

17
/ 00



Rapport

fra skogforskningen

Norsk institutt for skogforskning, Høgskolevn. 12, 1432 Ås
Institutt for skogfag, NLH, Postboks 5044, 1432 Ås

En analyse av råtefrekvens i eldre granskog, ut fra skoglige, klimatiske og edafiske faktorer



Vidar Sturla Ganes Stamnes, Svein Solberg, Halvor Solheim

Rapport fra skogforskningen

- ✓ **Rapport fra skogforskningen** inneholder førstegangs publiserte artikler beregnet på norske og nordiske lesere
- ✓ Tabell- og figurtekster skrives på norsk
- ✓ Sammendrag skrives på norsk
- ✓ Engelske manuskripter eller omfattende arbeider med mye grunn-data kan publiseres i en underserie - *Supplement*.

Norsk institutt for skogforskning (NISK) er utgiver av serien, i et samarbeid med Institutt for skogfag, NLH.

Tilrettelegging av manus for trykking, ajourhold av abonnenter, innkreving av abonnementsavgift, distribusjon av heftene og lagerhold skjer på NISK. Bestilling av abonnement og enkelt-eksemplar av seriene skjer til NISK.

Redaktør for serien er forskningsdirektør Bjørn R. Langerud, NISK

En forfatterinstruks er tatt inn på siste omslagsside.

Layout og sats: Karin Westereng, NISK

ISBN 82-7169-960-1
ISSN 0803-2858

Norsk institutt for skogforskning (NISK)
Høgskoleveien 12,
1432 Ås

Tlf.: 64 94 90 00
Fax: 64 94 29 80
E-post: nisk@nisk.no
Internett: <http://www.nisk.no/>

Forsiden: Råte i lønnerflamme
Foto: Halvor Solheim

En analyse av råtefrekvens i eldre granskog, ut fra skoglige, klimatiske og edafiske faktorer

Vidar Sturla Ganes Stamnes, Svein Solberg, Halvor Solheim



Forord

Denne rapporten bygger på en hovedfagsoppgave av Vidar Sturla Ganes Stamnes, ved Norges landbrukshøgskole (NLH), Institutt for skogfag (ISF).

Datamaterialet stammer fra en landsomfattende råteundersøkelse i eldre gran-skog vinteren 1991/92. Registreringene ble utført på stubber etter sluttavvirkning. Nye geologiske data er tilført fra Norges Geologiske Undersøkelse (NGU), ved fagsjef Per Ryghaug.

Lars Strand og Øystein Johnsen, begge NISK, bidrog til tolkninger av statistiske kjøringer.

Vi takker nevnte personer og institusjoner for all hjelp og støtte.

Sammendrag

STAMNES, V. S. G., SOLBERG, S. & SOLHEIM, H. 2000. En analyse av råtefrekvens i eldre granskog, ut fra skoglige, klimatiske og edafiske faktorer. Rapport fra skogforskningen 17/00: 1-16.

I rapporten er det sett på om råtefrekvens i eldre granbestand kan forklares ut fra ti forklaringsvariabler for skoglige, klimatiske og edafiske forhold. Det er gjort for total råte, rotkjukeråte og honningsoppråte i slike bestand. Materialet bygger på den landsomfattende råteundersøkelsen på stubber etter hogst i eldre granskog vinteren 1992 (HUSE *ET AL.* 1994). Her er forklaringsvariablene kombinert, og fire nye forklaringsvariabler er tatt inn; tetraterm, nedbørssum, kværtærgeologi og berggrunn. Beregningene er begrenset til granas naturlige utbredelsesområde med 395 bestand i Midt Norge og 2324 bestand på Østlandet.

Generelt var forklaringsgraden svært lav. Geologi var den enkeltvariabelen som viste seg å forklare mest av den totale råtefrekvensen ($R^2 = 2.7\%$). Bestand på hav og fjordavsetninger og/eller kalkholdig berggrunn kom ut med høyest frekvens av total råte (32.0%). Bestand på silt, sand og/eller grusavsetninger kom i en mellomstilling (28.9%), mens de laveste råtefrekvensene var å finne på dypbergarter ("Oslo-feltet") med tynt eller usammenhengende løsmassedekke (26.5%), grunnfjell eller sedimentære bergarter med tynt eller usammenhengende løsmassedekke (26.4%) og tykk morene som ikke ligger på kalkholdig berggrunn (26.3%). Hver for seg var forklaringsvariablene geologi, andel gran, bonitet, nedbørssum, alder og stående volum signifikante for frekvens av både total råte og rotkjukeråte. For frekvens av honningsoppråte gjaldt dette variablene alder, geologi, tetraterm, treslags-sammensetning og høyde over havet. Det ble ikke funnet forskjeller mellom tynna og utynna bestand og heller ikke mellom planta og ikke planta bestand, hverken for frekvens av total råte, rotkjukeråte eller honningsoppråte.

En kovariansanalyse, hvor alle forklaringsvariablene inngikk, forklarte kun 5.0% av den totale råten, 5.7% av rotkjukeråten og 1.3% av honningsoppråten. For å estimere frekvens av total råte og rotkjukeråte i et eldre granbestand var geologi, granandel, nedbørssum og bonitet viktige forklaringsvariabler. For å estimere frekvens av honningsoppråte var geologi, alder og andel gran viktige forklaringsvariabler.

Nøkkelord: gran, total råte, rotkjukeråte, honningsoppråte, forklaringsvariabler, råtefrekvens.

Innhold

1	Innledning	4
2	Materiale og metoder	5
2.1	Materiale	5
2.2	Metoder	6
3	Resultat	7
4	Diskusjon.....	9
4.1	De viktigste forklaringsvariablene.....	9
4.2	Råte og modeller.....	13
4.3	Representativitet.....	13
5	Konklusjon	14
	Litteraturliste	15

Innledning

Råte er et betydelig problem for norsk skogbruk, og vårt viktigste treslag, gran (*Picea abies* (L.) Karsten), er svært utsatt. Flere undersøkelser av landskogtakseringens materiale viser en variasjon i frekvens av råte, registret i brysthøgde, fra 7 % til 9 % i de opprinnelige granskogområdene (HUSE 1983, SOLHEIM & HOLEN 1990, NIJOS U.Å.).

Ved boring i brysthøgde blir ikke all råte registrert, og spesielt honningsoppråte kan bli sterkt underrepresentert. Ensidig råte, eller svakt begynnende råte, kan også komme utenom borprøven eller vanskelig la seg påvise. Flere undersøkelser har vist at så lite som omkring 50 % av de råtnetrærne oppdages ved boring i brysthøgde (DIMITRI 1968, KALLIO & TAMMINEN 1974, SJÖBERG 1994).

En landsomfattende registrering av råte ved stubbeavskjær etter hogst vinteren 1991/92, viste at 26,8 % av granstubbene var infisert av råte (HUSE ET AL. 1994). Lignende undersøkelser i Nord-Trøndelag (NÆSVOLD 1989) og Midt-Norge (NÆSVOLD 1990) kom fram til at 25 % av stubbene var råteinfisert, mens noen hovedfagsoppgaver ved NLH viser en variasjon i total råtefrekvens fra 24 % til 30 % for enkelte kommuner/regioner (HOLMEN 1973, ENERSTVEDT & VENN 1979, VESTRUM 1981, MYHRE 1984, ARNEKLEIV 1985).

Det ser ut som at granskog på kalkrik (HOLMEN 1973, ENERTSVEDT & VENN 1979, MYHRE 1984) og tørkeutsatt (LØFTING 1951, ROLL-HANSEN 1969) mark er svært råteutsatt.

Den viktigste rotråtesoppen på gran er rotkjuke (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.). Rotkjukeråten er temmelig karakteristisk. Den går for det meste opp i stammen fra rota, og kan få en vertikalspredning på opptil tolv meter i treet (STENLID & REDFERN 1998). Rotkjuke opptrer helt opp til Saltfjellet. En annen råtesopp, som er vanlig utbredt i bartrær og løvtrær over hele landet, er honningsopp (*Armillaria* spp.). Honningsoppråte går ikke så langt opp i stammen på treet (sjelden over 2 meter), og er derfor av mindre betydning enn rotkjuke.

Med utgangspunkt i den landsdekkende råteundersøkelsen vinteren 1991/92 (HUSE ET AL. 1994), ønsket vi å undersøke om råtefrekvensen i eldre granbestand kan forklares ved hjelp av variabler knyttet til skoglige, klimatiske og edafiske faktorer, samt prøve å utarbeide modeller som kan estimere råtefrekvens i slike bestand. Dette er gjort ved å knytte materialet opp mot 4 nye forklaringsvariabler; tetraterm, nedbørssum, kvartærgeologi og berggrunn (Tabell 1).

Tabell 1. En nærmere oversikt over de 10 forklaringsvariablene som inngikk i materialet

Forklaringsvariabel	Nærmere spesifisering av forklaringsvariabel	
Kontinuerlige	Andel gran	% av treantallet
	Bonitet	H40 – systemet
	Nedbørssum	Sum nedbør i mm. for månedene juni, juli, august og september
	Alder	Målt i brysthøgde (1,3 m)
	Stående volum	M ³ pr da m/b før hogst
	Høyde over havet	Inndelt i 100 – meter soner
	Tetraterm	Gjennomsnittstemperaturen for månedene juni, juli, august og september
Kategorielle	Geologi	1. Hav- og fjordavsetning og/eller kalkholdig berggrunn 2. Grunnfjell eller sedimentære bergarter m/tynt eller usammenhengende løsmassedekke 3. Tykk morene som ikke ligger på kalkholdig berggrunn 4. Silt, sand og/eller grusavsetninger som ikke ligger på kalkholdig berggrunn 5. Dypbergarter ("Oslo-feltet") m/tynt eller usammenhengende løsmassedekke
	Skogbehandling	1) Ikke tynnet, 2) tynnet en gang, eller 3) tynnet flere ganger
	Skogetablering	1) Naturskog, 2) plantet skog eller 3) en blanding av de første

Materiale og metoder

Materiale

Hensikten med den landsomfattende råteundersøkelsen vinteren 1991/92 var å skaffe bedre oversikt over råteomfanget, råtens regionale utbredelse og råtens fordeling på ulike bestandstyper. Registreringene ble utført på stubber etter sluttavvirkning.

Alle skogeiere som hadde sluttavvirkning denne vinteren fikk tilsendt et registreringsskjema og veiledningsmaterieell fra NISK, via skogbruksetaten i den enkelte kommune. Ut fra visuelle kriterier ble råtetype klassifisert i 4 grupper: 1) rotkjukeråte, 2) honningsoppråte, 3) kombinasjonsråte (hvor både rotkjuke og honningsopp antas å være årsak til råtten) og 4) andre råtessopper. Råteomfanget ble klassifisert i 5 grupper som prosent av diameter: 1) ≤10 %, 2) 11-25 %, 3) 26-50 %, 4) 51-80 % og 5) ≥81 %. For hvert bestand skulle man telle opp minst 30 granstubber (friske og råtne) som var større enn 10 cm i diameter.

For hver skogeiendom ble det registrert produktivt skogareal og hogstkvantum (gjennomsnitt av 5 siste år). Der det forelå skogbruksplan ble det i tillegg registrert

balansekvantum og andel gammelskog. For det aktuelle bestandet ble høyde over havet, bonitet, alder, stående masse pr. da m/b, treslagssammensetning, etableringsmåte og tidligere skogbehandling registrert. Skogeierne utførte registreringa.

Totalt omfattet undersøkelsen 4914 bestand, men i denne rapporten har vi konsentrert oss om granas tradisjonelle utbredelsesområde. I tillegg tok vi ut alle bestand som manglet registreringer for en eller flere av forklaringsvariablene. Vi satt da igjen med totalt 2719 bestand, fordelt med 395 bestand i Midt-Norge (Sør- og Nord Trøndelag, samt Nordland opp til Saltfjellet) og 2324 bestand på Østlandet (Oppland, Hedmark, Akershus, Oslo, Vestfold, Østfold, Buskerud, Telemark og Aust-Agder).

For hvert bestand er nedbørssum (juni – september) og tetraterm estimert ut fra 30-årsnormalen i perioden 1961-1990 til Det norske meteorologiske institutt sine målestasjoner. Både nedbørssum og tetraterm er regnet ut som et gjennomsnitt av de tre nærmeste målestasjonene. Tetraterm er i tillegg justert med $-0,6^{\circ}\text{C}$ pr. 100 meter økning i høyde over havet. I beregningene inngikk 984 målestasjoner for nedbør og 500 stasjoner for temperatur.

Hvert bestand fikk tilegnet data for berggrunns- og løsmassetype ut fra bestandets kartkoordinater. Dataene kom fra et kvartærgeologisk kart (THORESEN 1990) og et berggrunnskart (SIGMOND 1992), og arbeidet ble utført av Norges Geologiske Undersøkelse (NGU) i Trondheim. Berggrunns- og løsmassetypene ble senere klassifisert til 5 grupper (Tabell 1). Det ble lagt vekt på kalkinnhold (Ca) og vanntilgang, og grupperingen ble gjennomført i samråd med geologer ved Jordforsk på Ås.

Metoder

For hvert bestand er det beregnet tre uttrykk for råtefrekvens; frekvens av total råte, rotkjukeråte og honningsoppråte. Kombinasjonsråte inngår da både hos frekvens av rotkjukeråte og honningsoppråte. Disse råtefrekvensene er brukt som avhengige variabler i regresjons-, varians- og kovariansanalyser.

Det ble først beregnet enkle regresjoner mellom de kontinuerlige forklaringsvariablene og de avhengige variablene, og deretter variansanalyser mellom de kategoriske forklaringsvariablene og de avhengige variablene.

Videre ble det foretatt kovariansanalyser, for hver av de 3 avhengige variablene, der ti forklaringsvariabler inngikk. Denne analysen ble kjørt uten eventuelle samspill mellom forklaringsvariablene, og med alle mulige matematiske samspill mellom forklaringsvariablene.

Til slutt ble noen modeller utvalgt som de best egnede til å estimere råtefrekvensen i eldre granbestand. For å komme fram til de beste kombinasjoner av variabler ble det brukt "stegvise" – analyser. Denne metoden starter med den variabelen som gir høyest statistisk signifikans. Deretter tar man inn den variabelen som gir den beste to – variabelkombinasjonen, og slik fortsetter man inntil det ikke er flere variabler som gir signifikante bidrag. Det ble laget slike modeller for frekvens av både total råte, rotkjukeråte og honningsoppråte.

Alle beregninger er utført i dataprogrammet SAS (SAS/STAT 1990), og det ble benyttet et signifikansnivå på 5 %.

Resultat

Hver for seg var forklaringsvariablene geologi, granandel, bonitet, nedbørssum, alder og stående volum signifikante for frekvens av både total råte og rotkjukeråte. For frekvens av honningsoppråte gjaldt dette variablene alder, geologi, tetraterm, andel gran og høyde over havet (Tabell 2 og 3).

Selv om flere av variablene var signifikante, for en eller flere av råtetypene, var forklaringsevnen svært lav. De geologiske forhold på voksestedet var likevel den enkeltvariabelen som viste seg å forklare mest av råten, det være seg frekvens av total råte ($R^2 = 2,7\%$), rotkjukeråte ($R^2 = 2,6\%$) eller honningsoppråte ($R^2 = 0,5\%$). Det var bestand på hav- og fjordavsetninger og/eller kalkholdig berggrunn som kom ut med høyest råtefrekvens. Skog på silt, sand og/eller grusavsetninger kom i en mellomstilling, mens de laveste råtefrekvensene var å finne i skog på andre geologiske forhold (Tabell 3).

Det ble ikke funnet noen forskjeller mellom tynna og utynna bestand, og heller ikke mellom planta og ikke planta bestand, hverken for frekvens av total råte, rotkjukeråte, eller honningsoppråte.

En kovariansanalyse, der ti forklaringsvariabler inngikk, forklarte kun 5,0 % av den totale råtefrekvensen, 5,7 % av frekvensen av rotkjukeråte og 1,3 % av frekvensen av honningsoppråte. Tok en hensyn for alle mulige matematiske samspill mellom variablene, økte forklaringen til henholdsvis 13,0 %, 13,1 % og 8,4 %.

De utvalgte kovariansmodellene er presentert i tabell 4. For å estimere frekvens av total råte og rotkjukeråte i et eldre granbestand var geologi, andel gran, nedbørssum og bonitet viktige forklaringsvariabler. For å estimere frekvens av honningsoppråte var variablene geologi, alder og andel gran viktige.

Tabell 2. Resultater av enkle regresjonsanalyser for frekvens av total råte, rotkjukeråte og honningsoppråte. β = regresjonskoeffisient, R^2 = forklaringsgrad, p = signifikansnivå

Forklarings variabel	Total råte			Rotkjukeråte			Honningsoppråte		
	β	R^2	p	β	R^2	p	β	R^2	p
Andel gran	0,10	0,018	0,0001	0,09	0,018	0,0001	0,02	0,0022	0,0138
Bonitet	0,42	0,008	0,0001	0,48	0,014	0,0001	-0,08	0,001	0,0691
Nedbørssum	-0,01	0,004	0,0007	-0,01	0,005	0,0003	-0,01	0,000	0,3507
Alder	-0,04	0,003	0,0031	-0,05	0,008	0,0001	0,02	0,003	0,0055
Stående volum	0,09	0,003	0,0022	0,11	0,006	0,0001	-0,01	0,000	0,4736
Høyde over havet	-0,13	0,000	0,4059	-0,25	0,001	0,0649	0,18	0,002	0,0167
Tetraterm	0,02	0,000	0,9269	0,13	0,000	0,4104	-0,23	0,002	0,0110

Tabell 3. Frekvens (%) av total råte, rotkjuke­råte og honningsoppråte for 5 geologiske typer. Middeltallene er justert for ubalanserte data (LSMEANS, SAS/STAT 1990). R^2 = forklaringsgrad, p = signifikansnivå

Geologisk gruppe	Total råte	Rotkjuke råte	Honning soppråte
	$p = 0,0001$, $R^2 = 0,027$	$p = 0,0001$, $R^2 = 0,026$	$p = 0,0084$, $R^2 = 0,005$
1. Hav- og fjordavsetninger og/eller kalkholdig berggrunn	32,0	23,5	8,6
2. Grunnfjell eller sedimentære bergarter m/tynt eller usammenhengende løsmassedekke	26,4	18,8	7,4
3. Tykk morene som ikke ligger på kalkholdig berggrunn	26,3	18,2	8,2
4. Silt, sand og grus avsetninger som ikke ligger på kalkholdig berggrunn	28,9	20,5	8,3
5. Dypbergarter ("Oslo-feltet") m/tynt eller usammenhengende løsmassedekke	26,5	18,3	7,6

Tabell 4. Utvalgte modeller: Parameterestimater for estimering av råtefrekvens, basert på kovariansanalyser

	Total råte	Rotkjuke råte	Honning soppråte
ANDEL GRAN	0,08	0,07	0,01
NEDBØRSSUM	-0,01	-0,01	-
BONITET	0,26	0,34	-
ALDER	-	-	0,02
GEOLOGI			
1. Hav- og fjordavsetninger og/eller kalkholdig berggrunn	25,1	15,9	5,4
2. Grunnfjell eller sedimentære bergarter m/ tynt eller usammenhengende løsmassedekke	20,1	11,9	4,3
3. Tykk morene som ikke ligger over kalkholdig berggrunn	18,8	10,3	4,9
4. Silt, sand og/eller grusavsetninger som ikke ligger over kalkholdig berggrunn	21,6	12,6	5,2
5. Dypbergarter ("Oslo-feltet") m/tynt eller usammenhengende løsmassedekke	19,2	10,9	4,1

Hvordan lese tabell 4 (eksempel):

Frekvens (%) av total råte = Type geologi + 0,08 * andel gran (%) – 0,01 * nedbørssum (mm) + 0,26 * bonitet (H40)

Tabell 5. Viser hvordan sluttavvirkningsalderen (målt i brysthøge) varierte med forskjellige bonitetsklasser

	Bonitet (H40)						
	6	8	11	14	17	20	23
Sluttavvirkningsalder	130,5	114,7	112,1	103,4	92,4	82,9	71,5

Diskusjon

I denne rapporten er det undersøkt om råtefrekvens i eldre granbestand kan forklares ut fra ti variabler knyttet til skoglige, klimatiske og edafiske faktorer. Flere av forklaringsvariablene viste, sammen og hver for seg, sterk statistisk signifikans, det være seg frekvens av total råte, rotkjukeråte eller honningsoppråte, men generelt var forklaringsgraden svært lav. Geologi har fått ekstra stor plass da det er første gang at denne variabelen har blitt knyttet opp mot råte i skog over et så stort geografisk område.

De viktigste forklaringsvariablene

Geologi

Hav- og fjordavsetninger og/eller kalkholdig berggrunn

Skog på hav- og fjordavsetninger og/eller kalkholdig berggrunn hadde høyest frekvens av total råte. Disse bergarter/avsetningstyper er kalkrike, inneholder for det meste silt og leire, men kan også inneholde grovere materiale fraktet med isfjell og is dannet i elver og fjorder om vinteren (THORESEN 1991, LANDVIK & HEIM 1996). Flere undersøkelser har vist at skog på kalkrike avsetninger/bergarter har stor risiko for å bli angrepet av råte (KÖNIG 1923, LØFTING 1937, HOLMEN 1973, ENERSTVEDT & VENN 1979, MYHRE 1984). Slike geologiske forekomster har et høgt innhold av kalsium (LÅG 1979). Det er kjent at kalsium og pH i jord er sterkt positivt korrelert, og derfor er det vanskelig å si om det er pH eller kalsium som er den direkte årsak til høy råtefrekvens. Flere av rotjukas konkurrerende sopper trives dårlig ved høy pH (>6), og dette begunstiger dermed råtesoppen under slike forhold (KORHONEN & STENLID 1998). Høy pH kan også påvirke tilgjengeligheten av næringsstoffer i jorda. Mangan kan bindes så sterkt ved høy pH at det oppstår mangel (HOLMEN 1973). Trærnes vitalitet blir da svekket og råtesoppene får lettere innpass. HOLMEN (1973) skriver videre at dette trolig gjelder for andre næringsstoffer også.

Grunnfjell, eller sedimentære bergarter, med tynt eller usammenhengende løsmassedecke

I denne undersøkelsen består grunnfjellet for det meste av næringsfattige gneiser og granitter som forvitrer sent. Sandstein, konglomerat og tillitt dominerer i de sedimentære bergartene. Her kan forvittringsgraden variere kraftig, men generelt er næringsinnholdet lavt (LÅG 1979, LANDVIK & HEIM 1996). "Sur" og næringsfattig berggrunn er trolig hovedårsaken til at skog på denne gruppen kom ut med lav

frekvens av total råte. Dette underbygges også av resultater fra tidligere undersøkelser (HOLMEN 1973, MYHRE 1984).

Tykk morene som ikke ligger på kalkholdig berggrunn

Morene er dannet ved breens løsriving, transport og avsetning av materiale fra både fast fjell og løsmasser. En skulle da tro at skog på slike avsetningstyper skulle få en viss variasjon i total råtefrekvens, alt etter hvilke geologiske forhold som karakteriserer nærmiljøet. Dette ser også ut til å være tilfelle. Skog på morene, over grunnfjell, kom ut med lav frekvens av total råte, mens skog på morene over andre bergarter hadde noe høyere råtefrekvens. Den gjennomsnittlige totale råtefrekvensen ble likevel lav, noe som trolig skyldes at ca. 40 % av feltene var å finne på grunnfjell. En skal også være klar over at skog på morene har gunstige fuktighetsforhold (LÅG 1979). Jevn vanntilgang er en viktig faktor for å minske råteangrep (RENNERFELT 1946, LØFTING 1951, REVHAUG 1979). ENERSTVEDT & VENN (1979) og MYHRE (1984) fant også lav frekvens av total råte i skog på morenemateriale.

Elv- og bekkavsetninger, breelv- og bresjøavsetninger og strandavsetninger som ikke ligger på kalkholdig berggrunn

Elv- og bekkavsetninger og breelv- og bresjøavsetninger består for det meste av sand og grus, men begge kan inneholde en del finkornig materiale (LANDVIK & HEIM 1996). Disse to avsetningstypene skiller seg lite fra hverandre hvis en ser bort fra eventuelle forskjeller i opphavsmaterialet og utstrekning i vertikalplanet (THORESEN 1991). Strandavsetninger kan ha en variasjon i kornstørrelse fra blokk til sand, og stedvis forekommer også skjell og skjellsand som er kalkrike (LÅG 1979). At den totale råtefrekvensen i denne gruppen var såpass høy skyldes nok flere faktorer. Skog på sand- og grusavsetninger er tørkeutsatt (THORESEN 1991), og tørke kan, som tidligere nevnt, nedsette skogens vitalitet og dermed gi økt råteangrep. I tillegg kan slike sand og grusrygger ligge utsatt til for vær og vind. Rotvelter, toppbrekk, rottrykking med mer, kan øke mulighetene for soppangrep.

Hver for seg kom elv- og bekkavsetninger ut med noe høyere frekvens av total råte enn de to andre avsetningstypene. Det er viktig å være klar over at elv- og bekkavsetninger ofte ligger som et tynt lag over andre avsetningstyper, i motsetning til for eksempel breelv- og bresjøavsetninger som er av mer mektig karakter. Råtefrekvensen hos førstnevnte kan derfor være sterkt påvirket av underliggende lag, og i lavlandet vil disse avsetningene ofte være av marine typer (THORESEN 1991, LANDVIK & HEIM 1996). Det er også grunn til å tro at områder med skjellsand vil gi høyere total råtefrekvens. Dessverre var det ikke mulig å foreta en slik inndeling i denne undersøkelsen, men LÅG (1979) skriver at det er vanlig å finne skjellsand under marin grense på kysten av Møre og Romsdal, Trøndelag, Nordland, Troms, samt i Østfold. På Inderøya fant VESTRUM (1981) at frekvensen av total råte var noe større på sedimentære avsetninger i forhold til morene. Han definerte imidlertid ikke den sedimentære avsetningstypen noe nærmere. Trolig er det et høgt innslag av hav- og fjordavsetninger da området ligger i Trondheims-regionen, der denne avsetningstypen har stor utbredelse (THORESEN 1990). HUSE (1983) fant også høgest frekvens av total råte på sedimentær jord.

Dypbergarter ("Oslo-feltet") med tynt eller usammenhengende løsmasse-dekke

Disse bergartene kan inneholde kalsium, men de forvitrer stort sett langsomt (LANDVIK & HEIM 1996). I likhet med grunnfjell – gruppen vil innhold av næringsstoffer i jorda bli lavt, og det er derfor naturlig at råtefrekvensen blir lav. HOLMEN (1973) og ENERSTVEDT & VENN (1979) fant også lav frekvens av total råte i skog på dypbergarter.

Granandel

Økende andel av gran (%), og dermed mindre innslag av lauv og furu, førte til at råtefrekvensen økte både for total råte, rotkjukeråte og honningsoppråte. Tidligere undersøkelser viser noe varierende sammenheng mellom råte og andel gran.

HUSE (1983) undersøkte landskogtakseringens materiale fra perioden 1969-76 og fant at den totale råtefrekvensen var lavest for gran i furudominert skog og i barblandingsskog. Innslag av lauv viste liten forskjell. Samme tendens er funnet i landskogtakseringens materiale fra perioden 1982-86 (SOLHEIM & HOLEN 1990), i en landsomfattende undersøkelse i Sverige (SJÖBERG 1994) og i en undersøkelse av rotkjukeråte i Finland (PIRI ET AL. 1990).

På Stange fant MYHRE (1984) at den totale råtefrekvensen avtar med økende innslag av furu og lauv. I samme område 12 år senere, fant KRISTOFFERSEN (1996) lik tendens for andel lauv, mens det var motsatt for andel furu. KRISTOFFERSEN (1996) tror at årsaken til hans resultat kommer av at materialet utelukkende bestod av typisk granmark med stor produksjonsevne. Han forteller videre at dette er mark der furua mistrives og utkonkurreres av gran og lauv. I tillegg var feltene så hardt rammet av råte at det trolig måtte til større innblanding av furu før rotsammenvoksningsner skulle unngås.

I en undersøkelse fra Øvre Eiker ble det påvist en nedgang i frekvens av rotkjukeråte med økende andel furu og lauv, mens tendensen var motsatt for honningsoppråte med økende andel av furu (ENERSTVEDT & VENN 1979).

Økende andel av lauv og/eller furu gjør at tettheten av gran minker, og dermed minker sjansen for rotsammenvoksningsner (VENN & SOLHEIM 1989). Om det er større andel av andre treslag som er årsak til lavere frekvens av råte, eller om det rett og slett er lavere tettheten av gran, er derfor vanskelig å ta stilling til.

En annen teori er at blandingsskog gir et mer stabilt bestand som er mindre utsatt for rottrykking der røttene såres, eller rives av. Sår i granrøttene har, som tidligere nevnt, vist seg å være inngangsport for smitte av rotkjuke (SOLHEIM 1990).

Det er og vist at strøfall fra blandingsskog påvirker mikroorganismene i jordsmonnet i en retning som hemmer utviklingen av rotråte (ROLL HANSEN 1969, KALLIO 1979). Denne teorien støttes av STENLID, SWEDJEMARK & VOLLBRECHT (1995), der dette forklares med at humus av bar og lauv i blanding trolig gir bedre levekår for sopper som utkonkurrerer rotkjuka.

Nedbørssum

Frekvensen av total råte, rotkjukeråte og honningsoppråte var synkende med økende nedbørssum i juni, juli, august og september. Denne faktoren er lite undersøkt tidligere. SCHLENKER (1976) påstod at et kaldt klima med kort vegetasjonstid og høy nedbør hemmer rotråten. En annen forklaring kan være at områder med høyere andel av nedbør om sommeren er mindre utsatt for tørke. Tørke kan skade røttene slik at råtesoppene får gunstige vilkår (ROLL-HANSEN & ROLL-HANSEN 1993). Et annet forhold kan være at rotkjuke helst infiserer stubber i godværsperioder sommerstid. I regnværsperioder blir det mindre infeksjon da konkurrerende sopper til rotkjuke øker sin produksjon av fruktlegemer og sporer (SOLHEIM 1994, BRANDBERG, JOHANNSON & SEEGER 1996).

Bonitet

Frekvens av total råte og rotkjukeråte var høyest på de beste bonitetene, samt bonitet H40 = 8. For frekvens av honningsoppråte ble det ikke påvist noen signifikant sammenheng. I likhet med oss fant HUSE (1983) at den totale råtefrekvensen var høyest på de beste og den dårligste boniteten. Det samme er funnet i andre regionale undersøkelser (KALLIO & TAMMINEN 1974, NÆSVOLD 1989). Andre undersøkelser viser at frekvensen av rotkjukeråte avtar med synkende bonitet (ENERSTVEDT & VENN 1979, VESTRUM 1981), mens det er motsatt for frekvens av honningsoppråte (ENERSTVEDT & VENN 1979, og MYHRE 1984).

Årsaken til at frekvensen av total råte og rotkjukeråte er høy på de bedre bonitetene, skyldes nok flere faktorer. Næringsforholdene øker for eksempel med stigende bonitet, og økt kalsiuminnhold har, som tidligere nevnt, stor innvirkning på råtefrekvensen i skog. Årringebredden er positivt korrelert med stigende bonitet. Ved på gode boniteter blir derfor "løsere" og densiteten dermed lavere. Råtesoppene kan da bre seg raskere både i lengderetningen og tverretningen (ROLL HANSEN 1969). At frekvensen av total råte og rotkjukeråte ser ut til å være høy på H40 = 8 har nok andre årsaker. Kraftig næringsmangel kan føre til at trærne er noe svekket og derfor mindre motstandsdyktig mot råtesopper. Lave boniteter har ofte tynne løsmassedekker som igjen er tørkeutsatt, og tørke kan som kjent gi innpass for råtesopper.

Tidligere undersøkelser har sett på råtefrekvens i skog i forhold til bonitet og alder, og det var derfor interessant å se på dette i denne undersøkelsen også. Ser man på variabelen alder alene, ser det ut som at frekvensen av rotkjukeråte avtar med økende alder. Forklaringen ligger imidlertid i en vridning fra god mot dårlig bonitet med økende alder. Det er altså sluttavvirkningssalderen som øker med synkende bonitet (Tabell 5). Når vi da vet at frekvensen av rotkjukeråte er størst på de bedre bonitetene, er det naturlig at det ser ut som at råten går ned med økende alder. ENERSTVEDT & VENN (1979), VESTRUM (1981), HUSE (1983) og MYHRE (1984) kom også fram til samme resultat. Dette underbygges også med at furu har større innslag på magrere boniteter i forhold til gode (ENERSTVEDT & VENN 1979, MYHRE 1984). Angrep av rotkjuke på furu har vært av liten betydning i de tradisjonelle granskogområdene i Norge (ROLL HANSEN & ROLL HANSEN 1993). Det er her vi finner den såkalte S-typen av rotkjuke som sjelden angriper furu (KORHONEN 1978).

Honningsopp liker seg derimot bedre på dårlige boniteter, og denne soppen går gjerne på furu.

Råte og modeller

For Norderhov distrikt i Buskerud er det laget en annen modell for å estimere frekvensen av total råte i granbestand (EIDE, VENN & SOLHEIM 1999). Modellen gir en spredning i bestandsråtefrekvens i intervallet 13,0 % - 54,0 %, i motsetning til vår modell (13,5 % - 37,3 %). Det var derfor interessant å sammenligne de to modellene med konkrete eksempler.

Eksempel 1		Eksempel 2	
Granandel	= 95 %	Granandel	= 85 %
Høyde over havet	= 100 meter	Høyde over havet	= 200 meter
Bonitet H40	= 20	Bonitet H40	= 11
Vegetasjonstype	= Småbregne	Vegetasjonstype	= Blåbær
Geologi	= Hav- og fjordavsetning	Geologi	= Grunnfjell m/ tynt el. us. løs. dekke
Alder	= 80 år	Alder	= 110 år
Skogbehandling	= 2 tynninger	Skogbehandling	= urørt
Nedbørssum	= 250 millimeter	Nedbørssum	= 500 millimeter

Eksempel 1:		Eksempel 2:	
EIDE ET AL. 1999	= 34,8 %	EIDE ET AL. 1999	= 19,4 %
VÅR MODELL (TAB. 4)	= 35,4 %	Vår modell (Tab. 4)	= 24,8 %

I eksempel 1 kom de to modellene ut med noenlunde lik frekvens av total råte, mens man fikk to forskjellige resultat i eksempel 2.

Representativitet

Materialet som ligger til grunn for denne rapporten er omfattende, og de resultater som foreligger skulle derfor være representative for råtesituasjonen i våre tradisjonelle granskogområder i dag.

Midt-Norge og Østlandet representerer et geografisk stort område der det vil være til dels store forskjeller i skoglige, edafiske og klimatiske forhold. Med slike sammenslåinger er det derfor en fare for at en ikke fanger opp eventuelle forskjeller innen regionene, og/eller mellom regionene. I materialet til HUSE ET AL. (1994) varierte den total råtefrekvensen fra 16,9 % til 37,2 % for kommuner innen Østlandet, og fra 11,6 % til 34,9 % for kommuner i Midt-Norge. Den gjennomsnittlige råtefrekvensen for Østlandet og Midt-Norge var nesten identisk det være frekvens av total råte (27,6 % og 28,4 %), rotkjukeråte (19,7 % og 20,4 %) eller honningsopperåte (7,8 % og 8,2 %). Selv om det var liten forskjell i de gjennom-

snittlige råtefrekvensene for de to regionene, viser den store kommunevariasjonen at lokale forhold er av stor betydning. Dette må man være klar over når konklusjoner skal trekkes.

Selv om råtefrekvens i eldre granskog er knyttet opp mot ti variabler, ble forklaringsgraden svært lav. Dette tilsier at andre forhold, enn de som er belyst i denne rapporten, er av stor betydning. Sannsynligvis har lokalklimaet, med temperatur og fuktighet, stor innvirkning. Det ser altså ikke ut som at våre modeller klarer å fange opp de forhold man finner i det enkelte bestand. Ser man imidlertid på råteforholdene over større områder (kommuner, regioner etc.), er det grunn til å tro at modellene får større gyldighet. Innsamling av gjennomsnittstall for geologi, andel gran, nedbørssum og bonitet skulle heller ikke by på de store problemer.

Materialet bak denne rapporten bygger på stubberegistreringer i eldre granskog, og det er derfor tvilsomt om resultatene kan overføres til yngre granskog.

Konklusjon

Flere av forklaringsvariablene viste, hver for seg, sterk statistisk signifikans for frekvens av total råte, rotkjukeråte og/eller honningsoppråte, men forklaringsgraden var svært lav. De geologiske forhold på voksestedet var likevel den variabelen som kom best ut, det være seg frekvens av total råte ($R^2 = 2,6 \%$), rotkjukeråte ($R^2 = 2,7 \%$) eller honningsoppråte ($R^2 = 0,5 \%$).

En kovariansanalyse forklarte kun 5,0 % av den totale råtefrekvensen, 5,7 % av rotkjukeråte frekvensen og 1,3 % av honningsoppråte frekvensen. Tok man hensyn for alle mulige matematiske samspill mellom forklaringsvariablene økte bare forklaringen til henholdsvis 13,0 %, 13,1 % og 8,4 %.

Viktige forklaringsvariabler for å estimere frekvens av total råte og rotkjukeråte i et eldre granbestand er: geologi, andel gran, nedbørssum og bonitet. For å estimere honningsoppråte er variablene geologi, alder og andel gran viktige.

Litteraturliste

- Arnekleiv, G. 1985. Forekomst og utbreiing av råte i granskog i Ringebu kommune. Hovedfagsoppgave ved Norges landbrukshøgskole, Ås. 68s. Upublisert.
- Brandberg, P. O., Johansson, M. & Seeger, P. 1996. Effects of Season and Urea Treatment on Infection of Stumps of *Picea abies* by *Heterobasiodion annosum* in Stands on Former Arable Land. *Scand. J. For. Res.* 11: 261-268.
- Dimitri, L. 1968. Ermittlung der Stammfäule von Fichten (*Picea abies* Karst.) durch Bohrspanentnahme. *Forstarchiv* 39(10): 221-224.
- Eide, B., Venn, K. & Solheim, H. 1999. Råteforekomst i granskog. Skogtakst A/S og Norsk institutt for skogforskning. Oppdragsrapport 5/99. 25s. + vedlegg.
- Enerstvedt, I. L. & Venn, K. 1979. Råte i eldre granskog. En undersøkelse på hogstflater i Øvre Eiker. *Medd. Nor. inst. skogforsk.* 35: 237-264.
- Holmen, E. 1973. Forekomst av råte i gammel granskog på ulike voksesteder i Osloområdet, råstens utbredelse og symptomer. Hovedfagsoppgave ved Norges landbrukshøgskole, Ås. 51s. Upublisert.
- Huse, J. K. 1983. Forekomst av råte i norsk granskog. *Rapp. Nor. insti. skogforsk.* 3-83: 1-39.
- Huse, J. K., Solheim, H. & Venn, K. 1994. Råte i gran registrert på stubber etter hogst vinteren 1992. *Rapp. Skogforsk* 23-94: 1-26.
- Kallio, T. 1979. Rotråta hos gran och tall. *Kansallis Psake-Pankin. Talcudellinen Katsaus B-upplaga.* Nr. 31. 40s.
- Kallio, T. & Tamminen, P. 1974. Decay of spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) in the Åland Islands. *Acta For. Fenn.* 138: 1-42.
- Korhonen, K. 1978. Intersterility groups of *Heterobasidion annosum*. *Comm. Inst. Forest. Fenn.* 96(6). 25pp.
- Korhonen, K. & Stenlid, J. 1998. Biology of *Heterobasidion annosum*. In: *Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R. & Hüttermann, A. (eds.): Heterobasidion annosum. Biology, Ecology, Impact and Control.* CAB International. 43-70.
- Kristoffersen, T. 1996. Rotråtefrekvens i granbestand ved innblanding av andre treslag. Hovedfagsoppgave ved Norges landbrukshøgskole, Ås. 70s. Upublisert.
- König, J. 1923. Über Rotfäulebestände und deren Behandlung. *Tharandter Forstl. Jahrb.* 74: 63-74.
- Landvik, J. & Heim, M. 1996. Geologi grunnkurs. Kurshefte og øvelser. Landbruksbokhandelen. 3. Utgave. 126s. + vedlegg.
- Løfting, E. C. L. 1937. Rodfordaerverangrebenes betydning for sitkagrans anvendlighed i Klitter og Heder. *Forst. ForsVæs. Danm.* 14: 133-160.
- Løfting, E. C. L. 1951. Nogle betragtninger over *Fomes annosus* og *Hylesinus piniperda*. *Dansk Skovforen. Tidsskr.* 36: 645-652.
- Låg, J. 1979. *Berggrunn, jord og jordsmonn.* Landbruksforlaget. 194s.
- Myhre, E. A. 1984. Forekomst av rotråte i gran på ulike voksesteder. Hovedfagsoppgave ved Norges landbrukshøgskole, Ås. 71s. Upublisert.
- Norsk institutt for jord- og skogkartlegging u. å. Fylkesvis oversikt fra den 6. Landskogtakseringen utført i perioden 1987-1993. Tabell 40 og 43. Disse fylkesrapportene er brukt: Nordland, Nord-Trøndelag, Sør-Trøndelag, Hedmark, Oppland, Akershus og Oslo, Østfold, Vestfold, Buskerud, Telemark, Aust-Agder.

- Næsvoid, H. B. 1989. Forekomst av råte i eldre granskog. Nord-Trøndelagsforskning. Rapport 1-89: 1-23 + vedlegg.
- Næsvoid, B. H. 1990. Råteundersøkelse i Midt-Norge. Nord-Trøndelagsforskning. Rapport 2-90: 1-23 + vedlegg.
- Piri, T., Korhonen, K. & Sairanen, A. 1990. Occurrence of *Heterobasidion annosum* in Pure and Mixed Spruce Stands in Southern Finland. *Scand. J. For. Res.* 5: 113-125.
- Rennerfelt, E. 1946. Om rottrötan (*Polyporus annosus* Fr.) i Sverige. Dess utbredning och sätt att uppträda. *Meddn. St. SkogforskInst.* 35(8): 1-88.
- Revhaug, E. 1979. Variasjon i råteforhold i Midtre Gauldal. Hovedfagsoppgave ved Norges landbrukshøgskole, Ås. 70s. Upublisert.
- Roll-Hansen, F. 1969. Soppsykdommer på skogstrær. Vollebekk 1969. 173s.
- Roll-Hansen, F. & Roll-Hansen, H. 1993. Sykdommer på skogstrær. 2-utgave. Landbruksforlaget 1993. 120s.
- SAS/STAT 1990. User's Guide, Version 6, Fourth Edition, Volume 1/Volum 2, SAS Institute USA. 1-1686.
- Schlenker, G. 1976. Einflüsse des standorts und der Bestandsverhältnisse auf die Rotfäule (Kernfäule) der Fichte. In: *Der Wurzelschwamm (Fomes annosus) und die Rotfäule der Fichte (Picea abies). Forstwissenschaftliche Forschungen, Beihefte zum Forstwissenschaftliches Centralblatt, 36.* Verlag Paul Parey, Hamburg und Berlin. Pp. 47-57.
- Sigmond, E. M. O. 1992. Berggrunnskart, Norge med havområder. Målestokk 1:3 millioner. Norges Geologiske Undersøkelse.
- Sjöberg, H. 1994. Rottröta i Sverige. *Skogforsk* 14-94: 4s.
- Solheim, H. 1990. Misfarging og råte etter såring av gran i tynningsbestand. *Norsk Skogbruk* 36(1): 32-33.
- Solheim, H. 1994. Infeksjon av rotkjuke på granstubber til ulike årstider og effekten av ureabehandling. *Rapp. Skogforsk* 3-94: 1-10.
- Solheim, H. & Holen, O. C. 1990. Rotråde – et sunnhetsproblem i norsk granskog. *Norsk Skogbruk* 36(5): 26-27.
- Stenlid, J. & Redfern, D. B. 1998. Spread within the Tree and Stand. In: *Woodward, S., Stenlid, J., Karjalainen, R. & Hüttermann, A. (eds.): Heterobasidion annosum. Biology, Ecology, Impact and Control.* CAB International. 125-142.
- Stenlid, J., Swedjemark, G. & Vollbrecht, G. 1995. Rottröta drabbar inte bara gran. Uppsala. Fakta skog Nr. 12. 1995. 4s.
- Thoresen, M. K. 1990. Kvartærgeologisk kart over Norge. Tema: jordarter. Målestokk 1:1 millioner. Norges Geologiske Undersøkelse.
- Thoresen, M. K. 1991. Kvartærgeologisk kart over Norge. Tema: jordarter. Norges Geologiske Undersøkelse. 64s.
- Venn, K. & Solheim, H. 1989. Råte i granskog. Bedre virkeskvalitet. Seminar ved NISK torsdag 7.des. 1989. Aktuelt fra NISK. 1-89: 21-26.
- Vestrum, G. 1981. Forhold av betydning for ulike råtetypers frekvens og utbredelse. En undersøkelse på hogstflater i Inderøy. Hovedfagsoppgave ved Norges landbrukshøgskole, Ås. 50s. Upublisert.

Rapport fra skogforskningen Utkommet i 2000:

- 1/00: *Øystein Dale og Morten Nitteberg*: Skogsdrift med snøscooter. Trekkrefter for ulike snøscootere, utstyrsstudier, praktiske metodeforsøk. En delrapport fra prosjektet: Skogbehandling og driftssystemer tilpasset boreal regnskog og verneskog.
- 2/00: *Stein Magnesen*: Vekst og overleving hos sitkagran fra skogfrøplantasjer og plantefelt på Vestlandet.
- 3/00: *Bernt-Håvard Øyen*: Naturlig avgang i gran- og furuskog.
- 4/00: *Helge Braastad og Bjørn Tveite*: Tynning i granbestand. Effekten på tilvekst, dimensjonsfordeling og økonomi.
- 5/00: *Ketil Kohmann*: Voksbehandling av rothalsen på skogplanter som alternativ til insekticider som brukes mot insektgnag etter utplanting.
- 6/00: *Per Otto Flæte og Birger Eikenes*: Osp som byggemateriale.
- 7/00: *Kjell Vadla*: Virkesegenskaper hos fuglekirsebær (*Prunus avium L.*).
- 8/00: *Svein Solberg, Kjell Andreassen, Tone Groeggen*: Tilvekst på skogoppsynets overvåkingsflater 1991-96 (Forest yield on forest officers' monitoring plots 1991-1996 in Norway).
- 9/00: *Jørn Lileng og Øystein Dale*: Aktivitetsnivået i vanskelig terreng – i Norge.
- 10/00: *Hans Nyeggen og Jan-Ole Skage*: Juletrekvaliteter etter kontrollerte kryssninger med gran fra Stange frøplantasje.
- 11/00: *Helge Braastad og Bjørn Tveite*: Ungskogpleie i granbestand. Effekten på tilvekst, diameterfordeling, kron høyde og kvisttykkelse.
- 12/00: *Ingvald Røsberg og Dan Aamlid*: Program for terrestrisk naturovervåking. Overvåking av jordvann – Årsrapport 1999.
- 13/00: *Dan Aamlid, Svein Solberg, Gro Hysten, Kjetil Tørseth*: Skogskader og skogovervåking i Norge. Årsrapport for Overvåkingsprogram for skogskader 1999. (*Forest damage and forest monitoring in Norway - Annual report of The Norwegian Monitoring Programme for Forest Damage 1999*)
- 14/00: *Kjell Vadla*: Kvisting av furu med forskjellig kvistingsutstyr
- 15/00: *Stein Magnesen*: Proveniensforsøk med rumensk gran i Vest-Norge
- 16/00: *Svein Solberg*: Skogoppsynets overvåkingsflater Vitalitetsregistreringer 2000 *Forest Officers' Monitoring Plots. Vitality survey 2000*

-
- **Supplement 15:** *Svendsrud, A.*: Tabeller for beregning av verdien av skogbestand.
- **Supplement 16:** *Nicholas Clarke and Anne Camilla Bergkvist*: Methods for the fractionation of organic nitrogen in natural waters