

# Skador i samband med gallring i granskog- en litteraturstudie

Karin Johansson, Eric Agestam, Ulf Johansson, Urban Nilsson

## Inledning

Denna litteraturstudie omfattar skador uppkomna vid gallring av granbestånd och ingår som underlag för vidare studier av skador i samband med gallring i det nystartade Granprogrammet. I huvudsak är det studier och undersökningar gjorda i Sverige och studier som kan kopplas till svenska gallringsmetoder som sammanfattats. Jämförelser med andra trädslag har inte tagits upp.

Mycket av den litteratur som finns tillgänglig om körskador i gallringar är relativt gammal, från slutet av 1970-talet och tidigt 1980-tal. Gallringarna var då delmekaniserade och de maskiner som användes och var främst traktorer eller skotare. Träden fälldes motormanuellt och virket broslades till stickväg. I studierna är det inte ovanligt att maskinskadorna

sätts i relation till skador uppkomna vid körning med häst.

Det finns även en del oklarheter i litteraturen som vaga definitioner och att jämförbara mätvärden saknas. Resultaten är inte alltid applicerbara på dagens skogsbruk. Resultat och värderingar som är upptagna i denna studie är direkt hämtade från den refererade litteraturen.

Avsnittet om rötskador är inte heltäckande utan här har endast en del av den litteratur som berör gallringar sammanfattats. Även generella studier på andra trädslag och från länder utanför Sverige har tagits upp. Förhoppningen är att dessa avsnitt ändå skall spegla hur gallring påverkar risken för att rötskador uppstår.

## 2. Maskiner i gallring

### 2.1 Maskinernas utformning

Skadefrekvensen ökar markant med ökande mekaniseringsgrad (Andersson 1985, Fröding 1985). Vid körning med tunga maskiner bildas spår, marken kompakteras och ibland uppstår markbrott. Rötterna i körstråket kan skadas. Stammar som skadas under gallringen utgör en inkörsport för röta och andra svampar och bidrar till att sänka kvalitén.

Maskinernas hjul eller band orsakar mest skada. Fröding (1982) fann att 35 % av skadorna uppkomna under en gallring kunde hänföras till denna kategori. Skadornas omfattning påverkas i högre grad av maskinernas specifika tryck mot marken än deras absoluta vikt. Skadorna kan därför reduceras genom att använda stora hjul, boogie eller band på fordonen (Fries 1976a, Björkhem et al 1974). En ojämn fördelning av maskinens vikt ökar risken för skador på mark och rötter (Marklund 1987). På en maskin med drivning på alla hjul verkar hjulen ibland emot varandra vilket ger upphov till onödiga krafter som nöter på markytan

(Marklund 1987). Det är därför önskvärt med en jämn drivning på alla hjul. Ala-Illomäki (1987) fann att viktfordelningen mellan front- och bakaxel på fordonet hade betydelse på spårdjup, spårvidd och slirning vid terrängtransport på torvmarker. Markskadorna ökade med ökad belastning på framaxeln. Ett fordon med 8 hjul var bättre än ett 6-hjuligt fordon då viktfordelning var jämnare.

### 2.2 Gallringsteknik

Ju större virkesuttag desto allvarligare blir skadorna (Fröding 1982). Det utrymme som erbjuds för upp- arbetning av virket är av stor betydelse för skadefrekvensen (Fröding 1987). Lunning av virket bör undvikas om man vill minska skador (Wästerlund 1992).

Utvecklingen av maskinsystem fortsätter. Under slutet av 90-talet introducerades s.k. slutet upp- arbetning bl.a. för att minska skadorna på kvarstående träd. De avverkade träden tas stående in till stickvägen där de upparbetas i en drivares lastutrymme. (Hallonborg, Bucht och Olaison 1999).

## 2.3 Förarens arbete

Maskinförarens arbete är av stor betydelse; skicklighet, medvetenhet och försiktighet är viktiga ingredienser för att minska gallringsskadorna och de blir allt viktigare när mekaniseringsgraden ökar (Sirén 1987). Froehlich (1976) ansåg också att förarens skicklighet och attityd till sin maskin och uppgiften inverkar på

skadefrekvensen. Fröding (1983) förklarade variationen mellan olika bestånd med att förarens skicklighet hade en stor betydelse. Samma författare argumenterade att ökad motivation genom ökade kunskaper hos föraren, premiering för att undvika skador och bättre uppföljning av utförda gallringsarbeten skulle kunna minska skadorna (Fröding 1985).

## 3. Skador på mark

Vid körning med tunga maskiner i gallringar kan marken ta skada på flera olika sätt. Maskinens hjul bildar spår i marken och är spåren djupa uppstår ibland markbrott då humustäcket pressas ner och slits bort. Maskinens tyngd bidrar till att marken kompakteras vilket minskar porvolymen och ökar densiteten.

### 3.1 Markens beskaffenhet

Markens känslighet för körskador beror av många faktorer. Topografi, jordart, fuktighet samt av hur mycket av marken som kan skyddas med ris och avverkningsrester är några faktorer som påverkar risken för körskador (Froehlich

1976). Årstiden har också betydelse, under vintern när marken är tjälad är skaderisken liten medan den är stor under vår och höst när det ofta är fuktigt i marken (Fröding 1987). Dock kan en sammanpackning av snötäcket under körning vintertid innebära en försämrad livsbetingelse för flera växter då marktemperaturen sjunker och tjällossningen senareläggs (Olsson 1977). Skadorna ökar ju mer marken lutar (Murphy 1982). Fuktiga och fin-korniga jordar är betydligt känsligare än torra och grovkorniga (Björkhem et al 1974, Froehlich 1976, Björkhem et al 1984, Andersson 1985).

### 3.2 Spårbildning

Vid kraftig spårbildning kan skador som avklippning eller avslitning av rötter uppstå (Olsson 1977). Spårbildning reducerar markens infiltrationsförmågan och detta kan leda till erosionsproblem (Murphy 1982). Spår djupen ökar med humustäckets tjocklek och vattenhalt (Björkhem et al 1984). En studie som redovisas av Fries (1976b) visar att spår djupets medeltal var 5 cm på torr till frisk mark med måttligt humuslager (6-10 cm) medan spår djupet på frisk till fuktig mark med tjockt humuslager (15-50 cm) var 14-15 cm. Körspårens djup ökar snabbt i början av transportererna på stickvägarna för att sedan avta och hamna på en relativt konstant nivå (Fries 1976a, Björkhem et al 1984). I ett försök fann Kardell (1978) att spår djupet var 1.6 cm vid 4 körningar och 5.0 cm vid 40 körningar. Spåren minskar i djup och bredd då de efter ett antal år, beroende av marktyp, fylls med förna och kläds med mossa. Wästerlund (1987) visade att upptaget av näringsämnen förhindras av djupa hjulspår. Sju år efter gallringen var upptaget tillbaka på den ursprungliga nivån.

Skogsvårdsorganisationen har 1977, 1982, 1987, 1992 och 1997 (Anon 1982, 1987, 1992, 1997) genomfört stickprovsvisa inventeringar av nygallrade bestånd. Inventeringen 1977 visar att i ca 40%

av de inventerade bestånden förekommer markskador med spår djupare än 10 cm (Anon 1997). Helmekaniserade avverknings-system gav de största markskadorna.

### 3.3 Markbrott

Med markbrott menas sådana skador där humustäcket slitits bort och pressats ner eller rivits bort av maskinens hjul (Fries 1976a, Olsson 1977). Det finns ett samband mellan frekvensen av markbrott och vattenhalt i mineraljord och humustäcke, markbrotten ökar med ökad vattenhalt och med ökad finjordshalt (Björkhem et al 1974, Fries 1976a). Markbrotten ökar med antalet rutter längs stickvägen och därmed indirekt med mängden transporterat virke (Fries 1976a, Björkhem et al 1984). Slirning är en viktig orsak till markbrott (Björkhem et al 1984). Det finns ett starkt samband mellan spår djup och markbrott, men även om spår djupen är små kan markbrott uppstå om humuslagret är tunt (Fries 1976a). Markbrott kan göra att stickvägens kantträd får en sämre stabilitet med ökad risk för vindfällning (Kardell 1978).

### 3.4 Markkompaktering

Markkompaktering innebär att jordens packas ihop så att porvolymen minskar, densiteten ökar och porernas orientering övergår till att vara mer horisontell (Olsson

1977). Detta bidrar till att rötternas utbredning försvåras samt att infiltrationskapaciteten och syresättningen i jorden försämras vilket kan leda till tillväxtnedsättningar (Olsson 1977, Murphy 1982). Med ökad jordpackning blir rötterna ytligare och trädens stormhårdighet minskar (Wästerlund 1994). Hur stor effekten av sammanpressningen blir beror på textur, struktur, vatten- och humushalt och förekomst av rötter. Känsligheten för markkompaktering ökar med ökad fukthalt och finjordshalt (Wästerlund 1986). Armering av rötter och block i marken ökar dess hållfasthet. Packningens effekter kan kvarstå länge, 5-10 år efter endast ett fåtal körningar och mer än 10 år vid intensivare körning (Björkhem et al 1984). Hur lång tid det tar för att effekterna av packningen skall avklinga beror av mark- och klimatförhållanden; tjälning, vegetationsinvandring och förekomst av grävande markdjur (Olsson 1977).

Kardell (1978) har undersökt de biologiska effekterna av olika körningsintensitet; ingen körning, körning 4 gånger med lass, körning 40 gånger med lass och rotavskärning som skulle illustrera kraftiga markskador. Markens rå- och torrvolymvikt ökade med 13 % vid körning 4 gånger och 25 % vid körning 40 gånger. Porvolymen sjönk med 10 % efter 4 körningar. Efter 10 år hade värdena inte gått tillbaka till ursprungsnivån.

### 3.5 Risning

Risning i stickvägarna reducerar markbrott, rotskador, spårdjup och slirning (Björkhem et al 1984). Rotskadeeffekten kan minskas till ungefär hälften genom risning av stickvägen (Andersson 1985). På orisade vägar ökar markbrotten snabbare än på risade (Björkhem et al 1984). I ett försök av Fries (1976a) minskade markbrotten med 80 % då stickvägarna risades och även rotskador minskade markant.

## 4. Skador på träd och rötter

### 4.1 Rot- och stamskador

Trädslag, trädets storlek, beståndets täthet och rotsystemets karaktär är betydande faktorer för skadefrekvensen (Froehlich 1976). Granen har ett rotsystem med en horisontell utbredning med mycket rötter i de övre markskikten (Wästerlund 1983) och en relativt tunn bark som gör den utsatt för skador uppkomna vid maskinell gallring (Koch och Thongjiem 1989). Man brukar skilja på skav- och vedskador. Skavskada (barkfläkningskada) avser skada där endast barken fläcks av medan i en vedskada har den underliggande veden skadats (Fröding 1983). Rot- och stamskador uppkommer huvudsakligen vid virkestransportarbetet och dessa skador är allvarliga då de ofta är vedskador (Andersson 1984, Fröding 1987). Maskinens hjul är den viktigaste orsaken till rotskador medan chassi, kranar, lass och hjul orsakar stamskadorna (Andersson 1984, Sirén 1987). Skadefrekvensen är beroende av vägbredd, maskinstorlek och maskinens utrustning, antalet körda rutter samt förarens skicklighet (Fries 1976a).

Barkens hållfasthet varierar med årstiden och genom att gallra under rätt årstid kan skadorna minskas. Under senhösten är barkens

hållfasthet 1.5 gånger större än under savningsperioden på våren (Wästerlund 1986). Genom att använda kranar med stora kontaktytor och låg friktion kan stamskadorna minskas (Björkhem et al 1984).

Fröding (1982) fann i nygallrade bestånd att 7.8% av träden hade skador som förorsakats av gallringen. Det var främst grövre träd som drabbats och de flesta skadorna var belägna på trädens lägre stamdelar < 3 m:s höjd. I andragallringar där virket är grövre och längre och därmed svårare att hantera förekom fler skador än i förstagallringar och skadorna var belägna högre upp på stammarna. Fröding (1983) fann att merparten av skadorna (75-90 %) var lokaliserade till rötter och stamdelar under 2 m höjd och de skadade träden stod nära stickvägarna. De flesta skadorna hade orsakats av kranarbete och under tiden virket upparbetades. Risken för att ett grovt träd ska skadas var betydligt högre än för ett litet träd, vilket framförallt gällde rotskadorna.

Eriksson (1981) har gjort en inventering av gallringar och fick en skadefrekvens på 3.1 %, som han dock anser är underskattad. Skavskada var vanligast förekom-

mande och utgjorde 51 % av skadorna i bestånden.

Skogsvårdsorganisationens gallringsundersökningar visade att ca 10-15% av de inventerade bestånden hade mer än 5% skadade träd (Anon 1982, 1987, 1992, 1997). Ca 30% av bestånden hade gallrats utan att skador uppkom. De mekaniserade avverkningssystemen hade de högsta andelarna bestånd med skador.

Rottätheten är stor i ett gallringsbestånd och även små markskador kan skada rotsystemet väsentligt (Wästerlund 1986). Frekvensen rotskadade träd ökar ju närmare stickvägen man kommer och ju större brösthöjddiameter trädet

har (Björkhem et al 1974, Fries 1976a, Fröding 1982, Björkhem et al 1984). Exponeringen av rötter och rothalsar är större hos stora träd än små och de skadas därför lättare. Korrelationen mellan spår djup och antalet träd vars rötter är skadade är stark (Fries 1976a). Ett träd som står 0.5 m från ett djupt hjulspår kan få upp till 40 % av sitt rotsystem bortkapat (Wästerlund 1986). Den första körningen på en stickväg orsakar upp till 50 % skada i jämförelse med de efterkommande körningarna (Wästerlund 1992). Björkhem et al (1974) fann att 54 % av träden närmast stickvägen (25-50 cm) var skadade medan endast 1 % av träden lite längre ifrån (176-200 cm) hade drabbats.

## 5. Produktion

Produktionen hos träden nära stickvägen påverkas positivt av att de får tillgång till en större yta att ta resurser från. Denna positiva effekt motverkas genom de skador skogsmaskinerna orsakar trädens stammar och rötter vid avverkningen (Björkhem et al 1974). Resultaten under detta avsnitt grundar sig på gallringssystem med motormanuell huggning och uttransport med skotare eller jordbrukstraktor.

### 5.1 Stickvägar

När produktiv skogsmark huggs upp till en stickväg uppstår en kalyteseffekt och det tar ca 5-10 år tid innan trädens rötter växer in i stickvägen (Kardell 1978, Wästerlund 1986). Tillväxtförluster kan uppstå då träden i stickvägskanten inte omedelbart kan utnyttja den kallagda arealen (Andersson 1984). Den yta i stickvägen som beståndet inte kan utnyttja under

den närmaste tiden efter uttaget kallas för den biologiska stickvägsbredden (Fröding 1983). Uppslag av hallon, löv och kruståtel i trafikerade stickvägar indikerar att trädens rötter inte utnyttjar stickvägen fullt ut (Kardell 1978, Wästerlund 1986).

Selektiviteten minskar och skadorna ökar med vägtätheten, medan ett större stickvägsavstånd medför att skadorna sprids ut i beståndet (Andersson 1984). Långa stickvägsavstånd minskar den totala skaderisken men ökar den lokala risken då antalet rutter på stickvägarna ökar (Fröding 1987). Bredberg (1986) räknade ut trafikintensiteten, den totala transportsträckan per hektar för alla transporter till och på stickvägen, vid olika stickvägsavstånd. Vid 100 m avstånd blev intensiteten 8 500 m/ha och vid 20 m 2 500 m/ha vid en gallring av 50 m<sup>3</sup>/ha med en skotare som lastar 10 m<sup>3</sup>/ha. Han anser att detta talar för det kortare stickvägsavståndet. En bredare stickväg minskar stamskadorna och rotskadorna hamnar längre ut på rötterna (Andersson 1984).

Genom att slingra stickvägarna blir produktionsförlusterna lägre och selektiviteten ökar eftersom andelen träd som måste tas bort på grund av stickvägen minskas, och den biologiska stickvägsbredden reduceras (Fröding 1982,

1983). Redan vid små amplituder fås en stor effekt, och fördelarna ökar om beståndet är heterogent och luckigt men för att de positiva effekter en slingrande stickväg ger skall uppnås krävs att man har en maskin som samspårar (Dahlin 1986). Skaderisken ökar vid slingring då antalet kanträd ökar och kontakttillfällena mellan träd och maskin därmed blir fler (Fröding 1985).

Skogsvårdsorganisationens gallringsundersökningar visade att den genomsnittliga stickvägsarealen var 15% (Annon 1982, 1987, 1992, 1997). Andelen bestånd där stickvägsarealen översteg 20% var 12-19%.

## 5.2 Produktionsförluster

I en studie av Eriksson et al. (1994) undersöktes effekter av stickvägsbredd och gallringsform på beståndsutvecklingen i granskog. Grundytetillväxten påverkades inte av behandlingarna under observationsperioden (1977-1993). Jämfört med det gallringsfria alternativet reducerades volymtillväxten under perioden med 7-15 % i del- och helmekaniserad gallring med stickvägar om 3,5 m och med 4 % för alternativet med selektiv gallring utan stickvägar. En positiv påverkan på tillväxten för enskilda träd sträckte sig 3 m in i beståndet från stickvägskanten.



Tillväxtförluster på grund av stam- och rotskador kan hos det enskilda trädet ligga på mellan 5 och 40 % (Andersson 1985). Tillväxtminskning på grund av stamskador är starkt beroende av skadans andel av stammens omkrets (Fröding 1986). I en studie av Björkhem et al (1974) påverkades inte gran av stickvägens positiva effekt och tillväxten för enskilda träd närmast vägarna reducerades där markskador och spårbildning var betydande. Kardell (1978) uppskattade produktionsminskningen i ett 40-årigt gallrat bestånd till 1.4-3.9 % av totalproduktionen beroende på körningsintensitet. En gran som fått sitt delar av sitt rot-system bortkapat på grund av ett hjulspår kan få tillväxtförlust på 30 % under en femårsperiod (Wästerlund 1986). Fries (1976b) undersökte effekten av korridorhuggning på tillväxten

och fann att i alla försök var den positiva effekten under de första fem åren för låg för att kompensera för tillväxtförlusterna i det kalhuggna körstråket.

Kardell och Pettersson (1973) gjorde en undersökning för att se hur granarnas tillväxt påverkades av ett vägbygge där rötterna helt eller delvis hade skadats. Tillväxtminskningarna i grundyta var som störst de första åren efter vägbygget. Tillväxtminskningen närmast vägen var 20.2 % per år, medan tillväxtned sättningen för träd ett tiotal meter in i beståndet var cirka 14-15%. Efter 20 år var effekten av vägbygget inte märkbart längre. I samma undersökning framgick att tillväxtned sättningen var störst på den sida av trädet som vette mot vägen och som skadats mest.

## 6. Rötskador

Gran är känslig mot röta och dess förmåga att bilda barriärer som hindrar missfärgning och nedbrytning är svag (Koch och Tongjiem 1989). Genom att inte köra närmare stammen än 0.7-1.0 m minskar man rotskadorna och därmed

rötangreppsfrekvensen (Nilsson och Hyppel 1968). I nedanstående avsnitt tas olika typer av röt-svampar upp och när begreppet röta används inkluderas hela gruppen med röt-svampar och inte en specifik art.

## 6.1 Skadans beskaffenhet och dess angripare

Om skadan kommer att angripas av röta och hur allvarlig denna i så fall kommer att bli beror på skadans belägenhet, storlek och djup (Nilsson och Hyppel 1968). Röt-svampar behöver vatten och syre för att utvecklas. Vid en hög fukthalt i veden begränsas luftutrymmet och syrebristen hämmar svamparna medan det vid en låg fukthalt istället är bristen på vatten som begränsar utvecklingen (Nilsson och Hyppel 1968). Detta kan förklara skillnaderna i rötangrepp i skador av olika karaktär, den lämpligaste fuktkvoten ligger i zonen mellan kärn- och splintved. Ytliga skador måste först torka ut något och rötan får sedan svårt att nå ny ved med lämplig fuktkvot och isoleras därför. Pawsey och Gladman (1965) fann att rötan var vanligare i rot- än i stamskador, men att rötangreppen på rotskadorna ofta var begränsade till det skadade området. Ju närmare stammen skadorna sitter och ju djupare skadorna är, desto större risk för snabb spridning av rötan i stammen medan rötutvecklingen i skador långt från stammen går mycket långsamt (Nilsson och Hyppel 1968, Björkhem et al 1974, Fries 1976a).

Risken för svampangrepp är störst i avbrutna rötter och i skador på rothalsarna (Isomäki och Kallio 1974, Fröding 1986). I klenare röt-

ter, mindre än 2 cm i diameter, utvecklas rötan endast några få centimeter från kanten och ofta ger skadan inte upphov till någon röta alls (Nilsson och Hyppel 1968, Björkhem et al 1974, Fries 1976a). Flera försök visar att ju större skada desto större är risken att den ska koloniserats av patogener (Pawsey och Gladman 1965, Ali el Atta och Hayes 1987). Roll-Hansen och Roll-Hansen (1980) och Rönnberg (2000) fann att skadans djup hade betydelse för infektion av röta men fann inget samband mellan skadans storlek och infektionsrisk. Isomäki och Kallio (1974) upptäckte att det föreligger en svag korrelation mellan trädets diameter och en ökad spridningshastighet av rötan.

I en studie som redovisas av Nilsson och Hyppel (1968) hade 50-100 % av skadorna på stammens nedre delar lett till rötangrepp medan endast 0-5 % av rotskadorna 100 cm från stammen var drabbade. I samma studie visades att 100 % av de djupa skadorna (vedskadorna) 0-50 cm från stammen utvecklade röta medan endast 13 % av de ytliga skadorna var drabbade av röta. I vissa fall upptäcktes röt-skador som inte kunde sättas i samband med några rotskador. Nilsson och Hyppel (1968) drog slutsatsen att träden ibland kan övervinna svampangrepp i sårskador särskilt om de uppkommer i klenare rötter långt från stam-

men. Vid skador långt från stammen hade rötans utveckling ofta avstannat och övergången mellan rötad och frisk ved var skarp.

Hagner et al (1965) anser att skador som når in till splintveden är av den svårare typen och i ett av deras försök härrörde alla rötter utom en som nått upp i rotstocken från splintskador. Isomäki och Kallio (1974) fann att missfärgning av skador belägna i nordlig riktning startade tidigare och utvecklades snabbare. Det kan bero på en högre luftfuktighet, mindre mängd solljus eller en annan vedstruktur jämfört med den sydliga riktningen (Isomäki och Kallio 1974). De fann även att årstiden då skadan inträffar påverkar skadans storlek och etablering av nedbrytande organismer. På träd skadade under vintern utvecklades det angripna området långsammare och skadorna var ytligare än på sommaren.

I ytliga skador med låg rötfrekvens kan man finna blånadssvampar. Blånadssvamparna angriper trädets splint medan rötsvamparna kan fortsätta in i kärnan (Ekbom 1928).

Förekomsten av svampar och deras utbredning i gallringsskador varierar stort mellan olika försök. I ett försök utfört av Nilsson och Hyppel (1968) efter körning i ett gallringsbestånd hade 42 % av gra-

narna sårskador. Mellan 31-39 % av de skadade granarna hade fått allvarliga rötangrepp till följd av dessa skador. *Stereum sanguinolentum* och *Heterobasidion annosum* var de vanligast förekommande svamparna som orsakat rötangreppen. En mängd svampar var funna i direkt anslutning till vedskador i ett försök utförd av Pawsey och Stankovicova (1974). I den missfärgade delen av skadan fann man *S. sanguinolentum*, *C. abietina* fanns i veden nedanför alla skadeytor och *Cephalosporium* sp., *Graphium* sp. och *S. pithyophila* var också förekommande men inte lika vanliga. Förekomsten av *P. stipticus* varierade och var vanligast i äldre granbestånd. Två år efter skadans uppkomst fortsätter svampar att spridas och brunfärgad missfärgning sprider sig i större utsträckning uppåt från skadan sett än neråt. Utbredningen av missfärgningar i skador varierar från år till år (Roll-Hansen och Roll-Hansen 1980).

*Stereum sanguinolentum* är ofta den dominerande rötsvampen i skador orsakade av gallringar, (Ekbom 1928, Pawsey och Gladman 1965, Björkhem et al 1974, Roll-Hansen och Roll-Hansen 1980, Ali el Atta och Hayes 1987, Solheim 1987). *Stereum sanguinolentum* expanderar både uppåt och nedåt, och skadans areella storlek och trädets vitalitet har visat sig vara de viktigaste

faktorerna som påverkar svampens spridning (Ali el Atta och Hayes 1987). En skada smittas så gott som omedelbart och svampangreppets radiella tillväxt är korrelerat till årsringsbredden (Ekblom 1928).

*H. annosum* är sällsynt i samband med gallringsskador (Pawsey och Gladman 1965, Ali el Atta och Hayes 1987, Solheim 1987). Detta kan dels bero på att den huvudsakligen infekterar färska stubbytor och dels på den antagonistiska effekten av *Stereum sanguinolentum* (Ali el Atta och Hayes 1987). En studie av Rönneberg (2000) visar att skador på rötter infekteras mer sällan av *H. annosum* än ytan på färska stubbar, vilket förklaras med olika fuktförhållanden. Hagner et al (1965) fann dock en hög frekvens, 33 % av de förekommande rötterna, av *H. annosum* i sin undersökning av rotskador i en granskärm som det 8 år tidigare markberetts under. En förklaring till detta avvikande resultat kan vara att vitaliteten var låg hos grannarna som var ca 250 år gamla.

Skador infekterade av *H. annosum* uppkommer ofta under samma-

ren. I en undersökning av Roll-Hansen och Roll-Hansen (1980) var 16 av 18 infekterade skador uppkomna i juli. 6 % av de skadade träden hade i detta försök drabbats av *H. annosum*. Variationer i diameter och skadans storlek hade ingen betydelse men djupa skador infekterades oftare än ytliga. *H. annosum* infekterar inte gamla skador utan är en primär skadegörare (Roll-Hansen och Roll-Hansen 1980).

Bendz-Hellgren och Stenlid (1998) fann att stubbar från gallring var mottagligare för *Heterobasidion annosum* än slutavverkningsstubbar. Detta kan förklaras med olikheter i fuktighet och kemiska egenskaper hos stubbar från gallring och stubbar från slutavverkning. Huvuddelen av infektionerna var belägna i gränzonen mellan kärnved och splintved. Infektioner av *H. annosum* sker under en kort period efter avverkning och är starkt säsongsberoende. I en studie av Brandtberg et al (1996) var infektionsrisken i gallringar gjorda under november-februari 95 % lägre än i gallringar utförda under juni-augusti.

## 7. Slutsatser

Mycket av den litteratur som har sammanfattats i denna studie är gammal och inaktuell, främst inom körskadeområdet. Litteraturen är allmän, medan mer djupgående studier och analyser är ovanliga. Mer grundläggande forskning inom varje specifikt ämne och hur gallringen påverkar olika typer av bestånd behövs. Många av de maskinsystem som finns beskrivna i litteraturen används inte längre och resultaten av försöken går därför inte att applicera på dagens skogsbruk. Studier som visar hur de maskiner som idag används

vid gallring påverkar skadefrekvensen på mark och stående träd skulle därför bidra till att öka kunskapen om hur skador i samband med gallring i gran kan minskas. Någon forskning inom området pågår inte för tillfället vid SLU.

På rötskadesidan är forskningen mer omfattande. Rötsvamparnas betydelse och spridning i skador uppkomna vid gallringar är en fråga man ännu ej har funnit ett svar på. I tabell 1-2 ges en översikt över delar av litteraturen.

Tabell 1. Sammanställning av refererad litteratur som behandlar körskador i samband med gallring

Författare	Årtal	Inriktning	Typ av studie	Område
Kardell och Pettersson	1973	Rotskador och körskador	Experiment	Södermanland och Östergötland
Björkhem et al.	1974	Körskador allmänt	Survey	Sverige
Fries	1976a	Körskador allmänt	Survey	Sverige
Fries	1976b	Produktionsförluster	Experiment	Kopparberg, Halland
Olsson	1977	Markskador	Survey	Sverige
Kardell	1978	Körskador	Survey, experiment	Östergötland
Eriksson	1981	Stickvägar och körskador	Survey, inventering	Sverige
Fröding	1982	Gallringar allmänt	Survey, inventering	Mellersta och södra Sverige
Fröding	1983	Körskador allmänt	Survey	Mellersta och södra Sverige
Wästerlund	1983	Rotskador	Survey	Sverige
Andersson	1984	Körskador allmänt	Litteraturstudie	Hela Sverige
Björkhem et al.	1984	Körskador allmänt	Survey	Sverige
Andersson	1985	Körskador allmänt	Survey	Sverige
Fröding	1985	Skador på kvarstående träd	Survey	Mellersta och södra Sverige
Dahlin	1986	Stickvägar	Survey	Sverige
Fröding	1986	Skador och ekonomi	Survey	Mellersta och södra Sverige
Wästerlund	1986	Markskador	Survey	Sverige
Fröding	1987	Mekaniska skador	Survey	Sverige
Marklund	1987	Teknik	Survey	Sverige
Wästerlund	1987	Rot- och markskador	Survey	Sverige
Wästerlund	1992	Markskador	Survey	Sverige
Eriksson et al.	1994	Effekter av stickvägar	Experiment	Halland
Wästerlund	1994	Gallringsskador	Survey	Sverige
Hallonborg et al.	1999	Teknik	Survey	Sverige

Tabell 2. Sammanställning av refererad litteratur som behandlar rötskador i samband med gallring

Författare	Årtal	Inriktning	Typ av studie	Område
Ekbom	1928	Svampangrepp i bleckningsskador	Survey	Sverige
Hagner et al.	1965	Röta i rotskador	Experiment	Västerbotten
Pawsey och Gladman	1965	Röta i gallringsskador	Survey	Skottland
Nilsson och Hyppel	1968	Röta i sårskador	Survey	Mellersta och södra Sverige
Pawsey och Stankovicova	1973	Röta i gallringsskador	Experiment	England
Isomäki och Kallio	1974	Rötutveckling i körskador	Experiment	Finland
Roll-Hansen och Roll-Hansen	1980	Svampangrepp i stamskador	Experiment	Norge
Ali el Atta och Hayes	1987	Rötutveckling i körskador	Experiment	Skottland
Solheim	1987	Angrepp i skador	Survey	Sverige
Koch och Thongjiem	1989	Röta i gallringsskador	Experiment	Danmark
Bendz-Hellgren och Stenlid	1997	Röta i gallring	Experiment	Mellersta och södra Sverige
Rönnerberg	2000	Röta i rotskador	Experiment	Norra och södra Sverige

## 8. Litteraturförteckning

- Ala-Ilomäki, J. 1987. The effect of weight distribution on rut formation of forwarder. In: Knutell, H. Development of thinning systems to reduce stand damages. Proceedings of the meeting of IUFRO project group P4.02 and subject group S1.05-05. Scandinavia 9-18 June 1987. Uppsatser och resultat - Sveriges lantbruksuniversitet, inst. för skogsteknik no 98. Garpenberg 1987 pp. 133-145.
- Ali el Atta, H. and A. J. Hayes. 1987. Decay in spruce caused by *Stereum sanguinoletum* Alb. & Schw. Ex Fr. developing from extraction wounds. *Forestry*. **60**:1,101-111.
- Andersson, L. 1984. Skador efter körning med tunga maskiner i gallring. Omfattning, orsaker och effekter på beståndets tillväxt och kvalitet - en litteraturstudie. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsskötsel, Interna rapporter 1980-4, 108p.
- Andersson, L. 1985. Skador efter gallring. Skogsfakta Konferens. Nr 7, 137-142.
- Annon 1998. Gallringsundersökning 1997. Skogsstyrelsen. Meddelande 8-1998.
- Bendz-Hellgren, M. and J. Stenlid. 1998. The establishment of *Heterobasidion annosum* spore infections on precommercial thinning-, thinning- and clearcut stumps of Norway spruce. Root and butt rots of forest trees. Carcans-Maubuisson (France), September 1-7, 1997. Ed. INRA, Paris, 1998 (Les Colloques,, no 89).
- Björkhem, U. et al. 1974. Skador genom körning med tunga maskiner i gallringsskog. Kungliga skogs- och lantbruksakademiens tidskrift. **113**:304-323.
- Björkhem, U., J. Fries, G. Lundeberg and J. Scholander. 1984. Körskador vid gallring. Skogsfakta teknik och virke. Nr 8 1984.
- Brandtberg, P-O., M. Johansson och P. Seeger. 1996. Effects of season and urea treatment on infection of stumps of *Picea abies* by *Heterobasidion annosum* in stands on former arable land. *Scand. J. For. Res.* **11**:261-268.



- Bredberg, C-J. 1986. Översikt över gallringsproblematiken. In: Knutell, H. Tänk till i gallringsfrågan - nya tankar kring stickvägar, skador och teknik i gallring. Sveriges lantbruksuniversitet, inst. för skogsteknik. Garpenberg 1986 pp. 17-24.
- Dahlin, B. 1986. Slingrande stickvägar. In: Knutell, H. Tänk till i gallringsfrågan - nya tankar kring stickvägar, skador och teknik i gallring. Sveriges lantbruksuniversitet, inst. för skogsteknik. Garpenberg 1986 pp. 33-41.
- Ekbo, O. 1928. Bidrag till kännedomen om bleckningsskador på gran. Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidskrift. 5:170-179.
- Eriksson, L. 1981. Stickvägar och körskador i gallringsbestånd - resultat från riksskogstaxeringens inventering åren 1978-79. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik, Rapport nr 137.
- Eriksson, H., U. Johansson och K. Karlsson. 1994. Effekter av stickvägsbredd och gallringsform på beståndsutvecklingen i ett försök i granskog. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion, Rapport nr 38.
- Fries, J. 1976a. Views on the choice of silvicultural methods and logging technique in thinning. Forestry Commission Bulletin. No 55, 95-101.
- Fries, J. 1976b. Körskador och produktionsförluster. Skogshögskolan, Institutionen för skogsproduktion, Rapporter och uppsatser nr 40.
- Froehlich, H. A. 1976. The influence of different thinning systems on damage to soil and trees. Forestry Commission Bulletin. No 55, 102-105.
- Fröding, A. 1982. Hur ser våra nygallrade bestånd ut? En studie av 101 slumpmässigt utvalda gallringsbestånd. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik, rapport nr 144.
- Fröding, A. 1983. Skador och stickvägar vid delmekaniserad gallring. Sveriges lantbruksuniversitet, inst. för skogsteknik. Rapport nr 152.
- Fröding, A. 1985. Skador på kvarstående träd vid gallring.

- Skogsfakta teknik och virke. Nr 10.
- Fröding, A. 1986. Skador - effekter i beståndet. In: Knutell, H. Tänk till i gallringsfrågan - nya tankar kring stickvägar, skador och teknik i gallring. Sveriges lantbruksuniversitet, inst. för skogsteknik. Garpenberg 1986 pp. 42-55.
- Fröding, A. 1987. Thinning technique and stand damage. In: Knutell, H. Development of thinning systems to reduce stand damages. Proceedings of the meeting of IUFRO project group P4.02 and subject group S1.05-05. Scandinavia 9-18 June 1987. Uppsatser och resultat - Sveriges lantbruksuniversitet, inst. för skogsteknik no 98. Garpenberg 1987 pp. 3-11.
- Hagner, S. et al. 1965. Studium av rötangrepp på gran förorsakade av rotskador. Skogshögskolan, inst. för skogsförnyring. Rapporter och uppsatser nr 5 1965.
- Hallonborg, U., S. Bucht and S. Olaison. 1999. Nya grepp i gallring - slutet upparbetning minskat skadorna och ökar produktiviteten. Skogforsk Resultat. Nr 23.
- Isomäki, A. och T. Kallio. 1974. Consequences of injury caused by timber harvesting machines on the growth and decay of spruce. Acta Forestalia Fennica. **136**:1-24.
- Kardell, L. och W. Pettersson. 1973. Exempel på rotskadors inverkan på granens tillväxt. Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift. Nr 5, 423-447.
- Kardell, L. 1978. Traktorskador och tillväxtförluster hos gran - analys av ett 10-årigt försök. Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift. Nr 3, 305-322.
- Koch, J. och N. Thongjiem. 1989. Wound and damage in Norway spruce following mechanical thinning. Opera bot. **100**:153-162.
- Marklund, B. 1987. Torque distribution on wheeled vehicles affects damage on the forest ground. In: Knutell, H. Development of thinning systems to reduce stand damages. Proceedings of the meeting of IUFRO project group P4.02 and subject group S1.05-05. Scandinavia 9-18 June 1987. Uppsatser och resultat - Sveriges lantbruksuniversitet, inst. för skogsteknik no 98. Garpenberg 1987 pp. 146-156.

- Murphy, G. Soil damage associated with production thinning. *New Zealand J. For. Sci.* **12**(2):281-292.
- Nilsson, P. O. och A. Hyppel. 1968. Studier över rötangrepp i sårskador hos gran. *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift*. Nr 8, 675-713.
- Olsson, M.T. 1977. Kårskador i skogsbruket – ett markvårdsproblem. *Sveriges Skogsvårdsförbunds Tidsskrift*. **2-3**:233-247.
- Pawsey, R. G. och R. J. Gladman. 1965. Decay in standing conifers developing from extraction damage. *Forestry Commission: Forest Record* No. 54.
- Pawsey, R. G. och L. Stankovicova. 1974. Studies of extraction damage decay in crops of *Picea abies* in southern England. *Eur. J. For. Path.* **4**:129-137.
- Roll-Hansen, F. och H. Roll-Hansen. 1980. Microorganisms which invade *Picea abies* in seasonal stem wounds. *Eur. J. For. Path.* **10**:321-339.
- Rönnerberg, J. 2000. Logging operation damage to roots of clear-felled *Picea abies* and subsequent spore infection by *Heterobasidion annosum*. *Silva Fennica*. **34**:1, 29-36.
- Sirén, M. 1987. Damage in thinning with different harvesting methods in Finland. In: Knutell, H. Development of thinning systems to reduce stand damages. Proceedings of the meeting of IUFRO project group P4.02 and subject group S1.05-05. Scandinavia 9-18 June 1987. Uppsatser och resultat – Sveriges lantbruksuniversitet, inst. för skogsteknik no 98. Garpenberg 1987 pp. 12-28.
- Solheim, H. 1987. Discoloration and decay in wounded Norway spruce. In: Knutell, H. Development of thinning systems to reduce stand damages. Proceedings of the meeting of IUFRO project group P4.02 and subject group S1.05-05. Scandinavia 9-18 June 1987. Uppsatser och resultat – Sveriges lantbruksuniversitet, inst. för skogsteknik no 98. Garpenberg 1987 pp. 209-215.
- Wästerlund, I. 1983. Kantträdens tillväxtförluster vid gallring p.g.a. jordpackning och rotskador i stickväg – en sammanställning och bearbetning av litteraturuppgifter. *Sveriges*

- skogsvårdsförbunds tidskrift.  
Nr 2, 97-109.
- Wästerlund, I. 1986. Skador på mark och rötter. In: Knutell, H. Tänk till i gallringsfrågan - nya tankar kring stickvägar, skador och teknik i gallring. Sveriges lantbruksuniversitet, inst. för skogsteknik. Garpenberg 1986 pp. 56-63.
- Wästerlund, I. 1987. Three case studies about growth effects after soil compaction and root damages. In: Knutell, H. Development of thinning systems to reduce stand damages. Proceedings of the meeting of IUFRO project group P4.02 and subject group S1.05-05. Scandinavia 9-18 June 1987. Uppsatser och resultat - Sveriges lantbruksuniversitet, inst. för skogsteknik no 98. Garpenberg 1987 pp. 41-52.
- Wästerlund, I. 1992. Extent and causes of site damage due to forestry traffic. Scand. J. For. Res. 7:135-142.
- Wästerlund, I. 1994. Beståndsvård till döds? Skogskonferensen 1993, Ultuna, Uppsala. Skogsfakta konferens. 18:107-113.