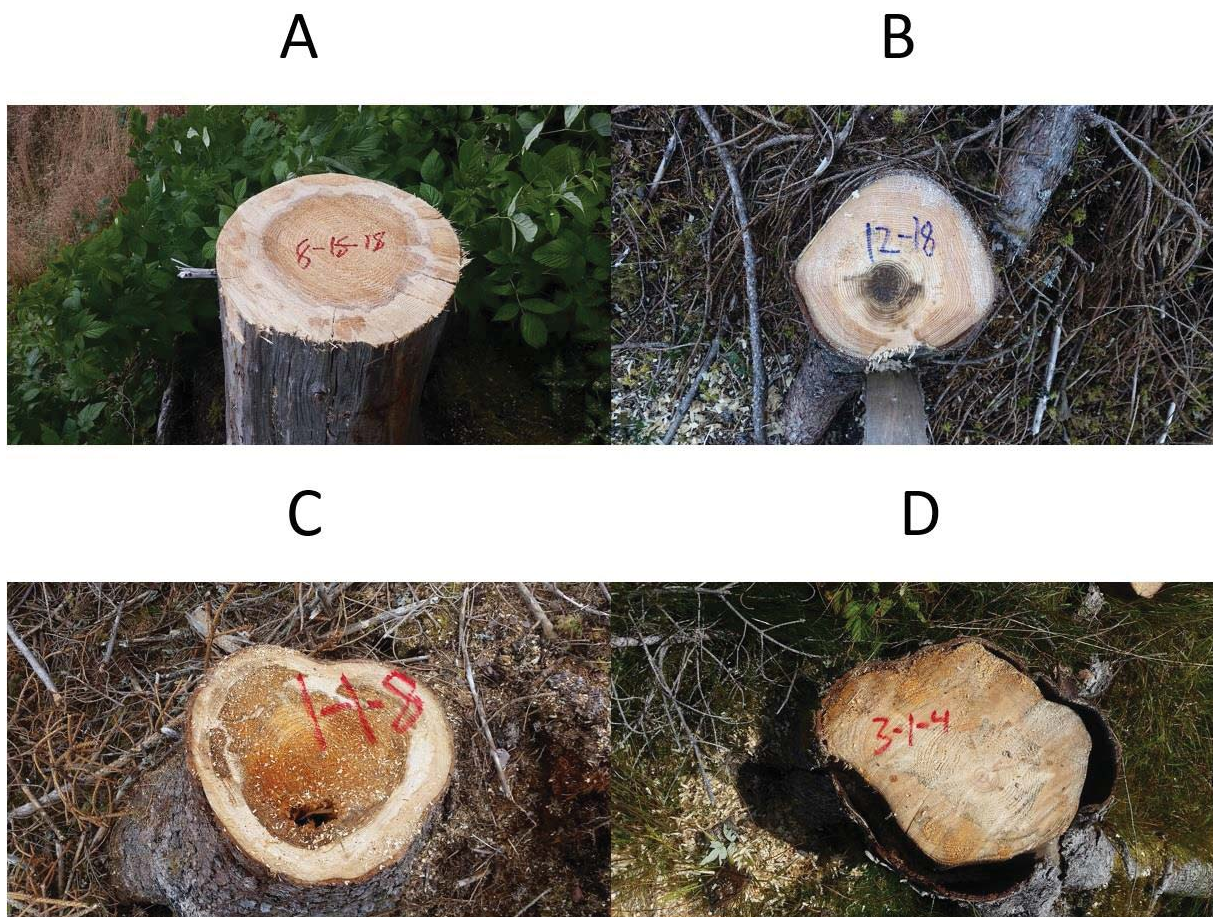
Ute på hogstflatene ble stammeskiver fra stubber skjært ut med motorsag. Først ble toppen av stubbene skjært bort, og det ferske snittet ble fotografert og undersøkt for råteflekker. I de feltene som var avvirket grunnet stormen Dagmar ble kun de skivene hvor det opplagt var råte tatt med inn for videre undersøkelser. Grunnen til dette var at disse hogstfeltene ble

avvirket i 2012 eller 2013, og stubbene hadde da vært blottlagt i to til tre år. I løpet av denne tiden har ny råte rukket å etablerere seg i stubben. I de feltene som var avvirket i 2015 ble alle skivene tatt med inn. Disse hadde kun vært eksponert i alt fra noen måneder til noen dager, og dermed kunne det være en del soppsporer i disse stubbene selv om det ikke var noen synlig råte.

I prøveflatene ble stubbene krokert. Krokeringen ble gjort med hjelp av kompass og målbånd. Kompasskurs og avstand i fra sentrumstubben til de øvrige stubbene i flata ble notert, og deretter ble posisjonene til stubbene tegnet opp på et millimeterark. Det ble også forsøkt å krokere prøveflatene med GPS (Astro 320, Garmin. Kansas, USA) men dette ga ikke tilstrekkelig presisjon så denne metoden ble forkastet.

Skivene ble pakket inn i fuktet papir og lagt ned i en plastpose. Disse posene ble lagret i cirka én uke før de blir undersøkt for konidier etter *Heterobasidion* spp. med lupe. De skivene hvor det var konidier fra *Heterobasidion* spp. ble tatt vare på. I disse skivene ble det hugd ut en til to klosser med en størrelse på cirka 10 cm. x 3 cm. x 3 cm. Tilsvarende klosser ble også hugd ut fra skiver som opplagt hadde råte i seg selv om det ikke fantes konidier etter *Heterobasidion* spp. i skivene.

Bilde av alle stubbene som er undersøkt i studiet ble gjennomgått sammen med veileder. Her ble det sjekket om det fantes synlig råte i stubbene. På stubber i felt som var hogd i 2015 var all råte i kjerneveden å betrakte som innråte, råte fra før treet var hogd. Stubber i hogstfelt som var hogd etter stormen Dagmar hadde vært blottlagt i to til tre sesonger før de ble undersøkt. På disse stubbene var vurderingen vanskeligere, men blottlagte stubber blir alltid først infisert i yteveden som har en mer gunstig fuktighet for soppetablering enn kjerneveden. Omfattende råte i kjerneveden ble betraktet som etablert før hogst. I de stubbene hvor det opplagt har vært råte før avvirkning ble det vurdert om råten var forårsaket av *Heterobasidion* spp. eller *Armillaria* spp. (figur 2). For *Armillaria* spp. ble det bestemt at det bare skulle tas noen få prøver. Ellers ble *Armillaria* spp. på stubbene bedømt visuelt. Det samme gjaldt for råte forårsaket av *Heterobasidion* spp., men her ble alle forsøkt isolert.



Figur 2: Eksempler fra bildedokumentasjon. Bilde A viser innrâte av *Heterobasidion* spp., Bilde B viser en begynnende innrâte av *Armillaria* spp., Bilde C viser en kombinasjonsrâte mellom *Armillaria* spp. og *Heterobasidion* spp. I bilde D vises en råteinfeksjon som er kommet inn i stubben etter avvirkning da det ikke er råteflekker i kjerneveden.

2.3 Isolering

Soppene ble isolert og rendyrket på et vekstmedium. Vekstmediet var maltekstrakt agar (MEA) og besto av 10 g. Bactomalt™ agar (Beckton, Dickinson, USA), 6,25 g. Bactomalt™ maltekstrakt og 0,5 l destillert vann. Denne blandingen ble autoklavert på 121 °C i 20 minutter i en Hirayama hiclave hv-50 (Hirayama Manufacturing Co., Tokyo, Japan). Det flytende vekstmediet ble så helt over i petriskåler i sterilarbeidsbenk hvor det ble stående til avkjøling slik at det stivnet.

Råtesoppene ble isolert på to ulike måter. I de treklossene hvor det var konidier fra *Heterobasidion* spp. ble konidiene overført til vekstmediet ved hjelp av en tynn nål. I de treklossene hvor det ikke fantes konidier etter *Heterobasidion* spp. ble klossen kløvd ved hjelp av kniv. Fra det ferske klyvesnittet i klossen ble det tatt ut tre fliser fra det som opplagt

så ut til å være råde i veden. De tre flisene ble overført til hver sin petriskål med vekstmedium.

Veksten til soppmycelene ble regelmessig kontrollert, og etter fire til fem dager ble soppene rendyrket. Det vil si at en flik helt i tuppene på soppmycelet ble tatt ut og overført til en ny petriskål.

2.4 Artsbestemmelse av *Heterobasidion* spp.

Heterobasidion spp. er lett å kjenne igjen med sine karakteristiske konidier. For å se om isolatene var av samme eller forskjellig individ og art ble alle rendyrkingene testet opp mot hverandre ved hjelp av parringstester. Dette ble gjort ved å plassere rendyrkninger fra to prøver med cirka 1,5 centimeters avstand i en petriskål med vekstmedium. Om mycelet fra de to rendyrkningene vokste inn i hverandre var disse å se på som samme individ. Om det ble et klart skille mellom rendyrkningene var disse å se på som ulike individer, men av samme art (Korhonen 1978; Stenlid 1985). Ble det en stor opphopning i soppmycelet mellom de to rendyrkningene indikerte dette at det var to ulike arter (Korhonen 1978; Saurasunet 2005). Der en hadde mistanke om at det var to forskjellige arter av *Heterobasidion* spp. ble disse også bestemt molekylært ved å sekvensere deler av ITS regionen. Alle andre råtesopper ble også bestemt molekylært.

2.5 DNA- ekstraksjon

Etter å ha gruppert de rendyrkede soppene morfologisk, ble tre til fem stikkprøver tatt ut i fra hver gruppe og lagt på petriskåler med cellofan. Etter at soppmycelet hadde fått vokst seg til slik at det dekket det meste av flaten i petriskålen ble soppmycelet skrapet av cellofanen og lagt i 2 ml. *Eppendorf* tuber.

Ekstraksjon av DNA skjedde i batcher med 24 prøver i hver batch. Ekstraksjonen ble utført ved å følge protokollen *Protocol 8#- Isolation of DNA from Mouse Tails* (Easy-DNA™ Kit; Invitrogen, San Diego, CA). Denne prosessen startet med å blande ut en reagensblanding (mastermix). Oppskriften på blandingen per prøve var 320 µl Buffer TE, 20 µl Solution A, 10 µl Solution B og 5 µl Protein Degradar. Denne oppskriften ble ganget med 26 for å være sikker på å ha nok til alle 24 prøvene. Blanding av reagenser ble gjort i en 12 ml. *Falcon* tube og blandet ved hjelp av en vortex (vortexet). Cirka 0,03 *Fluka* sand (Sjøsand, purum, Fluka; Switzerland) og 100 µl med reagensblanding ble tilsatt hver av de 24 prøvene.

Soppmycelet i hver prøve ble manuelt knust i mindre deler i sjøsanden ved hjelp av steriliserte pistiller. Neste steg var å tilsette resterende 255 µl med reagensblanding i hver prøve, og vortexe prøvene. Deretter ble hele batchen med prøvene satt inn i en proteinovn (HT INFORS, Bottmingen, Switzerland) som stod på 60°C og ristet prøvene med 200 omdreininger per minutt. Prøvene stod i ovnen i 12-20 timer.

Etter inkubasjonen ble 300 µl Solution A og 120 µl Solution B tilsatt individuelt i hver tube. Prøvene ble vortexet til løsningen var uniformt sammenblandet, og deretter ble det tilsatt 750 µl med kloroform inne i et avtrekkskap. Prøvene ble på nytt vortexet til løsningen var uniformt sammenblandet, og deretter ble de satt i sentrifuge (Eppendorf Centrifuge 5415R: Eppendorf, Hamburg, Deutschland) på 16100 RCF (relative centrifugal force) i 10 minutter på 4°C. Etter sentrifugering hadde det lagt seg et klart skille i tubene. Det øverste laget i tubene inneholdt DNA, mens det nederste laget i tubene var avfallsstoffer. Et volum på 600 µl med væske fra det øverste laget ble pipetert ut og overført til merkede 1,5 ml *Eppendorf* tuber. Neste steg var å tilsette 1,0 ml med 96 % etanol til prøvene, og de ble deretter inkubert på is i 30 minutter. Etter inkuberingen ble prøvene sentrifugert på 16100 RCF ved 4 °C i 10 minutter. I denne prosessen dannet DNA-et seg som en pellet i bunnen av tubene. Etter sentrifugeringen ble etanolen fjernet ved hjelp av pipette, og pelleten med DNA ble liggende igjen i tubene. Et volum på 500 µl med 80 % etanol ble tilsatt prøvene, og tubene ble snudd to til tre ganger. Deretter ble prøvene sentrifugert på 4 °C i 3-5 minutter. Etanolen ble fjernet ved hjelp av pipette, og pelleten med DNA ble liggende igjen i tubene. Prøvene ble etter dette på nytt sentrifugert på 16100 RCF ved 4 °C i 1-3 minutter. Resterende etanol i bunnen av tubene ble fjernet med pipette, og deretter satt til luftttørking i sterilbenk i 5-15 minutter. Tuben ble så tilsatt 50 µl med Buffer TE for å løse opp DNA-et.

2.5.1 PCR

Amplifisering (mangfoldiggjøring) ble gjort med en polymerasekjedereaksjon (PCR). PCR (Kleppe et al. 1971) er en teknikk som raskt lager store mengder med kopier av et stykke DNA (Store Medisinske Leksikon 2016; Universitetet i Oslo - Institutt for biovitenskap 2011). Internt transkriberte spacere (ITS) i ribosomal DNA ble amplifisert med primerene ITS1-F (Gardes & Bruns 1993) og ITS4 (White et al. 1990). For å kjøre prøvene i PCR ble det blandet ut en reagensblanding etter oppskrift fra HotStarTaq 2006 (Qiagen, Hilden, Germany). Reagensblandingen for den enkelte prøve besto av følgende reagenser: 5 µl 10x PCR Buffer,

2 µl MgCl₂ (10 µM), 1 µl dNTP (10 µM), 5 µl BSA (0,4 %), 5 µl TMACL (0,1 mM), 1 µl forward primer ITS1- F (10 µM), 1 µl reverse primer ITS4 (10 µM), 0,4 µl Hot Star Taq+ og 27,6 µl Nuclease free water (5 Prime GmbH, Hilden, Germany). Blandingen ble ikke vortexet, men lett blandet for hånd.

Det ble tilsatt 49 µl reagensblanding og 1 µl DNA fra hver prøve i PCR-strips. PCR-stripsene har 8 tuber som hver rommer 200 µl. Stripsene ble sentrifugert i noen få sekunder etter at de hadde blitt tilført reagensblanding og DNA.

PCR reaksjonene ble utført i en GeneAmp™ PCR System 9700 (Applied Biosystems, Foster City, USA) hvor prøvene går gjennom ulike PCR sykluser. Disse syklusene ble startet med en innledende denaturering på 95°C i 5 minutter etterfulgt av 35 sykluser på 30 sek på 95°C, 30 sek på 53°C (binding av primere til templatene) og 1 min på 72°C (syntetisering av mål-DNA). Til slutt var det en avsluttende syklus på 72°C i 10 min før maskinen gikk ned til en lagringstemperatur på 4°C som den holdt helt til maskinen ble åpnet og prøvene hentet.

2.5.2 PCR- test

PCR-produktene ble testet i UV-lys og fotografert i en Syngene GeneGenius (Cambridge, Storbritannia). Denne prosessen startet med å lage en GEL hvor PCR-produktene skulle plasseres. GELen besto av 1,2 gram agarose og 120 ml TAE buffer som ble kokt sammen i mikrobølgeovn i 2 minutter og 45 sekunder. Deretter ble blandingen satt på en ristepattform og tilsatt 12 µl etidiumbromid. Blandingen ble helt i en form med to kammer som dannet 28 brønner for PCR-testene. Gelen brukte cirka 20 minutter på å størkne i formen.

For hver prøve ble 5 µl fra PCR-produktet blandet sammen med 1,1 µl Loading Dye i nye strips. Stripsene ble sentrifugert i noen få sekunder. Når gelen hadde stivnet ble den lagt i et elektroforsekar (BIO-Rad, Laboratorties Inc., Hercules, CA) fylt med TAE. I den første og nest siste brønnen på hver av de to radene ble fylt med 7,5 µl laddermix som sidereferanse. Brønnene mellom sidereferansene ble fylt med 5 µl av blandingen med PCR-produktet og loading Dye. PCR- produktene ble kjørt elektroforsekaret i 30 minutter. Om testen i UV-lys viste at noen av prøvene manglet PCR-produkt ble disse forkastet slik at de ikke ble med i den videre prosessen.

2.5.3 Rense PCR-produktet

Denne prosessen startet med å tilsette 2 µl Shrimp Alkaline Phosphatase og 2 µl Exonuclease sammen med 10 µl fra PCR- produktet. Deretter fulgte en inkuberingsprosess med 37,5 °C i 5 minutter, 80 °C i 10 minutter og på is i 3 minutter.

Det ble klargjort 48 nye 1,5 ml. tuber. I de 24 første ble det blandet sammen 5 µl av PCR-produktet og 5 µl med forwardprimeren ITS1-F (5 µM). I de resterende 24 prøvene ble det blandet sammen 5 µl av PCR-produktet og 5 µl av reverseprimeren ITS4 (5 µM). Tubene ble ID-merket og lagret i fryser før de ble sendt for sekvensering hos GATC-Biotech i Tyskland.

2.6 Sekvensering

Selve sekvenseringene ble utført hos GATC Biotech i Köln i Tyskland gjennom deres produkt Lightrun™ Sequencing Service. Metoden er Sanger-sekvensering beskrevet av Sanger et al. (1977).

2.6.1 Analyse av sekvenseringer

Resultatet av sekvenseringene i Tyskland ble hentet ut fra programmet *CLC Main Workbench 7.6-Evaluation* (CLC Bio©, Denmark). Sekvenser av isolater fra undersøkelsen ble sammenlignet med sekvenser i GenBank ved hjelp av søk i BLAST (<http://blast.ncbi.nlm.nih.gov>). Arten som gav den beste identitet av de artene man fikk match på i søket er presentert i resultatene. I noen tilfeller var sekvensene fra forward- og reverseprimerne uleselige sammen grunnet forstyrrelser på nukleotidene. I slike tilfeller ble sekvensene fra ITS1-F og ITS4 individuelt kontrollert. Om en av sekvensene var lesbare så ble denne brukt til å finne arten. I tilfeller hvor det kun var sekvens fra ITS4 som var lesbar ble denne sekvensen reversert før lagring av data slik at den lettere kan sammenlignes med andre sekvenser. Om ITS sekvenser var 98 % eller bedre lik en art i GenBank ble isolatet regnet som denne arten. Var likheten mellom 97 og 94 % ble det regnet som en art i slekta. Det kan tenkes at arter er lagt inn med feil navn i databasen, eller at to arter har så lik ITS sekvens at de egentlig burde blitt sekvensert i andre regioner også. Et slikt eksempel er trolig *Hypholoma fasciculare* og *Hypholoma capnoides*. Disse soppene kalles på norsk besk og vanlig svovelsopp, og er kjent for å etablere seg på henholdsvis løvtrær og bartrær. Ved blasting av ett isolat ble ITS-sekvenser funnet å være mest lik i identitet (99 %) og dekning (99 %), men scoren var litt bedre mot en sekvens med *H. fasciculare*. Alle de andre

nærliggende matchene var imidlertid av *H. capnoides*, og andre sekvenser av *H. fasciculare* kom langt ned på lista. I slike tilfeller er det ikke urimelig å navngi isolatet som *H. capnoides*.

Databasen UNITE (<https://unite.ut.ee/analysis.php>) ble i noen få tilfeller brukt til å kontrollere resultatene fra søk i BLAST. Dette ble kun gjort om søk i BLAST ikke gav noen entydige svar på hvilke sekvenser i GenBank som matchet best mot sekvensen som ble testet.

2.6.2 Like grupperinger av sekvenser

Sekvensene for de isolatene man var usikre på om var samme art eller kunne være to ulike arter ble sammenlignet i Muscle (<http://www.ebi.ac.uk/Tools/msa/muscle/>). Ved ingen, eller kun noen få ulikheter i ITS-sekvensene ble det regnet som samme art. Ved systematiske forskjeller i mange basepar ble det regnet som to eller flere forskjellige arter. Grupperingene av like sekvenser ble lagt under de artene som gav best resultat etter søk i GenBank. I noen tilfeller kunne det være vanskelig å stedfeste nøyaktig art (98-100 % likhet), og da ble sekvensene lagt under den slekten som gav best likhet (94-97 % likhet). Dårligere likhet ga ukjent råtesopp.

2.7 Værdata

Værdata ble hentet fra Meteorologisk institutt (2016) sin database eKlima. Det ble hentet ut værdata for perioden hvor det hadde foregått hogst for den enkelte hogstflata som er undersøkt. Parameterne som ble tatt ut var minste døgntemperatur, middel døgntemperatur og samlet døgnnedbør. Etter å ha samlet værdata ble total mengde nedbør, lengste sammenhengende periode uten nedbør, minste registrerte døgntemperatur og gjennomsnittlig døgntemperatur registrert for hele den aktuelle perioden.

2.8 Kart

Koordinater ble lastet ned fra Garmin Astro 320 GPS inn til den online karttjenesten GisLink. WMTS bakgrunnskart ble brukt. UTM-sone 32 V ble brukt som koordinatsystem

2.9 Tabeller og frekvenser

Microsoft® Excel® 2013 for Windows 10 ble brukt til å lage tabeller og regne ut frekvenser.

3. Resultater

3.1 Isolering

Det ble isolert 115 råtesopper fordelt på 14 arter. Totalt ble det kjørt DNA- ekstraksjon og sekvensering på 103 prøver. Alle råtesoppartene gav god match ved søk i GenBank, men sekvenseringene som matchet *Peniophora incarnata* [(Pers.) P. Karst. 1889] eller *P. cinerea* [(Pers.) Cooke 1879] viste ingen entydige forskjeller når sekvensene ble sammenlignet i Muscle. Begge artene ble derfor slått sammen og benevnt som *Peniophora* spp. (tabell 3).

3.2 Hogstfelt avvirket etter vindskade av stormen Dagmar

3.2.1 Stubber med gammel innrâte

Billedokumentasjon viste at 41 av 189 (21,7 %) stubber hadde râte vurdert til å være gammel innrâte, det vil si at det levende treet har vært infisert av râte før det ble avvirket. Det var imidlertid stor variasjon mellom prøveflatene, og variasjonen spente mellom 0 % og 94,4 % av stubber med gammel innrâte. Totalt ble det funnet åtte arter av råtesopper i den gamle innråten. Innrâte forårsaket av *Heterobasidion* spp. ble funnet i 16 av 189 (8,5 %) stubber, i innråten isolert sett står *Heterobasidion* spp. for innråten i 16 av 41 (39 %) stubber. I stubbene med *Heterobasidion* spp. ble det isolert *H. annosum* fra 6 av 16 stubber, så de øvrige 10 stubbene baserer seg på billedokumentasjon. Det har ikke blitt isolert noen *Armillaria* spp., så disse resultatene er basert på billedokumentasjon. *Armillaria* spp. ble funnet i 13 av 189 (6,9 %) stubber, isolert sett står *Armillaria* spp. for innråten i 13 av 41 (31,7 %) stubber. Også *Sistotrema brinkmannii* sto for en del râte, og innrâte etter *S. brinkmannii* ble funnet i 9 av 189 stubber (4,8 %). Det var flere stubber som hadde en kombinasjon av flere arter, og her utmerket *S. brinkmannii* seg ved at den i 8 av 9 tilfeller opptrådte i kombinasjon med andre råtesopper. *Resinicium bicolor* var også en relativt vanlig art og forårsaket innrâte i 4 av 189 (2,1 %) stubber (tabell 4).

Tabell 3: Oversikt over isolatene for hver art som gav best match i GenBank

Art	Author	Norsk navn	Isolat	Nærmeste match i GenBank	GenBank no.ITS	Identitet (%)
<i>Amylostereum areolatum</i>	(Chaillat ex Fr.) Boidin 1958	Einerlæringsopp	2016-397	<i>A. areolatum</i> SIR13-1-7	EU249343.1	99
<i>Amylostereum chaillatii</i>	(Pers.) Boidin 1958	Granlæringsopp	2016-400	<i>A. chaillatii</i> Sni-DF-09/21-2	GQ422469.1	99
<i>Cylindrobasidium evolvens</i>	(Fr.) Jülich 1974	Favnvedsopp	2016-370/1	<i>C. laeve</i> HHB-8633-T	DQ097354.1	100
<i>Heterobasidium annosum</i>	(Fr.) Bref. 1888	Fururotkjuka	2015-1456	<i>H. annosum</i> BL37	JX501301.1	99
<i>Heterobasidium parviporum</i>	Niemelä & Korhonen 1998	Granrotkjuka	2016-354	<i>H. parviporum</i> PFC 5271	KC492952.1	99
<i>Hypholoma capnoides</i>	(Fr.) P. Kumm. 1871	Svovelsopp	2016-487	<i>H. capnoides</i> WZ6	HQ604748.1	99
<i>Mycena rubromarginata</i>	(Fr.) P. Kumm. 1871	Rødkanthette	2016-358/2	<i>M. rubromarginata</i>	EF530939.1	99
<i>Peniophora</i> spp.	Cooke	Torneskinn	2016-448	<i>P. cinerea</i> UC2022878	KP814438.1	99
<i>Phlebiopsis gigantea</i>	(Fr.) Jülich 1978	Stor barksopp	2016-418/1	<i>P. gigantea</i> strain FP-101815-Sp	KP135389.1	100
<i>Resinicium bicolor</i>	(Alb. & Schwein.) Parmasto 1968	Gryn timersopp	2016-392/3	<i>R. bicolor</i>	AF518763.1	100
<i>Sistotrema brinkmannii</i>	(Bres.) J. Erikss. 1948	-	2016-485	<i>S. brinkmannii</i>	JQ912675.1	100
<i>Stereum rugosum</i>	Pers. 1794	Skorpelæringsopp	2016-403/1	<i>S. rugosum</i>	AM269811.1	99
<i>Stereum sanguinolentum</i>	(Alb. & Schwein.) Fr. 1838	Toppråtesopp	2015-1472	<i>S. sanguinolentum</i> 13-27	KF996533.1	100
<i>Trametes versicolor</i>	(L.) Lloyd 1921	Silkekjuka	2016-370/3	<i>T. versicolor</i> X-02	KC176306.1	99

Tabell 4: Antall funn av råtesopper per flate og sum per art med frekvens (%). Antall stubber per flate og innrâtefrekvens (%).

Arter	Flatenummer									Sum / %
	2	3	4	5	6	7	8	9	14	
<i>H. annosum</i>							5	1 ^a		6 / 3,2
<i>Heterobasidion</i> spp. *	1 ^b						8 ^{b, c}	1 ^b		10 / 5,3
<i>Armillaria</i> spp. ^æ	5	2					4 ^c	2 ^d		13 / 6,9
<i>A. areolatum</i>									1	1 / 0,5
<i>M. rubromarginata</i>								1		1 / 0,5
<i>Peniophora</i> spp.							1 ^e			1 / 0,5
<i>R. bicolor</i>	2	1			1 ^f					4 / 2,1
<i>S. brinkmannii</i>	3 ^b				1 ^f		2 ^{b, e}	3 ^{a, b, d}		9 / 4,8
Ukjent		1				2	1	1	1	6 / 3,2
Totalt med innrâte	9	4	0	0	1	2	17	6	2	41 / 21,7
Antall stubber i flata	18	21	30	22	22	21	18	16	21	189
Innrâtefrekvens (%)	50,0	19,0	0,0	0,0	4,5	9,5	94,4	37,5	9,5	21,7

* Ikke isolert og artsbestemt, kun dokumentert i felt og på bilder

æ Ble bare registrert i felt, på bilder eller på klosser på laboratoriet

^a: En kombinasjon *H. annosum* – *S. brinkmannii*

^b: En kombinasjon *Heterobasidion* spp. - *S. brinkmannii*

^c: To kombinasjoner *Heterobasidion* spp - *Armillaria* spp.

^d: En kombinasjon *Armillaria* spp. - *S. Brinkmannii*

^e: En kombinasjon *Peniophora* spp. - *S. brinkmannii*

^f: En kombinasjon *R. bicolor* - *S. brinkmannii*

3.2.2 Råtesopper som er kommet inn etter avvirkning

I jakten på *Heterobasidion* spp. ble det også gjort noen forsøk på å isolere råtesopper fra stubber som ikke hadde gammel innrâte. Bildedokumentasjon og isolering viser at 105 av 189 undersøkte stubber hadde spor etter râte som ikke hadde vært i det levende treet før avvirkning. Det ble ikke funnet *Heterobasidion* spp. i noen av disse stubbene, men en stubbe ble bedømt til å ha en begynnende râte forårsaket av *Armillaria* spp. *Sitotrema brinkmannii* var også her den vanligste råtesoppen, men det er flest ukjente råtesopper da det ikke ble forsøkt å isolere sopper fra alle disse stubbene (tabell 5).

Tabell 5: Antall funn av råtesopper i stubber som var blitt infisert etter blottlegging per flate og sum per art med frekvens (%). Til sammen ble 189 stubber undersøkt

Arter	Flatenummer									Sum / %
	2	3	4	5	6	7	8	9	14	
<i>Armillaria</i> spp. *						1 ^a				1 / 0,5
<i>A. chailletii</i>			2						1	3 / 1,6
<i>C. evolvens</i>						2 ^a				2 / 1,1
<i>H. capnoides</i>				1						1 / 0,5
<i>M. rubromarginata</i>					1 ^b					1 / 0,5
<i>Peniophora</i> spp.			1			1			1	3 / 1,6
<i>R. bicolor</i>		3 ^d	1 ^c	4 ^c	2 ^c					10 / 5,3
<i>S. brinkmannii</i>	4	6 ^d	2 ^c	10 ^c	10 ^{b, c}			2	2	36 / 19,0
<i>S. sanguinolentum</i>		1			1					2 / 1,1
<i>T. versicolor</i>						1 ^a				1 / 0,5
Ukjent	1	3	10	7	4	8	1	7	13	54 / 28,6
Totalt	5	10	15	21	16	11	1	9	17	105 / 55,6
Antall stubber i flata	18	21	30	22	22	21	18	16	21	189

*Ble bare registrert i felt, på bilder eller på klosser på laboratoriet

a: En stubbe med kombinasjonen *Armillaria* spp., *C. evolvens* og *T. versicolor*

b: En stubbe med kombinasjonen *M. rubromarginata* og *S. brinkmannii*

c: En stubbe med kombinasjonen *R. bicolor* og *S. brinkmannii*

d: Tre stubber med kombinasjonen *R. bicolor* og *S. brinkmannii*

3.2.3 Sammenstilte resultater for hogstfelt avvirket etter stormskade

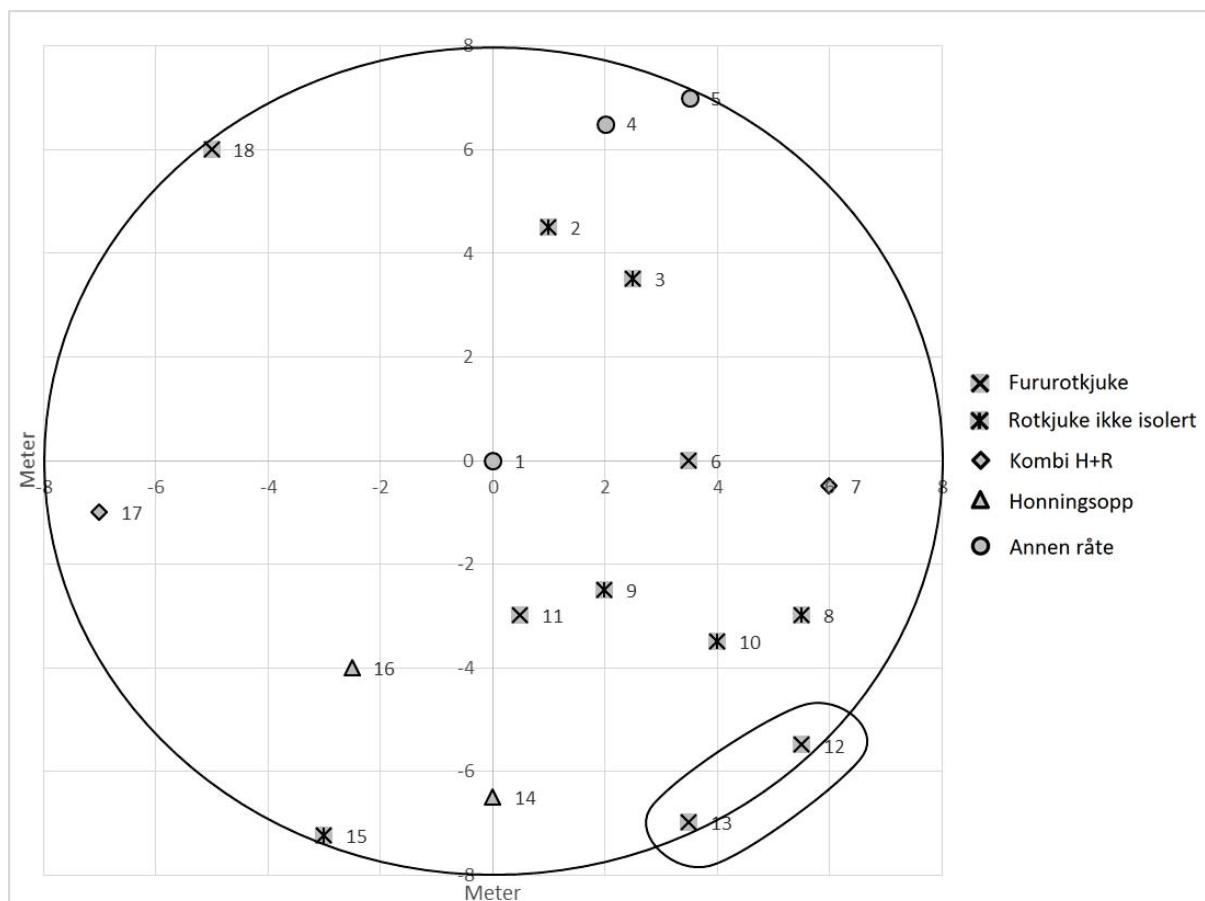
Billedokumentasjon og isolering viser at det var spor etter råde i 146 av 189 (77,2 %) undersøkte stubber. Totalt ble råten artsbestemt i 86 stubber, og i 60 stubber var den ukjent. *Sistotrema brinkmannii* var den vanligste råtesoppen og ble funnet i 45 stubber fordelt på 8 felt. *Resinicium bicolor* og *Peniophora* spp. var også vanlige råtesopper hvor henholdsvis 14 og 6 stubber var infisert. Det ble dyrket frem isolat av *H. annosum* i fra seks stubber. De øvrige 12 funnene av *Heterobasidion* spp. baserer seg på billedokumentasjon. (tabell 6).

Tabell 6: Antall stubber med den enkelte art av råtesopper og hvilke felt hvor de ulike artene er funnet. Til sammen ble 189 stubber undersøkt, og frekvens i prosent angis i forhold til det totale antallet med stubber.

Art	Antall stubber	Frekvens i prosent	Flater med funn
<i>H. annosum</i>	6	3,2 %	8 og 9
<i>Heterobasidion</i> spp.	10	5,3 %	2, 8 og 9
<i>Armillaria</i> spp.	14	7,4 %	2, 3, 7, 8 og 9
<i>A. areolatum</i>	1	0,5 %	14
<i>A. chailletii</i>	3	1,6 %	4 og 14
<i>C. evolvens</i>	2	1,1 %	7
<i>H. capnoides</i>	1	0,5 %	5
<i>M. rubromarginata</i>	2	1,1 %	6 og 9
<i>Peniophora</i> spp.	4	2,1 %	4, 7, 8 og 14
<i>R. bicolor</i>	14	7,4 %	2, 3, 4, 5 og 6
<i>S. brinkmannii</i>	45	23,8 %	2, 3, 4, 5, 6, 8, 9 og 14
<i>S. sanguinolentum</i>	2	1,1 %	3, 6
<i>T. versicolor</i>	1	0,5 %	7
Ukjent	60	31,7 %	Alle
Antall stubber med råte	146*	77,2 %	

* 19 stubber hadde en kombinasjon av flere arter.

Fra flate 8 på Brekklykkjo i Øksendal, Sunndal kommune ble fem av de seks isolatene av *H. annosum* dyrket frem. Parring mellom isolatene av *H. annosum* viste at to isolat fra dette feltet var det samme individet. De to stubbene som hadde det samme individet av *H. annosum* sto 250 cm. i fra hverandre. Bildedokumentasjon viste at ytterligere seks stubber var infisert med *Heterobasidion* spp., to stubber var infisert med en kombinasjonsråte mellom *Heterobasidion* spp. og *Armillaria* spp. Det var to stubber med *Armillaria* spp. Isolering og bildedokumentasjon viste at de resterende stubbene i flata var infisert med andre råtesopper (figur 3).



Figur 3: Krokering av prøveflaten på Brekklykkjo i Øksendal, Sunndal kommune. Stor ring angir prøveflaten ($r=799$ cm.), og stubber med egen innringning er fururotkjuka (*Heterobasidion annosum*) av samme individ. Kombi H+R står for kombinasjonsrâte mellom honningsopp (*Armillaria* spp.) og rotkjuka (*Heterobasidion* spp.).

3.3 Hogstfelt avviket i 2015 grunnet hogstmodenhet

3.3.1 Stubber med gammel innrâte

Det var gammel innrâte i 21 av 121 (17,4 %) stubber fra prøveflater i hogstfelt avviket i 2015 grunnet hogstmodenhet. Variasjonen mellom flatene var stor, og frekvensen av gammel innrâte spant mellom 0 % til 42,9 %. Totalt ble det funnet fire arter av râtesopper i den gamle innrâten. Det har ikke blitt isolert noen *Armillaria* spp., så disse resultatene er basert på bildedokumentasjon. Det var innrâte forårsaket av *H. annosum* i 3 av 121 (2,5 %) stubber. En stubbe med *Heterobasidion* spp. i flate 1 og en stubbe i flate 12 var ikke mulig å artsbestemme (1,6 %), så totalt er det innrâte av *Heterobasidion* spp. i 5 av 121 (4,1 %) stubber. I stubber med innrâte isolert sett sto *Heterobasidion* spp. for innrâten i 5 av 21 (23,8 %). Det var innrâte forårsaket *Armillaria* spp. i 15 av 121 (12,4 %). Isolert sett sto *Armillaria* spp. for innrâten i hele 15 av 21 (71,4 %) stubber. Det var også en del innrâte

forårsaket *S. brinkmannii* med 4 av 121 (3,3 %). Det ble også funnet en stubbe som hadde *Cylindrobasidium evolvens* i innråten. Det var flere stubber som hadde en kombinasjon av flere arter. Også her utmerket *S. brinkmannii* seg ved at den i to av fire tilfeller opptrådte i kombinasjon med andre råtesopper. Stubben med *C. evolvens* var i kombinasjon med *Armillaria* spp. (tabell 7).

Tabell 7: Antall funn av råtesopper per flate og sum per art med frekvens (%). Antall stubber per flate og innrâtefrekvens (%).

Arter	Flatenummer					Sum / %
	1	10	11	12	13	
<i>H. annosum</i>	3					3 / 2,5
<i>Heterobasidion</i> spp. *	1 ^a			1 ^b		2 / 1,7
<i>Armillaria</i> spp. ♂	3 ^a		1	11 ^c		15 / 12,4
<i>C. evolvens</i>				1 ^d		1 / 0,8
<i>S. brinkmannii</i>	1 ^a		1	2 ^{b, c}		4 / 3,3
Ukjent			1			1 / 0,8
Totalt med innrâte	6	0	3	12	0	21 / 17,4
Stubber i flata	29	23	21	28	20	121
Innrâtefrekvens (%)	20,7	0,0	14,3	42,9	0,0	17,4

* Ikke isolert og artsbestemt, kun dokumentert i felt og på bilder
 ♂ Ble bare registrert i felt, på bilder eller på klosser på laboratoriet

^a: En stubbe med kombinasjonen *Heterobasidion* spp. – *Armillaria* spp. – *S. brinkmannii*
^b: En stubbe med kombinasjonen *Heterobasidion* spp. - *S. brinkmannii*
^c: En stubbe med kombinasjonen *Armillaria* spp. - *S. brinkmannii*
^d: En stubbe med kombinasjonen *Armillaria* spp. – *C. evolvens*

3.3.2 Råtesopper som er kommet inn etter avvirkning

Det ble også i disse feltene jaktet etter *Heterobasidion* spp. i stubber som ikke hadde gammel innrâte. Bildedokumentasjon og isolering viser at 28 av 121 undersøkte stubber hadde spor etter râte som ikke hadde vært i det levende treet før avvirkning. Fra disse ble det funnet *H. annosum* i en stubbe på flate 1 på Ytter-Våglund i Halså, og i en stubbe på flate 10 i Rodal i Halså ble det funnet *H. parviporum*. *Sistotrema brinkmannii* var også her den vanligste råtesoppen med funn i 10 stubber. Det var også to eller flere stubber med *Peniophora* spp., *Stereum sanguinolentum* og *Cylindrobasidium evolvens*. *Phlebiopsis gigantea* og *Stereum rugosum* ble begge funnet i en stubbe hver (tabell 8).

Tabell 8: Antall funn av råtesopper i stubber som var blitt infisert etter blottlegging per flate og sum per art med frekvens (%). Til sammen ble 121 stubber undersøkt.

	Flatenummer					Sum / %
	1	10	11	12	13	
<i>C. evolvens</i>					2	2 / 1,7
<i>H. annosum</i>	1					1 / 0,8
<i>H. parviporum</i>		1				1 / 0,8
<i>Peniophora</i> spp.	2		1	2	1 ^a	6 / 5,0
<i>P. gigantea</i>					1 ^a	1 / 0,8
<i>S. brinkmannii</i>	3	4	3			10 / 8,3
<i>S. rugosum</i>				1		1 / 0,8
<i>S. sanguinolentum</i>				1	2	3 / 2,5
Ukjent	2				2	4 / 3,3
Totalt	8	5	4	4	7	28 / 23,1
Stubber i flata	29	23	21	28	20	121
^a : En stubbe med kombinasjonen <i>Peniophora</i> spp. - <i>Phlebiopsis gigantea</i>						

3.2.3 Sammenstilte resultater for hogstfelt avvirket etter stormskade

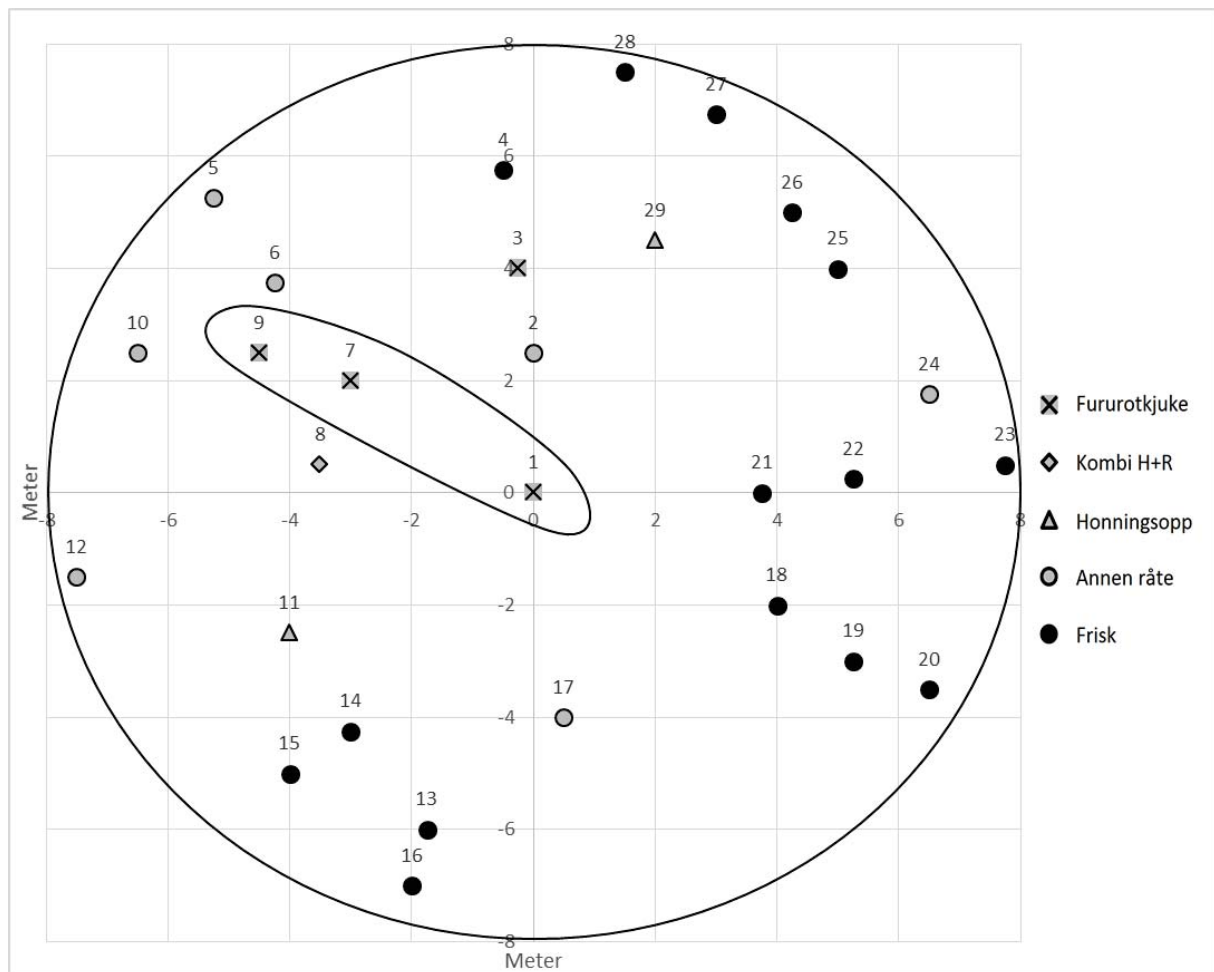
Totalt var 49 stubber infisert med råtesopper i de hogstfeltene som var avvirket i 2015.

Heterobasidion annosum ble funnet i fire stubber i flate 1. *Heterobasidion parviporum* ble funnet i en stubbe i flate 10. En stubbe i flate 1 og en i flate 12 hadde en råde forårsaket av *Heterobasidion* spp. som ikke ble artsbestemt. *Armillaria* spp. var de vanligste råtesoppene hvor 15 stubber fordelt på tre felt var infisert. *Sistotrema brinkmannii* forekom også hyppig hvor totalt 14 stubber fordelt på fire felt var infiserte. *C. evolvens* og *Peniophora* spp. var også vanlige råtesopper hvor henholdsvis tre og fire stubber var infiserte. Det var det fire isolat av *H. annosum* og *H. parviporum* ble isolert en gang (tabell 9).

Tabell 9: Antall stubber med den enkelte art av råtesopper og hvilke felt hvor de ulike artene er funnet. Til sammen ble 121 stubber undersøkt, og frekvens i prosent angis i forhold til det totale antallet med stubber.

Art	Antall stubber	Frekvens i prosent	Flater med funn
<i>Armillaria</i> spp	15	12,4 %	1, 11 og 12
<i>C. evolvens</i>	3	2,5 %	12 og 13
<i>H. annosum</i>	4	3,3 %	1
<i>H. parviporum</i>	1	0,8 %	10
<i>Heterobasidion</i> spp.	2	1,7 %	12
<i>Peniophora</i> spp.	6	5,0 %	1, 11, 12 og 13
<i>P. gigantea</i>	1	0,8 %	13
<i>S. brinkmannii</i>	14	11,6 %	1, 10, 11 og 12
<i>S. rugosum</i>	1	0,8 %	12
<i>S. sanguinolentum</i>	3	2,5 %	12 og 13
Ukjent	5	4,1 %	1, 11 og 13
Antall stubber med råte	49*	40,5 %	
* 19 stubber hadde en kombinasjon av flere arter.			

Det lyktes å dyrke frem flere isolat av *H. annosum* fra flate 1 på Ytter-Vågland i Halså. I denne flata var tre av de fire isolatene det samme individet. Avstanden mellom de tre stubbene som var infisert av samme individ var 360 cm. mellom stubbe 1 og 7, 515 cm. mellom stubbe 1 og 9 og 158 cm. mellom stubbe 7 og 9. Bildedokumentasjon viste at en stubbe hadde en kombinasjonsråte mellom *Armillaria* spp. og *Heterobasidion* spp., og to stubber i feltet var infisert av *Armillaria* spp. Isolering og bildedokumentasjon viste at sju stubber i feltet som var infisert av annen råte og 15 stubber var friske (figur 4).

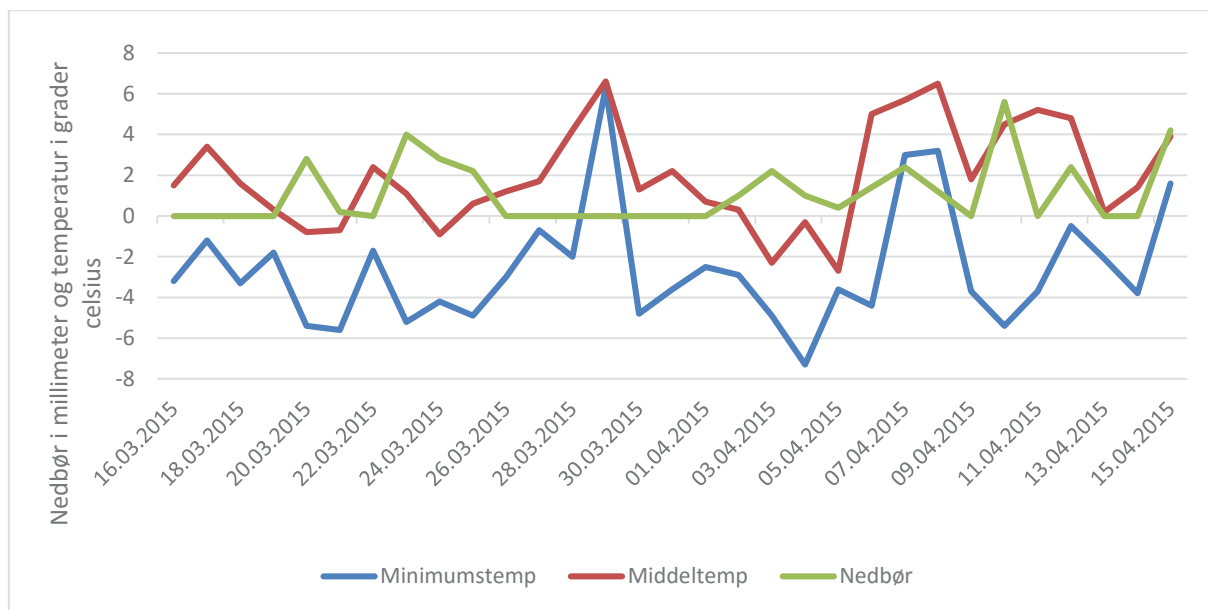


Figur 4: Krokering av prøveflaten på Ytter-våglund i Halså kommune. Stor ring angir prøveflaten ($r = 799$ cm.), og stubber med egen innringning er fururotkjucker (*H. annosum*) av samme individ. Kombi H+R står for kombinasjonsråte mellom honningsopp (*Armillaria* spp.) og rotkjuke (*Heterobasidion* spp.).

3.4 Vær i avvirkningsperioden

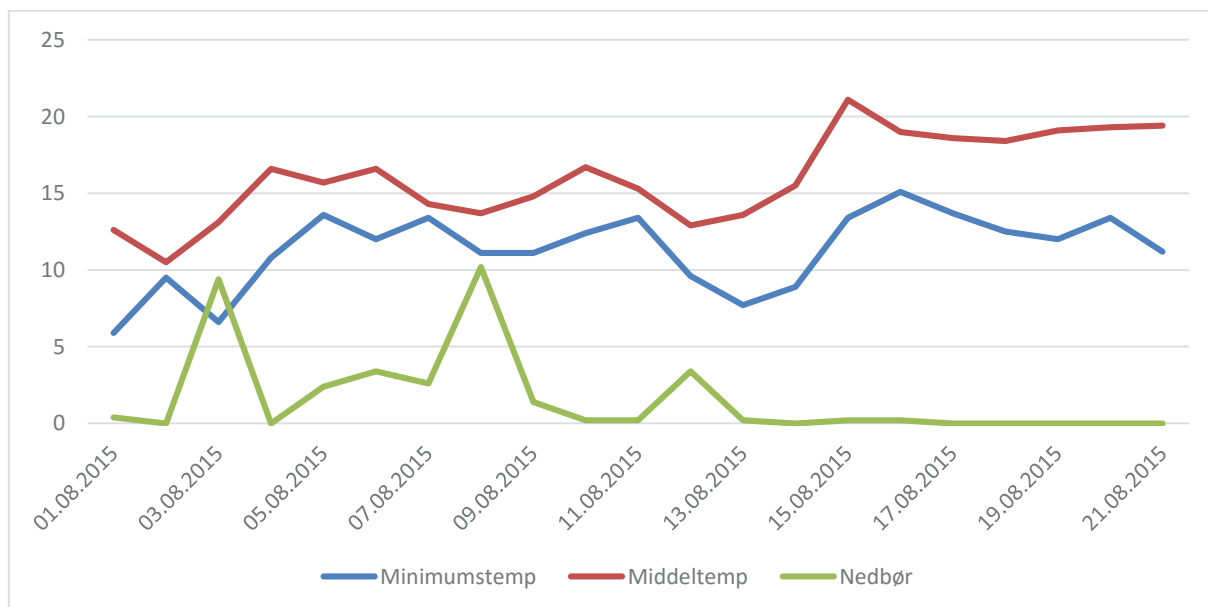
Det ble funnet en stubbe med *H. annosum* i flate 1 på Ytter-Våglund i Halså og en stubbe med *H. parviporum* i flate 10 i Rodal i Halså hvor begge hadde kommet inn i stubben etter blottlegging.

Felt 1 på Ytter-Våglund i Halså ble avvirket i tidsrommet mars/april 2015. I perioden 16.03.2015 – 15.04.2015 falt det 33,8 mm. nedbør, snittemperaturen var 1,9 °C og minste målte temperatur i perioden var -7,3 °C på Surnadal (Sylte) målestasjon. Det var også en sammenhengende periode på 7 døgn uten nedbør mellom 26.03.2015 – 01.04.2015 (figur 5).



Figur 5: Værdata for Surnadal (Sylte) målestasjon i perioden 16.03.2015 – 15.04.2015.

I felt 10 i Rodal, Halså kommune var det pågående skogsdrift da data ble hentet inn den 21. august 2015. Trærne som hadde stått i prøveflata ble avvirket cirka 1. august. I perioden 1. – 21. august 2015, falt det 34,2 mm. nedbør, snittemperaturen var på 16,0 °C og minste registrerte temperatur var 5,9 °C Lengste sammenhengende periode uten nedbør var 5 døgn på Tingvoll målestasjon (figur 6).



Figur 6: Værdata for Tingvoll målestasjon de tre første ukene i august 2015.

I de øvrige prøveflatene ble det ikke funnet *Heterobasidion* spp. som hadde kommet inn i stubbene etter avvirkning. Værdata for flate 2, 7, 8 og 9 ble hentet fra Sunndalsøra målestasjon. Værdata for flate 3 til ble hentet fra Ørsta – Volda lufthavn (temperatur) og Brusdalsvatn (nedbør). Værdata for flate 11 ble hentet fra Tingvoll målestasjon, og værdata for flate 12 og 13 ble hentet fra Orkanger (Thamshavn) målestasjon. For flate 14 ble det ikke hentet inn værdata da hogsttidspunkt er usikkert (tabell 10).

Tabell 10: Værdata for de prøveflatene i undersøkelsen hvor det ikke ble funnet *Heterobasidion* spp. eller hvor *Heterobasidion* spp. kun forekom som innrâte.

Flate	Periode for værdata	Minste registrerte temp. (°C)	Middeltemp. (°C)	Nedbør (mm.)	Lengste periode uten nedbør
2	01.09.12 - 30.09.12	1,6	10,3	105,2	3 døgn
3	16.09.12 - 15.10.12	-5,4	9,4	161,1	5 døgn
4	16.05.13 – 15.06.13	3,8	11,9	119,2	7 døgn
5	16.04.13 – 15.05.13	-3,1	6,4	185,8	2 døgn
6	01.09.13 – 30.09.13	-2,1	10,7	148,2	4 døgn
7	01.04.13 – 30.04.13	-5,1	5,5	59,2	8 døgn
8	01.10.12 – 31.10.12	-7,3	4,8	128,2	2 døgn
9	01.04.13 – 30.04.13	-5,1	5,5	59,2	8 døgn
11	15.08.15 – 21.08.15	11,2	19,3	0,4	5 døgn
12	01.04.15 – 30.04.15	-2,8	4,6	78,5	3 døgn
13	16.07.15 – 15.08.15	6,4	13,1	58,3	3 døgn

4. Diskusjon

4.1 Materialets representativitet

Alle hogstfeltene som ble undersøkt i Sunndal og Ørsta kommuner samt et hogstfelt i Hemne kommune var avvirket etter stormskade av Dagmar. Dette materialet er dermed samlet inn over et stort område på Nord-Vestlandet. Det er stor avstand fra Nordmøre til søre Sunnmøre, så det hadde vært hensiktsmessig å undersøke hogstfelt i Romsdal/ Nordre Sunnmøre for å fange opp enda mer av den geografiske variasjonen.

Alle hogstfeltene som var avvirket i 2015 lå i Halså og Hemne kommuner. Dette er et ganske konsentrert område hvor det er cirka 40 kilometer mellom de to ytterpunktene av undersøkte hogstfelt. Det hadde nok vært ideelt med noen flere prøveflater fra slike type hogstfelt også lengre sør for å fange opp en større geografisk variasjon.

Det var stor variasjon i terrengforholdene mellom de ulike hogstfeltene. Feltene befant seg alt fra nede ved sjøen til langt oppi daler, de lå i alt fra bratte lier til flate moer, noen lå nær innmark og bebyggelse, flatene ble eksponert for ulike himmelretninger og de lå i forskjellig høydelag. Materialet representerer dermed en stor variasjon med tanke på terrengforhold.

4.2 Feilkilder og svakheter med undersøkelsen

Totalt ble 310 stubber fordelt på 14 prøveflater undersøkt for råte. Dette er nok i minste laget for å fange opp all variasjon og gi sikre estimer for råtesituasjonen i området.

Resultatet fra den enkelte prøveflata kan gjøre store utslag på de totale resultatene. Et slikt eksempel er Brekklykkjo i Øksendal, Sunndal kommune hvor hele 13 av 18 stubber hadde en innråte forårsaket av *Heterobasidion* spp. Dette feltet alene drar opp den totale frekvensen av *Heterobasidion* spp. veldig mye, og av den grunn skal en skal være forsiktig med å dra bastante konklusjoner fra denne undersøkelsen

Det å isolere *Heterobasidion* spp. og *Armillaria* spp. skulle vise seg å bli utfordrende. Det lyktes ikke å få oppvekst av *Armillaria* spp. i noen isolater, så råte forårsaket av *Armillaria* spp. ble kun angitt ved hjelp av billedokumentasjon. Også i tidligere undersøkelser har det vist seg at det er vanskelig å få oppvekst ved isolering av *Armillaria* spp. (Ausland 1999; Heggertveit 1998; Saurasunet 2005). Det lyktes å få oppvekst av *Heterobasidion* spp. i noen isolat, men også her baserer mye av resultatene på billedokumentasjon. Bildene av stubbene ute i hogstflaten er gjennomgått sammen med veileder Halvor Solheim, så

resultatene har en viss kvalitetssikring. Allikevel blir kanskje ikke dette nøyaktig nok. De hogstfeltene som ble avvirket i 2012 og 2013 har vært eksponert for råtesopper i en lang periode, og det kunne være vanskelig å bedømme råtetype og om råten har vært i treet før avvirkning i disse stubbene. Det er kun i stubber med gammel innrâte det er mulig å typebestemme råten. Det ble isolert *Heterobasidion* spp. fra to stubber som tilsynelatende var fri for râte. Det har ikke lyktes å få ut flere isolat av *Heterobasidion* spp. fra disse typene skiver. Det er imidlertid grunn til å tro at flere av de friske stubbene var infisert av *Heterobasidion* spp. da det tydeligvis er et sporenedfall i enkelte områder.

Forsøket med å dyrke frem konidier av *Heterobasidion* spp. i stubbeskiver pakket inn med fuktet avisapir var bare delvis vellykket. Det viste seg at det var lett å ta feil av *Mucor* spp. (kulemuggsopper) og *Heterobasidion* spp. i stubbeskivene, og dette ble en feilkilde da klossene ble tatt ut i de områdene hvor det fantes konidier. Feilkilden ble oppdaget under isolering da kulemuggsopper vokser på en helt annen måte enn *Heterobasidion* spp. på vekstmediet. Det viste seg at det kun var noen få klosser med konidier av *Heterobasidion* spp. etter at klossene med kulemuggsopper var luket ut. Isolering av *Heterobasidion* spp. ved å ta ut fliser fra klossene viste seg også å være noe problematisk. Flere av klossene fra stubber hvor billedokumentasjonen viste râte av *Heterobasidion* spp. lyktes det ikke å isolere *Heterobasidion* spp. I de fleste av disse isolatene fra klosser med râte forårsaket av *Heterobasidion* spp. vokste i stedet frem *Sistotrema brinkmannii*, *Mycor* spp., og *Trichoderma/Hyphocrea*. Klossene ble liggende i en lang periode fra innsamling til isolering (tre til fem måneder), og det kan tenkes at de forannevnte soppene har rukket å utvikle seg til å bli dominerende i klossen i løpet av denne perioden.

Det var ikke mulig å finne helt nøyaktig avvirkningstidspunkt for hogstfeltene med unntak av to prøveflater som lå i det samme hogstfeltet (Rodal 1 og 2). Måned feltene ble avvirket var de mest nøyaktige avvirkningstidspunktene som var å oppdrive. Det optimale hadde å vært å visst hvilken uke (helst dag) ulike områder i feltet har blitt avvirket. På den måten kan effekten værforhold har på sporespredning av *Heterobasidion* spp. undersøkes mer nøyaktig.

4.3 *Heterobasidion* spp.

Frekvensen av râte forårsaket av *Heterobasidion* spp. var på 8,5 % i hogstfelt avvirket grunnet stormskade etter Dagmar, og 5,8 % i hogstfelt avvirket i 2015. Forskjellen mellom de

to ulike typene av hogstfelt er dermed relativt liten. Frekvensen i råte forårsaket av *Heterobasidion* spp. samsvarer med resultatene Huse et al. (1994) fikk i sine råteundersøkelser, men er vesentlig høyere enn resultatene Heggertveit (1998) fikk i sin råteundersøkelse gjort i Romsdalsregionen. Det var størst frekvens av *Heterobasidion* spp. på Nordmøre, og her ble den funnet i tre hogstfelt som avvirket grunnet stormen Dagmar og i to hogstfelt som ble avvirket i 2015. I Hemne (Sør-Trøndelag) ble det kun funnet en stubbe med råte som kunne tilskrives *Heterobasidion* spp. i et felt som var avvirket i 2015. I Ørsta hvor alle hogstfeltene var avvirket grunnet stormskade ble det ikke isolert eller funnet tegn til råte forårsaket av *Heterobasidion* spp. Vi vet at *H. annosum* opptre nedover på Vestlandet (Heggertveit 1998; Solheim 1996; Solheim et al. 2013) så det er litt overraskende at den ikke ble funnet i Ørsta.

4.3.1 *Heterobasidion annosum*

Heterobasidion annosum ble funnet både i hogstfelt som var avvirket etter stormskader av Dagmar og i hogstfelt som var avvirket i 2015. Tidligere har *H. annosum* blitt påvist på Vestlandet opp til Molde kommune (Heggertveit 1998). Det var flest funn av *H. annosum* i Sunndal kommune, og her ble den funnet i to hogstfelt. Sunndal er en kommune som grenser mot de områdene som Heggertveit (1998) har undersøkt, så det var å forvente og finne *H. annosum* her. Alle feltene i Sunndal var avvirket grunnet stormskade etter Dagmar.

Heterobasidion annosum ble også isolert i et hogstfelt som var avvirket i 2015 grunnet hogstmodenhet, dette var på Ytter-Vågland i Halså kommune. Funnet på Ytter-Vågland lå på breddegrad 63°10'N, og er muligens det nordligste funnet som er gjort av *H. annosum* i verden. Tidligere er det gjort sikre funn av *H. annosum* i skog på breddegrad 62°45'N i Finland. Det er også gjort noen mer usikre funn av *H. annosum* i furutømmer som stammer fra den 64°N breddegrad i Finland (Korhonen & Piri 1994; Korhonen et al. 1998). Funnet av *H. annosum* på Ytter-Vågland er det nordligste funnet gjort i Norge (H. Solheim pers. medd.). Råteundersøkelser gjort i Innherred i Trøndelag viser at det kun var *H. parviporum* som forekom her (Saurset 2005). Et søk på Artsdatabanken (2016b) viser imidlertid funn av *H. annosum* både i Trøndelag og Nordland. De fleste av disse funnene er riktignok fra før 1998 da all *Heterobasidion* spp. hadde det vitenskapelige navnet *Heterobasidion annosum*, men hvor det ble skilt på P- og S-type (Korhonen 1978; Niemelä & Korhonen 1998). Av den grunn

kan det tenkes at mange av observasjonene av *H. annosum* som ligger inne på artsdatabanken egentlig er *H. parviporum*.

I feltet på Ytter-Vågland i Halså var en av stubbene blitt infisert av *H. annosum* etter avvirkning, og dette viser at det er et sporenedfall i området. Perioden hvor feltet ble avvirket (mars - april 2015) var preget av lite nedbør (33,8 mm.) og en lengre periode på 7 døgn uten nedbør. Dette er et resultat som underbygges av tidligere studier som viser at *Heterobasidion* spp. etablerer seg lettest i finværsperioder (Brandtberg et al. 1996; Solheim 1996).

4.3.2 *Heterobasidion parviporum*

Det er ikke blitt funnet *H. parviporum* i tidligere studier gjort i Møre og Romsdal (Heggertveit 1998). *Heterobasidion parviporum* var imidlertid den eneste av *Heterobasidion* spp. som ble funnet i en undersøkelse gjort i Innherred som ligger i det naturlige granskogområdet (Saurset 2005). Funnet av *H. parviporum* ble gjort i Rodal i Halså helt nord i Møre og Romsdal, cirka 5 kilometer fra grensen til Sør-Trøndelag. Det er i dette området helt nord i Møre og Romsdal det på forhånd kunne forventes å finne *H. parviporum*. Avstanden fra Rodal til yttergrensen av det naturlige granskogbeltet i Rindal kommune (Korsmo & Svalastog 1997) er ikke lengre enn 40 til 50 kilometer. Det er tydelig at det må være et sporenedfall fra *H. parviporum* i dette området i Halså, stubben som var infisert var helt frisk og hadde kun vært eksponert i cirka 3 uker. Været i denne perioden (3 første uker i august 2015) var preget av lite nedbør (totalt 34,2 mm.) og en periode på 5 døgn uten nedbør. Det var også høy temperatur i denne perioden (snitt på 16 °C).

Et av isolatene av *H. annosum* og det eneste isolatet av *H. parviporum* var kommet inn etter at stubbene ble blottlagte, og de hadde etablert seg i relativt tørre perioder. Værforhold ser ut til å ha en effekt når det gjelder spredning av *Heterobasidion* spp. En datamengde med to stubber infisert av *Heterobasidion* spp. etter blottlegging er imidlertid en for liten datamengde til å gjøre statistiske analyser for å se hvordan værforhold påvirker spredningen.

4.4 *Armillaria* spp.

Som nevnt tidligere lyktes det ikke å isolere noen arter av *Armillaria* spp., så disse resultatene baserer seg utelukkende på bildedokumentasjon. *Armillaria* spp. ble således ikke

artsbestemt, men det er grunn til å tro at det dreier seg om *Armillaria borealis* (skoghonningsopp) og/ eller *Armillaria cepistipes* (hagehonningsopp) da det kun er disse to artene som er funnet på Vestlandet og Midt-Norge tidligere (Keča & Solheim 2011).

Frekvensen av *Armillaria* spp. som har forårsaket innråte er vesentlig høyere enn hva som er observert i området tidligere både når det gjelder feltene avvirket etter stormskade av Dagmar (6,9 %), og feltene avvirket i 2015 (12,4 %). Heggertveit (1998) fant at 1,2 % av stubbene i Romsdalsregionen hadde råte forårsaket av *Armillaria* spp., og Huse et al. (1994) fant at kun 0,3% av stubbene i Møre og Romsdal og ytre deler av Sør-Trøndelag hadde råte av *Armillaria* spp. Det var imidlertid stor variasjon i frekvensen av *Armillaria* spp. mellom hogstfeltene. Alle hogstfeltene som hadde en frekvens av *Armillaria* spp. på over 20 % lå i nær tilknytning til innmark, så det er mulig at dette kan ha en effekt. Det var også stubber med *Armillaria* spp. i alle feltene hvor det fantes *Heterobasidion* spp.

4.5 Andre Råtesopper

4.5.1 *Amylostereum areolatum*

Amylostereum areolatum er en råtesopp som er assosiert med bartrevepser (Coutts & Dolezal 1969). Den ble i denne studien funnet en gang i Hemne kommune. I Nord-Europa er den relativt vanlig, og har blitt isolert i Sverige, Litauen og Danmark i tidligere studier (Vasiliauskas et al. 1996; Vasiliauskas et al. 1998; Vasiliauskas & Stenlid 1999). Solheim (2006) var den første som rapporterte arten i Norge, og han beskrev seks kjente isolat av arten funnet fra Aust-Agder i sør til Nord-Trøndelag i nord.

4.5.2 *Amylostereum chailletii*

Amylostereum chailletii er i likhet med *A. areolatum* også assosiert med bartrevepser (Coutts & Dolezal 1969; Stillwell 1966). I Nord-Europa ser det ut til at *A. chailletii* for det meste opptrer i det naturlige granskogområdet (Eriksson & Ryvarden 1973). Dette bekreftes av et søk i Artsdatabanken (2016c) som viser en hovedtyngde av arten på Østlandet, men det er også enkelte observasjoner i Sogn og Fjordane og Hordaland. Solheim (2006) rapporterte at arten forekom i det naturlige granskogområde fra Arendal i sør til Hemnes i Nordland i nord, men den var også funnet en gang i Sogn og Fjordane. Arten har i tidligere studier blitt isolert i Storbritannia, Danmark, Sverige og Litauen (Vasiliauskas et al. 1996; Vasiliauskas et al. 1998; Vasiliauskas & Stenlid 1999). Siden arten finnes i Storbritannia og artsdatabanken viser

at den er funnet på Vestlandet er det ikke overraskende at den også finnes på Nord-Vestlandet. I denne undersøkelsen ble *A. chailletii* funnet i Hemne og i Ørsta, så den forekom i begge ytterpunktene av studieområdet.

4.5.3 *Cylindrobasidium evolvens*

Det var to grupperinger under arten *C. evolvens*. Den ene grupperingen matchet mot *Cylindrobasidium laeve* i GenBank, som er en synonym for *C. evolvens* (Karl-Henrik Larsson pers. medd.). Den andre grupperingen matchet best mot *Polyporus gyanus* (Lév. 1846). *P. gyanus* er en art som etter alt å dømme ikke finnes i Norge. I oppslagsverket European Polypores (Ryvarden & Gilbertson 1994) er ikke *P. gyanus* blant artene som er listet opp. På nettsiden MushroomObserver (2016) er landene Argentina, Chile og New Zealand listet opp som utbredelsesområde for arten. De sekvensene som hadde best match mot *P. gyanus* hadde *C. laeve* som tredje beste match. Et søk i UNITE med de samme sekvensene gav best match på *C. evolvens*. Det er ganske sikkert at arten det dreier seg om er *C. evolvens*, men det kan skjule seg en kryptisk art i dette materialet

Alle fem sekvensene av *C. evolvens* ble sammenlignet med hverandre i Muscle. Resultatet viste også her at det var to grupperinger av sekvensene hvor ni basepar skilte.

Det var å forvente å finne *C. evolvens* i kyststrøkene, et kjapt søk i Artsdatabanken (2016a) viser at arten opptrer i hele landet. I denne studien ble den funnet en gang i Sunndal i et hogstfelt avvirket grunnet vindskade og to ganger i Hemne i to hogstfelt avvirket i 2015. Den var også en av de vanligste sårråtesoppene som forekom under en studie av råtesopp forårsaket av hjortegneg på gran i Sunnfjord (Veiberg & Solheim 2000). Soppen er også funnet som en vanlig sårråtesopp i andre norske undersøkelser Norge ellers også (Roll-Hansen & Roll-Hansen 1980; Solheim & Selås 1986).

4.5.4 *Hypholoma capnoides*

Hypholoma capnoides (vanlig svovelsopp) er en relativt vanlig sopp i Norge etter Artsdatabanken (2016f) å bedømme. Det ble gjort et funn av arten i Ørsta. *H. capnoides* er en saprotrofisk art som er vanlig i bartrestubber (Arnolds 1995).

4.5.5 *Mycena rubromarginata*

Mycena rubromarginata er en relativt vanlig sopp i Norge etter Artsdatabanken (2016d) å bedømme. Den ble funnet en gang i Ørsta og en gang i Sunndal, og funnet i Sunndal var i den

gamle innråten. Soppen er enkelte ganger funnet som en sårråtesopp etter skader på gran (Solheim, unpubl.). Om den klarer å etablere seg i slike sårskader på sikt er det trolig at den også kan bli funnet som innråte i gran.

4.5.6 *Peniophora* spp.

Soppene i denne gruppen matchet best med *Peniophora incarnata* eller *P. cinerea* i GenBank. Alle sekvensene med *Peniophora* spp. ble sammenlignet med hverandre i Muscle. Disse resultatene viste ingen systematiske forskjeller mellom sekvensene, kun tilfeldige. Av den grunn ble funnene av *P. incarnata* og *P. cinerea* sett på som samme gruppe og lagt inn under *Peniophora* spp. Artsslekten ble funnet i alle kommunene hvor det ble gjort undersøkelser, men det var bare ett funn i Sunndal hvor den var i den gamle innråten.

Peniophora incarnata er en veldig vanlig sopp i det sørlige Skandinavia og langs kysten, men er mindre vanlig i indre strøk av Skandinavia (Eriksson et al. 1978). *Peniophora cinerea* er også vanlig sør i Skandinavia, og i Norge opptre den i de sørlige områdene langs kysten (Eriksson et al. 1978).

Flere arter av *Peniophora* er funnet som relativt vanlige etter såring i gran. Roll- Hansen og Roll- Hansen (1980) nevner *P. pithya* som en relativt vanlig sårråtesopp. *Peniophora pithya* og *P. piceae* er de vanligste artene i slekten *Peniophora* spp., men *P. incarnata* er også funnet enkelte ganger (Solheim, unpubl.). Om de klarer å etablere seg over tid i kjerneveden vil de kunne opptre som innråte.

4.5.7 *Phlebiopsis gigantea*

Denne arten ble funnet en gang i Hemne, og den hadde kommet inn i stubben etter blottlegging. *Phlebiopsis gigantea* er en vanlig sopp i hele Nord-Europa i skoger med bartrær, men i urskogene er den mindre vanlig (Eriksson et al. 1981). *Phlebiopsis gigantea* er forøvrig en art som i likhet med *Heterobasidion* spp. er en primærkolonist som infiserer ferske stubbesnitt (Meredith 1959). *Phlebiopsis gigantea* kan brukes som naturlige beskyttelse mot *Heterobasidion* spp. i ferske stubbeflater (Holdenrieder & Greig 1998). Det biologiske preparatet Rotstop® (Verdera Oy, Helsinki, Finland) som består av konidiesporer fra *P. gigantea* er i dag mye brukt i Nord-Europa til å behandle stubber for beskyttelse mot *Heterobasidion* spp. (Kenigvalde et al. 2016; Vasiliauskas et al. 2005). Den er også funnet i

sårskadeundersøkelser i gran og kan på den måten opptre som innrâte, om enn i beskjedne mengder (Roll-Hansen & Roll-Hansen 1980).

4.5.8 *Resinicium bicolor*

Dette er en relativt vanlig art i de fleste skogkledde områdene i Nord-Europa, og den forekommer hyppig i de fleste områdene. Det er kun i de nordligste områdene av Skandinavia hvor den er mindre vanlig (Eriksson et al. 1981). *Resinicium bicolor* ble bare funnet i Sunndal og Ørsta i hogstfelt som var avvirket grunnet stormskade. Innrâte forårsaket *R. bicolor* sto for 2,1 % av råtefrekvensen disse hogstfeltene. Frekvensen av stubber hvor *R. bicolor* hadde kommet inn etter blottlegging var på 5,3 %, så den forekom hyppigere her. Den har i tidligere undersøkelser blitt isolert fra innrâte i levende trær (Hallaksela 1984; Vasiliauskas 1998). Det er vanskelig å si noe om hvor stor skadegjører *R. bicolor* er, men Vasiliauskas (1998) sine resultater indikerer at den ikke er i stand til å lage råteskader av betydning i levende trær i løpet av ett til to tiår.

4.5.9 *Sistotrema brinkmannii*

Forekommer hyppig i alle skogsområdene i hele Nord-Europa (Eriksson et al. 1984). Dette underbygges også av resultatene i denne studien da *S. brinkmannii* var den arten som forekom hyppigst, og den forekom i hele studieområdet. Cirka 20 % av de stubbene med innrâte var infisert med *S. brinkmannii* både i vindskadde hogstfelt og uskadede hogstfelt, men den forekom ofte i kombinasjon med andre råtesopper. Både Roll- Hansen og Roll-Hansen (1980) og Vasiliauskas (1998) fant innrâte i levende trær forårsaket av *S. brinkmannii*. I begge undersøkelsene var den en saktevoksende art, og Roll- Hansen og Roll-Hansen (1980) sådde tvil om *S. brinkmannii* er i stand til å forårsake råteskader av betydning i stående levende trær. Det har også tidligere blitt sådd tvil om *S. brinkmannii* sin betydning som skadegjører i levende trær (Eslyn 1962). Vasiliauskas (1998) antyder imidlertid at *S. brinkmannii* kan være en skadegjører av betydning i levende trær.

4.5.10 *Stereum rugosum*

Dette er en vanlig art over det meste av Skandinavia med unntak av de nordligste områdene, og den er vanligst å finne i løvtrær (Eriksson et al. 1984). Det derfor noe overraskende å finne den i gran. Den ble funnet en gang i Hemne kommune i en stubbe hvor det ikke var gammel innrâte.

4.5.11 *Stereum sanguinolentum*

Stereum sanguinolentum er relativt vanlig i nylig avvirket tømmer og stubber av gran, men opptrer også i levende trær av gran og furu. Den forekommer hyppig i det naturlige granskogbeltet, og er mindre vanlig i furuskogene (Eriksson et al. 1984). Den er blitt funnet under tidligere studier av råtesopper gjort på Vestlandet (Heggertveit & Solheim 1998; Veiberg & Solheim 2000). *Stereum sanguinolentum* kan gi en betydelig råteskade i levende trær, og Vasiliauskas (1998) fant at den var den største skadegjøreren av de fem råtesoppene han undersøkte. Av sårråtesoppene blir den av flere nevnt som den vanligste og største skadegjøreren (Hallaksela 1984; Isomäki & Kallio 1974; Solheim 2005). *Stereum sanguinolentum* ble funnet i Ørsta og Hemne, og ble kun funnet i stubber som ikke hadde en gammel innrâte.

4.5.12 *Trametes versicolor*

Trametes versicolor forekommer i hele Europa, også Norge. Den forekommer som regel i dødt virke av løvtrær (Ryvarden & Gilbertson 1994). Et søk i Artsdatabanken (2016e) indikerer at arten for det meste opptrer langs kysten. Det var et funn i Sunndal kommune i denne undersøkelsen i en stubbe uten gammel innrâte.

4.6 Gammel innrâte

Det er tydelig at det er del râte i grana på Nord-Vestlandet som har vært i treet før avvirkning. Resultatene viser at om lag en femtedel av stubbene både fra friske og vindskadde bestand hadde en innrâte som var tilstede før stubben ble blottlagt. Dette er betydelig mer enn hva Huse et al. (1994) fant i Møre og Romsdal, men relativt likt med resultatene for Sør-Trøndelag i samme undersøkelse. Også undersøkelsene i Romsdal av Heggertveit (1998) var det en vesentlig lavere råtefrekvens. Resultatene til Huse et al. (1994) indikerer at det er et skille i råtefrekvens mellom Møre og Romsdal og Sør-Trøndelag. Huse et al. (1994) fant at råtefrekvensen i Møre og Romsdal var på 5,7 % (2,8 % på nordre Nordmøre) og i Sør-Trøndelag var råtefrekvensen på 27,8 % (11,6 % i tilgrensende områder til Nordmøre). I denne undersøkelsen er det vanskelig å si noe om variasjoner mellom områder da råtefrekvensen varierer svært mye fra hogstfelt til hogstfelt. Det kan imidlertid se ut til at det er en noe lavere råtefrekvens i Ørsta sammenlignet med Nordmøre og Sør-Trøndelag. Det er noe mer innrâte forårsaket av *Armillaria* spp. enn det er av *Heterobasidion* spp. Disse to artsslektene står sammen for tre fjerdedeler av all innrâten i studieområdet.

Det er imidlertid stor variasjon i frekvensen av både *Heterobasidion* spp. og *Armillaria* spp. mellom hogstfeltene. *Armillaria* spp. fantes i alle hogstfeltene hvor det fantes *Heterobasidion* spp., men i to felt med *Armillaria* spp. fantes det ikke *Heterobasidion* spp.

Det er noen forskjeller mellom hogstfeltene som er avvirket grunnet stormskade og de som er avvirket i 2015. Det ble funnet flere arter i den gamle innråten fra stubbene i hogstfelt som ble avvirket etter stormskade av Dagmar (åtte arter mot tre arter i bestand avvirket i 2015). Feltene som ble avvirket etter skader fra Dagmar har som nevnt tidligere blitt avvirket i 2012 og 2013, og stubbene har vært eksponert for angrep av råtesopper i en mye lengre periode enn de hogstfeltene som ble avvirket i 2015. Det kan tenkes at flere av artene som ble funnet i den gamle innråten i stubber fra vindskadde bestand har kommet inn i etter at treet ble avvirket og stubben blottlagt. Resultatene gir en indikasjon på dette ved at det er tatt ut isolat av flere arter fra den samme stubben. Her er det særlig *S. brinkmannii* som utmerker seg ved at den ofte opptre i kombinasjon med andre råtesopper. Dette er som nevnt tidligere en art som forekommer hyppig i Nord-Europa (Eriksson et al. 1984), og det har tidligere blitt sådd tvil om dens evne til å være en skadegjører av betydning i levende trær (Eslyn 1962; Roll- Hansen & Roll- Hansen 1980). Vasiliauskas (1998) mener imidlertid at *S. brinkmannii* er en art som kan gi råteskader av betydning i levende trær. Det kan tenkes at *S. brinkmannii* i flere tilfeller har kommet i innråten etter at trærne ble avvirket og stubbene blottlagte.

Det var en noe høyere frekvens av *Heterobasidion* spp. i hogstfeltene som var avvirket etter stormskade. Sekundærspredningen til *Heterobasidion* spp. skjer ved at soppmycel fra et allerede infisert tre vokser inn i nærliggende trær ved kontakt med røttene nede i bakken (Rishbeth 1951b). Stormer kan gi inngangsporter til *Heterobasidion* spp. via rotrykninger og sår. Det er en mulighet for at de hogstfeltene som ble avvirket grunnet stormskader etter Dagmar står noe eksponert til for vind, og fått vindskader også fra tidligere stormer. Det skal imidlertid nevnes at det kun var i tre hogstfelt avvirket etter stormskade hvor det fantes *Heterobasidion* spp., Skrondalsøyan, Drøpping og Brekklykkjo som alle ligger i Sunndal kommune. Det var hogstfeltet på Brekklykkjo som dro opp frekvensen av *Heterobasidion* spp., hele 13 av 18 stubber i dette feltet var infisert av *Heterobasidion* spp. Dermed blir det vanskelig å trekke noen konklusjoner om stormer påvirker frekvensen av *Heterobasidion* spp.

Det var vesentlig mer *Armillaria* spp. i de hogstfeltene som var avvirket i 2015 grunnet hogstmodenhet. Hele 15 av 21 stubber med gammel innrâte fra disse feltene hadde râte forårsaket av *Armillaria* spp. To av fem felt var uten *Armillaria* spp., men i de feltene hvor *Armillaria* spp. forekom var en tredjedel eller mer av innrâten forårsaket av den. Det som kjennetegner alle disse feltene med mye innrâte av *Armillaria* spp. er at de ligger relativt nær dyrka mark og bebyggelse, og det ser ut til å ha en effekt. For de feltene som var avvirket grunnet stormskade var cirka en tredjedel av innrâten forårsaket *Armillaria* spp. Her var fem av ni undersøkte felt uten innrâte av *Armillaria* spp., og i de feltene med *Armillaria* spp. sto den for mellom en fjerdedel og halvparten av innrâten. Også her sto de fleste av feltene med *Armillaria* spp. i nærheten av dyrket mark. Et av hogstfeltene hadde tidligere vært tynnet før det ble stormskadet og måtte sluttavvirkes.

5. Konklusjoner

Det er tydelig at det er noe râteskader forårsaket *Heterobasidion* spp. i studieområdet, og mellom 5 % og 7,4 % av stubbene var infisert av denne artsslekten. Variasjonen i frekvensen av *Heterobasidion* spp. er stor mellom hogstfeltene, de fleste feltene er uten *Heterobasidion* spp. men det er også noen felt med mye *Heterobasidion* spp. I Ørsta på Sunnmøre ble det verken isolert eller funnet spor etter râte forårsaket av *Heterobasidion* spp. i de fire hogstfeltene som ble undersøkt. Vi vet at det finnes *H. annosum* på Vestlandet, så det er overraskende å ikke finne den i Ørsta. Lite datamateriale fra området er sannsynligvis forklaringen på at det ikke ble funnet râtesopper fra slekten *Heterobasidion* spp. her. Nord i studieområdet ble det funnet både *H. annosum* og *H. parviporum*. Funnet av *H. annosum* på Ytter-Vågland er den nordligste registreringen av arten i Norge, muligens også i verden. *Heterobasidion parviporum* ble funnet helt nord i Møre og Romsdal, og dette indikerer at den er på vei inn i de utplantede granskogene på Vestlandet utenfor granas naturlige utbredelsesområde. Enn så lenge ser det ut til å være nordlige strøk av Møre og Romsdal hvor *H. parviporum* opptre.

Armillaria spp. ser ut til å stå for omtrent like mye av râtefrekvensen i studieområdet som *Heterobasidion* spp. *Cylindrobasidium evolvens*, *Peniophora* spp. og *Sistotrema brinkmannii* og *Stereum sanguinolentum* ser også ut til å være vanlige râtesopper i området.

Ut fra denne undersøkelsen er det vanskelig å si noe om stormskader er med på å øke frekvensen av råteskader i området. Det ble funnet flere råtesopparter i hogstefeltene avvirket etter stormskader, men disse hogstefeltene hadde også stått eksponert i en mye lengre periode sammenlignet med de uskadede feltene som ble avvirket i 2015. Det er grunn til å tro at den lange eksponeringstiden har ført til at flere råtesopparter har kommet inn i stubben etter avvirkning, og deretter utviklet seg videre i stubben. Det å se på forskjellene i frekvensen av *Heterobasidion* spp. mellom vindskadde og uskadde bestand gav heller ikke noen entydige svar.

6. Referanser

6.1 Primærreferanser

- Alexandersson, H., Schmith, T., Iden, K. & Tuomenvirta, H. (1998). Long-term variations of the storm climate over NW Europe. *The Global atmosphere and ocean system*, 6 (2): 97-120.
- Arnolds, E. (1995). Conservation and management of natural populations of edible fungi. *Canadian Journal of Botany*, 73 (S1): 987-998.
- Ausland, S. (1999). *Råte i gran registrert på stubber i Arendal, Froland og Ås kommuner*. Masteroppgave. Ås: Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag. 44 s.
- Brandtberg, P. O., Johansson, M. & Seeger, P. (1996). Effects of season and urea treatment on infection of stumps of *Picea abies* by *Heterobasidion annosum* in stands on former arable land. *Scandinavian journal of forest research*, 11 (1-4): 261-268.
- Coutts, M. P. & Dolezal, J. E. (1969). Emplacement of Fungal Spores by the Woodwasp, *Sirex Noctilio*, During Oviposition. *Forest Science*, 15 (4): 412-416.
- Eriksson, J. & Ryvarden, L. (1973). *The Corticiaceae of North Europe. Vol. 2. Aleurodiscus-Confertobasidium*. Oslo: Fungiflora. s. 60-261.
- Eriksson, J., Hjortstam, K. & Ryvarden, L. (1978). *The Corticiaceae of North Europe. Vol. 5. Mycoaciella-Phanerochaete*. Oslo: Fungiflora. s. 889-1047.
- Eriksson, J., Hjortstam, K. & Ryvarden, L. (1981). *The Corticiaceae of North Europe. Vol. 6. Phlebia-Sarcodontia*. Oslo: Fungiflora. s. 1051-1276.
- Eriksson, J., Hjortstam, K. & Larsson, K. H. (1984). *The Corticiaceae of North Europe. Vol. 7. Schizopora-Suillosporium*. Oslo: Fungiflora. s. 1282-1449.
- Eslyn, W. E. (1962). Basidiomycetes and decay in silver maple stands of central Iowa. *Forest Science*, 8 (3): 263-276.
- Gardes, M. & Bruns, T. D. (1993). ITS primers with enhanced specificity for Basidiomycetes—application to the identification of mycorrhiza and rusts. *Molecular Ecology*, 2: 113-118.
- Hallaksela, A.-M. (1984). Causal agents of butt-rot in Norway spruce in southern Finland. *Silva Fennica*, 18 (3): 237-243.
- Haraldstad, A. R. (1961). Investigations on *Fomes annosus* in Høylandskomplekset, South-western Norway. *Nytt Magasin for Botanikk*, 9: 175-198.

- Heggertveit, J. (1998). *Råte i gran registrert på stubber i kommunene Molde, Nesset og Rauma*. Masteroppgave. Ås: Norges landbrukshøgskole, Institutt for skogfag. 35 s.
- Heggertveit, J. & Solheim, H. (1998). Stubberegistrering av råte i gran etter hogst i kommunene Molde, Nesset og Rauma. *Rapport fra skogforskningen 16/98*. Ås: Norsk institutt for skogforskning. 15 s.
- Holdenrieder, O. & Greig, B. (1998). Biological methods of control. I: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R. & Hüttermann, A. (red.) *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control*, s. 235-258. Wallingford: CAB International.
- Huse, K. J., Solheim, H. & Venn, K. (1994). Råte i gran registrert på stubber etter hogst vinteren 1992. *Rapport fra Skogforsk 23/94*. Ås: Norsk institutt for skogforskning. 26 s.
- 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*. Helsinki. 24 s.
- Keča, N. & Solheim, H. (2011). Ecology and distribution of *Armillaria* species in Norway. *Forest Pathology*, 41 (2): 120-132.
- Kenigšvalde, K., Brauners, I., Korhonen, K., Zaļuma, A., Mihailova, A. & Gaitnieks, T. (2016). Evaluation of the biological control agent Rotstop in controlling the infection of spruce and pine stumps by *Heterobasidion* in Latvia. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 31 (3): 254-261.
- Kilde, V. (2011). Fokus på tre - gran. Oslo: Trefokus AS.
- Kleppe, K., Ohtsuka, E., Kleppe, R., Molineux, I. & Khorana, H. (1971). Studies on polynucleotides: XCVI. Repair replication of short synthetic DNA's as catalyzed by DNA polymerases. *Journal of molecular biology*, 56 (2): 341-361.
- Korhonen, K. (1978). Intersterility groups of *Heterobasidion annosum*. *Communicationes instituti forestalis fenniae*, 94 (6): 1-25.
- Korhonen, K. & Piri, T. (1994, August 1993). *The main hosts and distribution of the S and P groups of Heterobasidion annosum in Finland*. Proceedings of the Eight IUFRO Conference on Root and Butt Rots, Sweden/ Finland. Uppsala, Sweden: Swedish University of Agricultural Sciences. 260-267 s.
- Korhonen, K., Capretti, P., Karjalainen, R. & Stenlid, J. (1998). Distribution of *Heterobasidion annosum* intersterility groups in Europe. I: Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R. &

- Hüttermann, A. (red.) *Heterobasidion annosum: biology, ecology, impact and control*, s. 93-104. Wallingford: CAB International.
- Korsmo, H. & Svalastog, D. (1997). Inventering av verneverdig barskog i Møre og Romsdal. *NINA Oppdragsmelding 427*. Oslo: Norsk institutt for naturforskning. 106 s.
- Meredith, D. S. (1959). The Infection of Pine stumps by *Fomes annosus* and other fungi. *Annals of Botany*, 23 (3): 455-476.
- Müller, M. M., Sievänen, R., Beuker, E., Meesenburg, H., Kuuskeri, J., Hamberg, L. & Korhonen, K. (2014). Predicting the activity of *Heterobasidion parviporum* on Norway spruce in warming climate from its respiration rate at different temperatures. *Forest Pathology*, 44 (4): 325-336.
- Niemelä, T. & Korhonen, K. (1998). Taxonomy of the genus *Heterobasidion*. I: *Heterobasidion annosum: Biology, Ecology, Impact and Control* s. 27-35. London: CAB International.
- Rishbeth, J. (1951a). Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian pine plantations. II. Spore production, stump infection, and saprophytic activity in stumps. *Annals of Botany*, 12: 1-22.
- Rishbeth, J. (1951b). Observation on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian pine plantations. III. Natural and experimental infection of pines, and some factors affecting severity of the disease. *Annals of Botany*, 15: 221-246.
- Rishbeth, J. (1959). Dispersal of *Fomes annosus*, Fr. and *Peniophora gigantea* (Fr.) Massee. *Transactions of the British Mycological Society*, 42: 243-260.
- Roll- Hansen, F. & Roll- Hansen, H. (1980). Microorganisms which invade *Picea abies* in seasonal stem wounds. *European Journal of Forest Pathology*, 10 (6): 321-339.
- Ryvarden, L. & Gilbertson, R. L. (1994). *European polypores. Part 2*. Oslo: Fungiflora. s. 394-743.
- Sanger, F., Nicklen, S. & Coulson, A. R. (1977). DNA sequencing with chain-terminating inhibitors. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 74 (12): 5463-5467.
- Saurset, R. (2005). *Råte i tynna og utynna granbestand på Innherred*. Masteroppgave. Ås: Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for naturforvaltning. 45 s.
- Solheim, H. & Selås, P. (1986). Misfarging og mikroflora i ved etter såring av gran: I. utbredelser etter 2 år. *Rapport fra Norsk institutt for skogforskning 7/86*. Ås: Norsk Institutt for Skogforskning. 16 s.

- Solheim, H. (1996). Råte på Sør-Vestlandet - biologi og bekjempelse. I: Woxholt, S. (red.) *Aktuelt fra Skogforsk, Kontaktkonferanse Skogbruk - Skogforskning. Rogaland og Vest-Agder. Stavanger 4. og 5. september 1996*. Ås: Norsk institut for skogforskning og Institutt for skogfag, Norges landbrukshøgskole.
- Solheim, H. (1999). Sporespredning hos rotkjuke (*Heterobasidion annosum*) i Rana og Saltdal. *Rapport fra skogforskningen 3/99*. Ås: Norsk Institutt for Skogforskning. 11 s.
- Solheim, H. (2005). Kan vi gjøre noe for å hindre eller redusere råte i framtidsskogen? I: Woxholt, S. (red.) *Aktuelt fra skogforskningen, Kontaktkonferanse for skogbruk og skogforskning i Trøndelag. Stjørdal 30. - 31.05.2005*, s. 23-26. Stjørdal: Norsk institutt for skogforskning og Institutt for naturforvaltning, Universitetet for miljø- og biovitenskap.
- Solheim, H. (2006). Treveps og assosierte sopper i Norge. *Agarica*, 26: 87-95.
- Solheim, H. (2010). Råtesopper - i levende trær. Ås: Skog og Landskap. 26 s.
- Solheim, H., Fossdal, C. G. & Hietala, A. M. (2013). Rotkjuke – granas verste fiende. I: Solheim, H. (red.). *Klimavinnerne - blant soppene. Brosjyre fra Skog og landskap*. Ås: Skog og landskap. 4-4 s.
- Stenlid, J. (1985). Population structure of *Heterobasidion annosum* as determined by somatic incompatibility, sexual incompatibility, and isoenzyme patterns. *Canadian Journal of Botany*, 63 (12): 2268-2273.
- Stillwell, M. A. (1966). Woodwasps (*Siricidae*) in Conifers and the Associated Fungus, *Stereum chailletii*, in Eastern Canada. *Forest Science*, 12 (1): 121-128.
- Vasiliauskas, R., Stenlid, J. & Johansson, M. (1996). Fungi in bark peeling wounds of *Picea abies* in central Sweden. *European Journal of Forest Pathology*, 26 (6): 285-296.
- Vasiliauskas, R. (1998). Five basidiomycetes in living stems of *Picea abies*, associated with 7-25 year-old wounds. *Forestry*, 1: 29-35.
- Vasiliauskas, R., Stenlid, J. & Thomsen, I. M. (1998). Clonality and genetic variation in *Amylostereum areolatum* and *A. chailletii* from northern Europe. *New Phytologist*, 139 (4): 751-758.
- Vasiliauskas, R. & Stenlid, J. (1999). Vegetative compatibility groups of *Amylostereum areolatum* and *A. chailletii* from Sweden and Lithuania. *Mycological Research*, 103 (7): 824-829.

- Vasiliauskas, R., Lygisb, V., Thorc, M. & Stenlid, J. (2004). Impact of biological (Rotstop) and chemical (urea) treatments on fungal community structure in freshly cut *Picea abies* stumps. *Biological Control*, 31 (3): 405-413.
- Vasiliauskas, R., Larsson, E., Larsson, K. H. & Stenlid, J. (2005). Persistence and long-term impact of Rotstop biological control agent on mycodiversity in *Picea abies* stumps. *Biological Control*, 32 (2): 295-304.
- Veiberg, V. & Solheim, H. (2000). Råte etter hjortegneg på gran i Sunnfjord. *Rapport fra skogforskningen 18/00*. Ås: Norsk institutt for skogforskning. 16 s.
- White, T. J., Bruns, T. D., Lee, S. & Taylor, J. W. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. I: Innis, M. A., Gelfand, D. H., Sninsky, J. J. & White, T. J. (red.) *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*, s. 315-322. New York: Academic press.
- Øyen, B. H. & Nygård, P. (2007). *Afforestation in Norway – effects on wood resources, forest yield and local economy*. Effects of afforestation on ecosystems, landscape and rural development. Proceedings of the AFFORNORD conference, s. 333-342: TemaNord 2007/508.

6.2 Referanser fra websider

- Artsdatabanken. (2016a). Favnvedsopp *Cylindrobasidium evolvens* (Fr. : Fr.) Jülich. Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Taxon/94438> (lest 19.04.2016).
- Artsdatabanken. (2016b). Fururotkjuke *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Taxon/40277> (lest 20.04.2016).
- Artsdatabanken. (2016c). Granlærsopp *Amylostereum chailletii* (Pers. : Fr.) Boidin. Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Taxon/40247> (lest 19.04.2016).
- Artsdatabanken. (2016d). Rødkanthette *Mycena rubromarginata* (Fr. : Fr.) P. Kumm. Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Taxon/36669> (lest 20.04.2016).
- Artsdatabanken. (2016e). Silkekjuke *Trametes versicolor* (L. : Fr.) Pilát. Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Taxon/40167> (lest 20.04.2016).
- Artsdatabanken. (2016f). Svovelsopp *Hypholoma capnoides* (Fr. : Fr.) P. Kumm. Tilgjengelig fra: <http://data.artsdatabanken.no/Taxon/38039> (lest 20.04.2016).
- Meteorologisk institutt. (2016). eKlima - Gratis tilgang til Meteorologisk institutts vær- og klimadata. Tilgjengelig fra:

http://sharki.oslo.dnmi.no/portal/page?_pageid=73,39035,73_39057&_dad=portal&_schema=PORTAL (lest 12.04.2016).

MushroomObserver. (2016). Name: *Polyporus gayanus* Lév. Tilgjengelig fra:

http://mushroomobserver.org/name/show_name/18349?q=2l7gd (lest 18.04.2016).

Store Medisinske Leksikon. (2016). *Polymerasekjedereaksjon*. Tilgjengelig fra:

<https://sml.snl.no/polymerasekjedereaksjon> (lest 28.03.2016).

Universitetet i Oslo - Institutt for biovitenskap. (2011). *Polymerase kjedereaksjon*.

Tilgjengelig fra:

<http://www.mn.uio.no/ibv/tjenester/kunnskap/plantefys/leksikon/p/polymerase.html> (lest 28.03.2016).



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

Postboks 5003
NO-1432 Ås
Norway