

Angreppsålder och infektionsförlopp av törskate

En analys av grenangreppens positioner på stammen

Emelie Fredriksson & Jonas Öhlund



Sporulerande törskate i ungskog. Foto: Jonas Öhlund.

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	4
Summary	5
Inledning	6
Metod	7
Beskrivning av bestånd	7
Estimerad ålder på träd vid infektionstillfället	8
Statistik analys	9
Resultat & Diskussion	10
Infektionsförlopp	10
Modelleringsresultat: Samband med kovall	12
Slutsatser	13
Referenser	14



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 30 januari 2024 av Erik Ling, Programchef Skogsskötsel. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering 14 april 2024.

Redaktör: Caroline Rothpfeffer, caroline.rothpfeffer@skogforsk.se
©Skogforsk 2024 ISSN 1404-305X

Förord

I detta projekt har 708 grenangrepp av törskate från två olika inventeringar i tallungskogar analyserats. Angreppens position på träden utnyttjades för att beskriva infektionsförloppet och undersöka eventuella samband för angreppstidpunkt mellan olika beståndsåldrar och trädhöjder.

Stort tack till Skogsstyrelsen som finansierat projektet.

Sammanfattning

Törskatesvampen (*Cronartium pini*) är en rostsvamp som orsakar märkbara problem för skogsbruket i framför allt Norrbotten där de största angripna arealerna återfinns. Sedan 2000-talet har angripna tallungsskogar även uppmärksammats i Västerbotten och Jämtland, något som pekade på behovet av att bygga kunskap om törskatesvampens biologi. Törskatesvampen infekterar tall genom klyvöppningarna på årsbarren, något som möjliggör att tidpunkten för infektionstillfället kan fastställas eller i alla fall estimeras. Det denna studie fokuserat på är att undersöka huruvida angrepp inträffar jämnt fördelade över tid efter föryngringen eller om de inträffar under vissa perioder. Dataunderlaget för analyserna utgjordes registreringar av grenangrepp i två inventeringsprojekt utförda i 10–39 åriga tallungsskogar. Våra resultat pekar mot att greninfektioner av törskate främst sker i ungsogsstadiet (8–14 år). Vi ser även att infektioner inträffar tidigare när kovall (*Melampyrum sp.*) finns i närheten av det infekterade trädet. Dessa resultat ger oss en indikation på infektionsförloppet av törskate men bör följas upp med riktade datainsamlingar med större dataunderlag där omliggande faktorer såsom stamantal, bonitet, fuktighetsklasser med mera kan tas hänsyn till i analyserna. För att förstå kausaliteten bakom dessa mönster krävs det att grenangreppen följs under en längre tid.

Skadeverkningarna av törskate är idag omfattande och för att utveckla skötselstrategier i syfte att minska angreppen är det viktigt att förstå infektionsförloppet och dess bakomliggande orsaker bättre. Det kan ge kunskap som underlättar beslut om eventuella förtida beståndsavvecklingar i hårt angripna bestånd och även för skattningen av de ekonomiska konsekvenserna av angreppen. Genom att kombinera data från tidigare utförda inventeringar av grenangrepp i törskatedrabbade ungskogar har denna studie demonstrerat en metod för att studera infektionsförloppet. Resultaten pekar mot att flest infektioner sker under den tidigare delen av omloppstiden samt att förekomst av kovall sänker den estimerade åldern på träden vid infektion.

Summary

Scots pine blister rust (*Cronartium pini*) is a rust fungus that causes noticeable problems for forestry, especially in Norrbotten, where the largest infested areas are found. Since the 2000s, infested pine forests have also attracted attention in Västerbotten and Jämtland, which pointed to the need for studies focused on building knowledge about the biology of Scots pine blister rust. Scots pine blister rust infects pine through the stomata of the current year needles, which makes it possible to determine or at least estimate when the infection event occurred. The focus of this study was to investigate whether attacks occur evenly distributed over time or if they occur during certain periods. The Analysis was based on data on branch infections collected in two inventory projects carried out in 10-39-year-old pine forests. Our results indicate that branch infections of Scots pine blister rust mainly occur in the young forest stage (8–14 years). This suggests that it is in the young forest stage, rather than in older stands, that measures should be taken to reduce the harmful effects of Scots pine blister rust. We also found that infections occur earlier when common cow wheat (*Melampyrum* sp.) is present in the vicinity of the infected tree. These results give us an indication of the infection process of pine blister rust and should be followed up with targeted data collections with larger data bases where environmental factors such as stem density can be considered in the statistical analysis. To understand the causality behind these patterns, it is necessary to follow the attacks over a longer period of time.

Harmful effects of Scots pine blister rust are large, and if we want to develop strategies to reduce their impact it is important to better understand the course of infection and its underlying causes. That means that more precise management recommendations can be developed for forest owners, such as a decision about possible premature felling of heavily infested stands and for estimating the economic consequences of the infestations. By combining data from previously conducted inventories of branch attacks in pine rust-affected young forests, this study has been able to demonstrate a method to study the course of infection. The results indicate that the risk of infection is greatest in the earlier parts of the rotation period and that presence of common cow wheat reduces the estimated age of the tree at infection.

Inledning

Sedan början av 2000-talet har omfattande angrepp av törskate uppmärksammats i unga tallbestånd i östra Norrbotten. Törskateangripna unga och medelålders bestånd har sedan dess också uppmärksammats i Västerbotten och Jämtland. Vid en inventering utförd av NRS (Nationell Riktad Skogsskadeinventering) 2013, återfanns angrepp av törskate i 67 % av tallungskogen i Norrbotten, motsvarande 71 500 ha (Wulff & Hansson 2013).

Törskate (*Cronartium pini*) är en rostsvamp som förekommer i hela Sverige, stora delar av Europa och delar av norra och östra Asien (Samils & Stenlid 2022). Det finns två olika varianter av rostsvampen; en som sprids direkt från tall till tall med klonal förökning och en som är värdväxlande (Hantula m.fl. 2002). Den värdväxlande formen behöver en mellanvärd för att fullborda sin livscykel, där kovallsläktet (*Melampyrum spp.*) sannolikt är det mest betydelsefulla för svensk skogsmark (Kaitera & Hantula 1998, Kaitera 1999, Kaitera m.fl. 2005).

Båda formerna av törskate angriper vår inhemska tall (*Pinus sylvestris*) genom att infektera trädet via klyvöppningarna på årsbarr, som antingen sitter på en gren eller direkt på stammen. Svampen växer sedan in i grenarna eller stammens innerbark. Om svampen växer sig runt hela grenen eller stammen kan den strypa transporten av vatten och näring (Samils & Stenlid 2022). Om detta sker, dör den delen av grenen eller stammen som är ovanför angreppet. Hela träd kan också dö om infektionen sitter långt ned på stammen. Törskateangrepp känns lättast igen på de orangea sporblåsorna som kan visa sig under juni-juli, samt den svullnad och kådbildning som uppstår vid angreppet då trädet försvarar sig (Figur 1). Kampen mellan trädet och svampen kan pågå i många år och det är oklart i vilken utsträckning trädet eller svampen vinner denna kamp. Troligtvis har faktorer som angreppets position på trädet, trädets inneboende motståndskraft samt trädets ålder vid infektionstillfället betydelse för utgången av denna kamp.

Många frågetecken kvarstår kring törskatens spridningsförlopp under beståndsutvecklingen från plantstadiet fram till fullvuxen skog. Är risken att infekteras densamma under hela beståndens utveckling eller finns det ett "fönster" där merparten av infektionerna sker? Och skiljer sig infektionsförloppet för de två varianterna av törskate? En förbättrad förståelse för törskatens infektionsförlopp är en förutsättning för att kunna ta fram konkreta och väl underbyggda skötselrekommendationer för skogsägare. Om exempelvis merparten av infektionerna sker under vissa perioder (åldrar) under beståndsutvecklingen, kan skötselåtgärder för att minska angreppen styras till dessa. En förbättrad kunskap om infektions- och skadeförlopp är också viktigt för att med bättre precision kunna modellera effekterna av törskateangrepp och för att skatta de ekonomiska konsekvenserna av angrepp, exempelvis inför beslut om förtida beståndsavveckling i hårt angripna områden.

Två inventeringar i törskatedrabbade ungskogar har utförts de senaste åren av Skogforsk, där data insamlats i Jämtland, Västernorrland, Västerbotten och Norrbotten. I dessa inventeringar registrerades grenangreppens position på träden, något som möjliggör att angreppets ålder och därigenom trädets ålder vid angreppstillfället kan skattas. Fördelen med att studera just grenangrepp är att de ger en mer exakt åldersbestämning av infektionstillfället jämfört med stamangrepp som är svårare att åldersbestämma (då de ofta härrör från en gren som hunnit falla bort). Informationen om trädens ålder vid angreppstillfället användes sedan för att undersöka om den observerade infektionsrisken var skild från en teoretisk linjär ökning av antal grenangrepp med ökande trädålder. Vi utförde även en regressionsanalys för att undersöka eventuella samband mellan den estimerade infektionsåldern, förekomst av kovall och de angripna trädens höjd. Vi bedömer att det sammanslagna dataunderlaget från dessa två studier kan bidra med värdefull information för en ökad förståelse av törskatesvampens angreppsforlopp i tallungskogar.

Metod

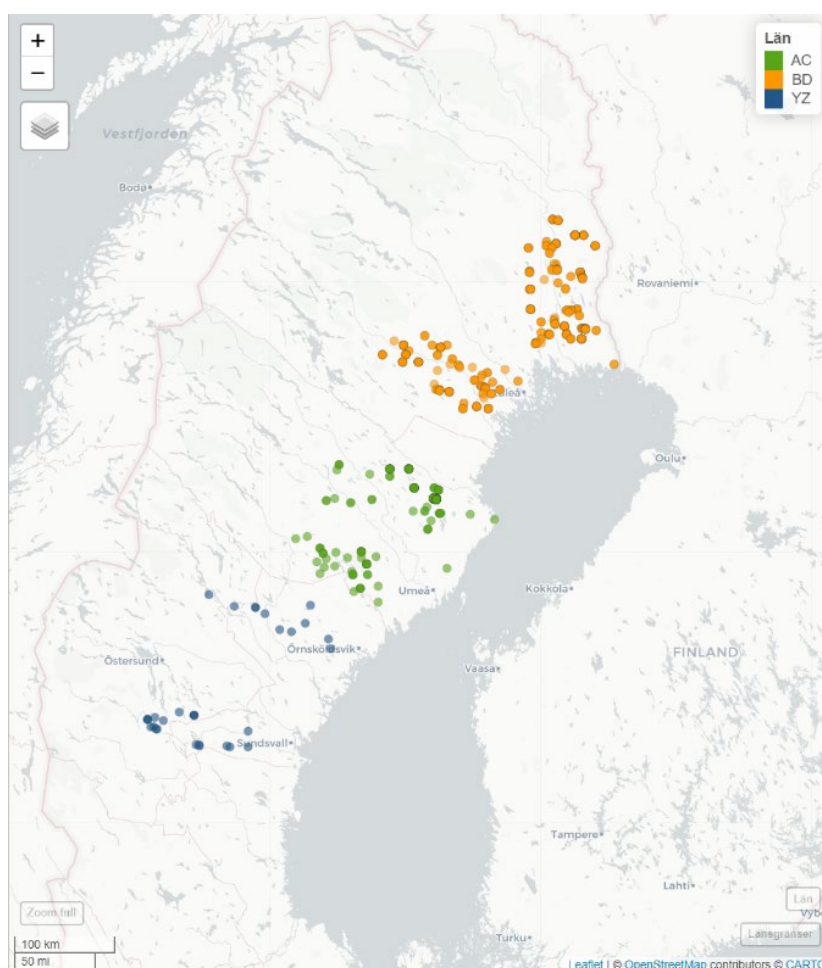
Beskrivning av bestånd

Data analyserat i detta projekt kommer från två olika inventeringar där totalt 708 grenangrepp registrerades (Figur 1). Av dessa kommer 113 från projektet Skadetyper och skadeförlopp i törskateangripen tallungskog, som finansierats av Norra skogs Forskningsstiftelse (Norra-studien, opublicerat). Resterande 595 grenangrepp registrerades inom projektet Törskateinventering i ungskog (Svennerstam 2023). Inventeringsprotokollen i de två projekten var nästan identiska, vilket möjliggör att data från de två olika projekten kan aggregeras och användas för att besvara gemensamma frågeställningar. En skillnad mellan projekten var sättet hur angripna träd söktes. I Norra-projektet söktes träd med angripna grenar inom bestånd med känd törskateproblemik utan någon annan instruktion än att hålla sig inom beståndet. I studien av Svennerstam (2023) söktes angripna träd i cirkelprovytor i 421 utslumpade bestånd. Cirkelprovyternas koordinater inom bestånden var fördefinierade i ett kartunderlag och är därför att betrakta som slumpmässiga. I Svennerstam (2023) inventerades ungskogar i åldersspannet 10–30 år som enligt markägarnas registeruppgift hade en tallandel på minst 40 procent. Den geografiska omfattningen av datat sträcker sig från Jämtland till Norrbotten (Figur 2). I Norra-projektet ingick fem bestånd i åldersspannet 14–39 år, med ett snitt på 21 år och samtliga bestånd dominerades av tall (>50 % tallandel) och låg inom Västerbottens län. Beståndsåldern för samtliga data i denna studie varierade då mellan 10–39 år med ett snitt på 20 år. I bägge studierna inhämtades åldern för de enskilda bestånden från markägarnas (skogsföretagens) register.

Höjden på det angripna trädet registrerades med digital höjdmätare/mätkäpp och med en noggrannhet på 0,5 m För det specifika grenangreppet registrerades grenens vitalitet i fyra klasser: lätt skadad, svårt skadad, döende och död. Därefter registrerades grenangreppets höjd ovan mark samt antalet grenvarv från toppen av trädet ner till grenen med angreppet (årets toppskott räknas som noll) samt avståndet från stammen till angreppets proximala utbredning längs grenen. Det hade även varit önskvärt med data som beskriver på vilken gren-nod som angreppet förekommer för exakt fastställande av grenangreppets ålder, men det var inte prioriterat i de ursprungliga studierna. Klassindelad abundans av kovall registrerades intill det törskateangripna trädet (Norra-studien, opublicerat) eller i cirkelprovytan (Svennerstam 2023), men i analyserna för denna rapport reducerades den klassindelade datan ned till förekomst/ej förekomst.



Figur 1. Sporulerande grenangrepp av törskate. Foto: Jonas Öhlund.



Figur 2. Geografisk fördelning av inventerade tallar med grenangrepp. Majoriteten av angreppen är registrerade i Norrbotten (orange, n = 469), följt av Västerbotten (grön, n = 208) och Västernorrland tillsammans med Jämtland (blå, n = 31).

Estimerad ålder på träd vid infektionstillfället

Med kännedom om det årtal när beståndet förnygrades och genom att räkna antal grenvarv från toppen av trädet ned till den infekterade grenen¹, och sedan räkna antalet grenvarv/gren-noder från stammen till det grenvarv där grenangreppet är lokaliserat² kan förlupen tid mellan året för förnygring och angreppstillfället beräknas. Vi har i denna rapport valt att benämna denna förlupna tid som *ålder på träd vid infektionstillfället*.

Eftersom antalet grenvarv från stammen till det grenvarv där grenangreppet satt inte hade registrerats vid inventeringarna så gjordes ett antagande att ett grenvarv är 25 cm långt. Grenangrepp belägna inom 0–25 cm från stammen beräknas således som grenvarv noll, 25–50 cm från stammen som grenvarv ett, 50–75 cm från stammen som grenvarv två, 75–100 cm från stammen som grenvarv tre, medan alla angrepp belägna mer än 100 cm från stammen beräknades som grenvarv fyra. Baserat på förnygringsår, antalet grenvarv från toppen av trädet och beräknade grenvarv (längs grenen till angreppet) samt

¹ Årets toppskott räknas som noll och förra årets skott/grenvarv som ett osv.

² Grenvarvet närmast stammen räknas som noll och andra grenvarvet från stammen räknas som ett osv.

vilket år inventeringen skett, *estimerades* trädets ålder vid infektionstillfället enligt formeln nedan:

$$E_{\hat{a}t} = (I_{\hat{a}} - (GV_t - GV_g)) - B_{\hat{a}},$$

där $E_{\hat{a}t}$ är den estimerade åldern på det angripna trädet vid infektionstillfället, $I_{\hat{a}}$ är det året inventeringen skedde, GV_t är antal grenvarv från toppen av trädet till den infekterade grenen, GV_g är det beräknade antalet grenvarv längs grenen och $B_{\hat{a}}$ är beståndets planteringsår. *Exempel:* Inventering skedde 2021. Angreppets position var 5 grenvarv ned från toppen samt satt 60 cm ut på grenen från stammen. Antal växtsäsonger blir då $5 - 2 = 3$. Året då infektionen skedde blir då $2021 - 3 = 2018$. Om det angripna trädet planterades 2002 blir åldern på trädet vid infektionstillfället $2018 - 2002 = 16$ år.

I uträkningen ingår antagandet att beståndsåldern innebär planteringsår och att det inventerade trädet med angreppet har planterats då. Här har vi en osäkerhetsfaktor eftersom även angrepp på träd som kan vara självföryngrade ingår i dataunderlaget.

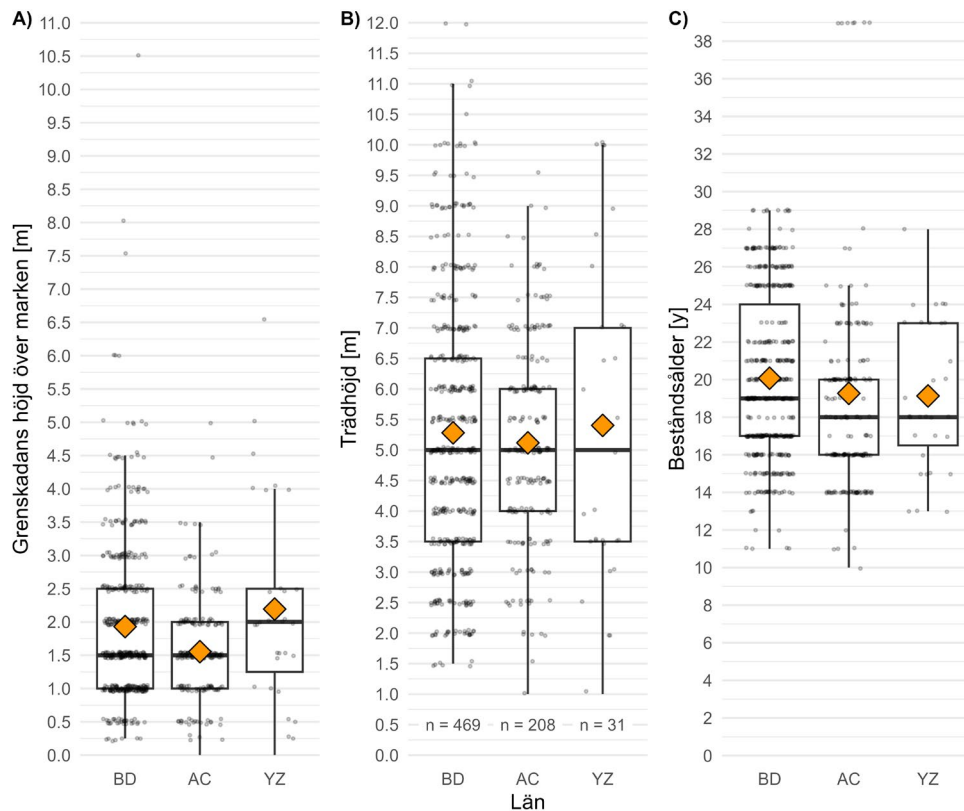
Statistik analys

Ett Chi-Square test användes för att jämföra fördelningen mellan en linjär ackumulering av grenangrepp kontra den faktiska ackumuleringen av grenangrepp över de olika estimerade infektionsåldrarna på träden. Nollhypotesen var att fördelningarna ej skulle skilja sig från varandra.

Vi använde en generell linjär "mixed"-modell (GLMM) för att utvärdera sambandet mellan den estimerade åldern på trädet vid infektionstillfället (responsvariabel) och förekomsten av kovall (förklarande variabel). Vår förklarande faktor i modellen var förekomst av kovall som reducerats till en binär variabel som uttrycker ifall kovall påträffades eller ej (1/0). Län (faktor med 3 nivåer där Västernorrland Y slagits samman med Jämtland Z) användes som slumpvariabel (*random factor*) i modellen för att ta hänsyn till eventuella geografiska skillnader. Geografisk plats hade inte någon stor påverkan på variationen av estimerad trädålder i denna analys och vi valde därför att exkludera län ur den slutliga modellen. Vi valde en Poissonfördelning i modellen eftersom den förklarande variabeln (estimerad infektionsålder) var ett antal (*count*).

Resultat & Diskussion

De angripna grenarna satt i genomsnitt $1,8 \pm 1,1$ meter (medelvärde \pm standardavvikelse) upp på trädet medan det angripna trädets totala höjd i snitt var $5,3 \pm 2,1$ meter (Figur 3). De flesta angripna grenarna var döda, döende eller delvis döda (totalt 68 %).



Figur 3. Låddiagram över de angripna grenarnas höjd över marken (A), höjd på träd med angrepp (B) samt de inventerade beståndens ålder (C) uppdelat i län. Låddiagram visar medianen (svart linje) samt 25e och 75e kvartilerna. De faktiska datapunkterna visas även som runda punkter och medelvärdet som en orange diamant.

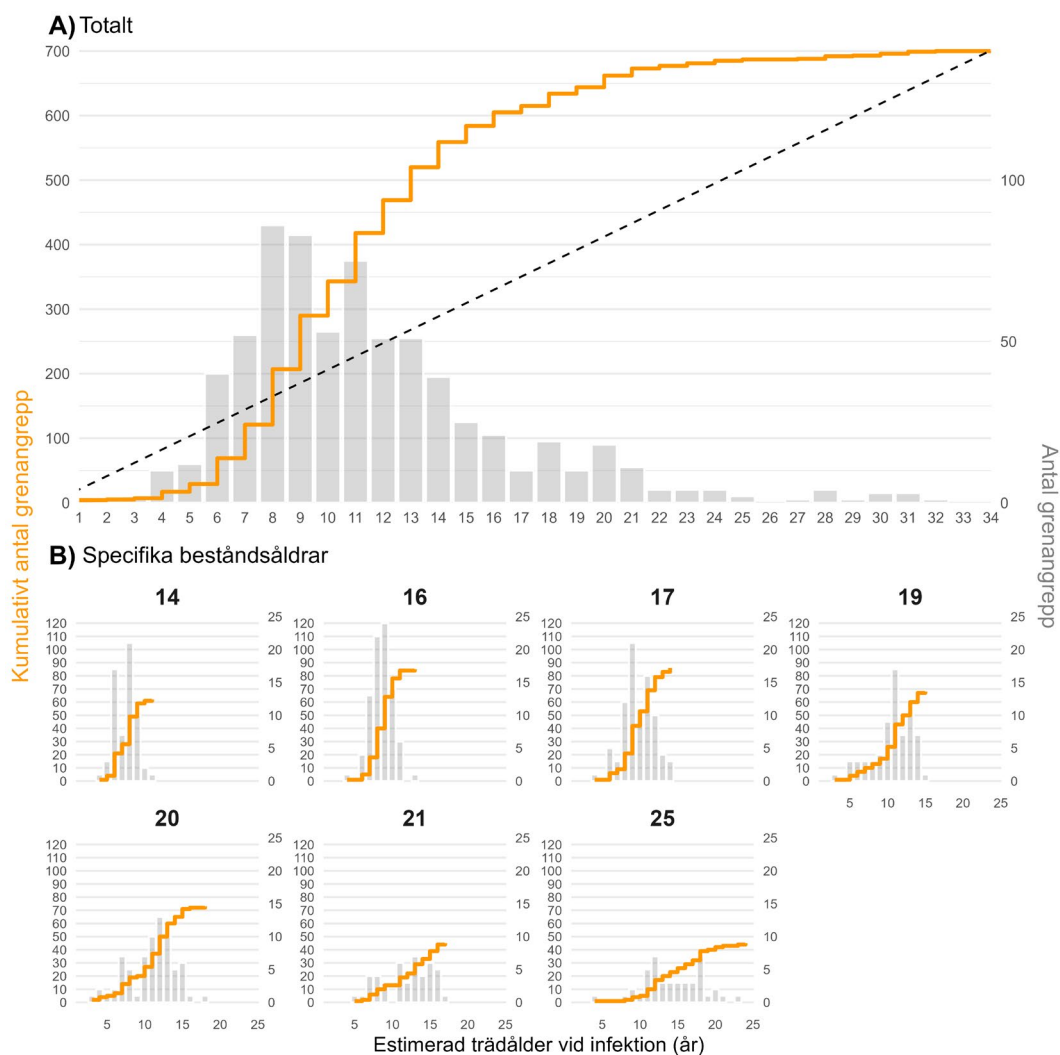
Infektionsförlopp

Den genomsnittliga estimerade åldern för trädet vid infektionstillfället var 12 ± 5 år. Analysen visar att ackumuleringen av grenangrepp följer en brantare lutning i åldersspannet 5 – 15 år jämfört med den teoretiska linjära ackumuleringen av grenangrepp (Chi-Square test, $p > 0,001$, Figur 4). Det låga antalet grenangrepp i åldersspannet 1–5 år kan förklaras av att det tar minst 2–3 år från infektionstillfället till att grenangreppet blir detekterbart (Samils & Stenlid 2022). Vid en högre trädålder än 15 år planar ackumuleringen av grenangrepp ut. En möjlig biologisk förklaring till denna observation är att sportätheten för i alla fall den värdväxlande formen av törskate ev. avtar med avståndet från marken, vilket i sin tur kan medföra att årsbarr på grenar belägna på högre höjd löper mindre risk för infektion jämfört med barr på lägre höjd över marken. En annan aspekt som bör tas i åtanke när dessa resultat tolkas är att vi ej kunnat ta hänsyn till stamantalet utan resultaten baseras enbart på antal angrepp snarare än frekvenser eller andelar. Stamantalet mellan olika bestånd är troligen ojämnt fördelat

över beståndsåldrarna med högre antal stammar i yngre bestånd än i äldre. De äldre bestånden med lägre antal stammar kommer då troligen även att ha färre angrepp. När vi bryter ut enskilda beståndsåldrar syns ett avtagande antal angrepp med äldre estimerad trädålder i vissa beståndsåldrar, såsom beståndsåldrarna 20 och 25 (Figur 4B). Antalet observationer för enskilda bestånd är dock för låga för att det ska vara möjligt att testa skillnaden till en linjär ackumulering av grenangrepp.

Något som är viktigt att komma ihåg är att analyserna i denna rapport bygger på fältobservationer i bestånd där historisk mortalitet på grund av törskate är okänd. Även den historiska skötselns eventuella inverkan på skadebilden är okänd. Det är därmed möjligt att träd med lägre belägna (tidiga) grenangrepp är underrepresenterade i dataunderlaget eftersom den angripna grenen kan ha dött och fallit av eller att hela trädet kan ha dött och försvunnit ur beståndet. Skötselåtgärder såsom röjning kan även ha påverkat då träd med lägre belägna grenangrepp kan ha röjts bort i större utsträckning än träd med högt belägna grenangrepp eftersom de lägre angreppen kan vara enklare att upptäcka. Samtidigt kan det inte heller uteslutas att det finns en underrepresentation av högt belägna grenangrepp i dataunderlaget eftersom de kan vara svårare att upptäcka vid inventering. Det är omöjligt att uttala sig i vilken utsträckning dessa möjliga felkällor har påverkat dataunderlaget i denna studie.

Resultaten från denna studie pekar mot ett "infektionsfönster" i ungskogstadiet då träden är mellan 8–14 år gamla. I detta intervall återfinns drygt hälften av alla grenangrepp (som definieras av första och tredje kvartilen). Resultaten stöds även av tidigare undersökningar som indikerat ett avstannande av infektionsförloppet före gallringsmogen ålder (Fredriksson m.fl. 2023, Öhlund m.fl. 2023). Om dessa resultat stämmer är det i ungskogsstadiet snarare än i äldre bestånd, som ev. åtgärder och vidare studier bör läggas för att kunna minska infektionerna av törskate. Resultaten kan också få betydelse för vilka antaganden som görs gällande infektionsförloppet i ekonomiska modelleringar och i förlängningen för avvägningen om beslut om förtida beståndsavveckling eller ej. Om antalet nya infektioner minskar med ökande beståndsålder, blir också de ekonomiska konsekvenserna mindre i beståndet över en omloppstid. Resultat från denna studie bör följas upp med riktade datainsamlingar med större dataunderlag där omliggande faktorer såsom stamantal, bonitet med mera kan tas hänsyn till i analyserna. För att förstå kausaliteten bakom dessa mönster rekommenderar vi även att grenangrepp följs under en längre tid.



Figur 4. Kumulativt linjediagram (orange) och stapeldiagram (grå) med antal angripna grenar vid estimerad trädålder för infektion för alla data (A) samt för sju specifika beståndsåldrar med fler än 45 registrerade grenangrepp (B), figurer för alla individuella beståndsåldrar finns i Bilaga 1. Notera att den kumulativa kurvans y-axel är på vänster sida medan stapeldiagrammets y-axel är på höger sida och har olika skalor. Den streckade linjen representerar en teoretisk linjär ackumulering av angrepp.

Modelleringsresultat: Samband med kovall

För att utforska sambandet mellan estimerad infektionsålder och kovallfrekvens utfördes en regressionsanalys. Vi fann att den estimerade infektionsåldern signifikant sjönk när kovall återfanns i anslutning av det angripna trädet (Tabell 1). Infektionsåldern var 11 procent lägre när kovall återfanns i anslutning till ett angripet träd jämfört med när kovall inte återfanns. En möjlig förklaring är att den värdväxlande formens sporspridning från kovall till tall är mer effektiv närmare marken, något som generellt sammanfaller med en lägre trädålder. Det är även möjligt att klimatfaktorer såsom luftfuktighet, något som kan påverka infektionsrisken, skiljer sig vertikalt i luftpelaren. Sambandet kan också ha alternativa indirekta förklaringar som att ståndortsvariabler kan samvariera med förekomsten av kovall, vilket i sin tur kan påverka den temporala infektionsdynamiken.

Tabell 1. Modellens estimat för effekten av kovallförekomst på estimerad infektionsålder.

Koefficient	Estimat	SD	Z-värde	P-värde
Intercept	2,54553	0,03884	65,545	< 2e-16
Kovall förekommer	-0,10897	0,04054	-2,688	0,007

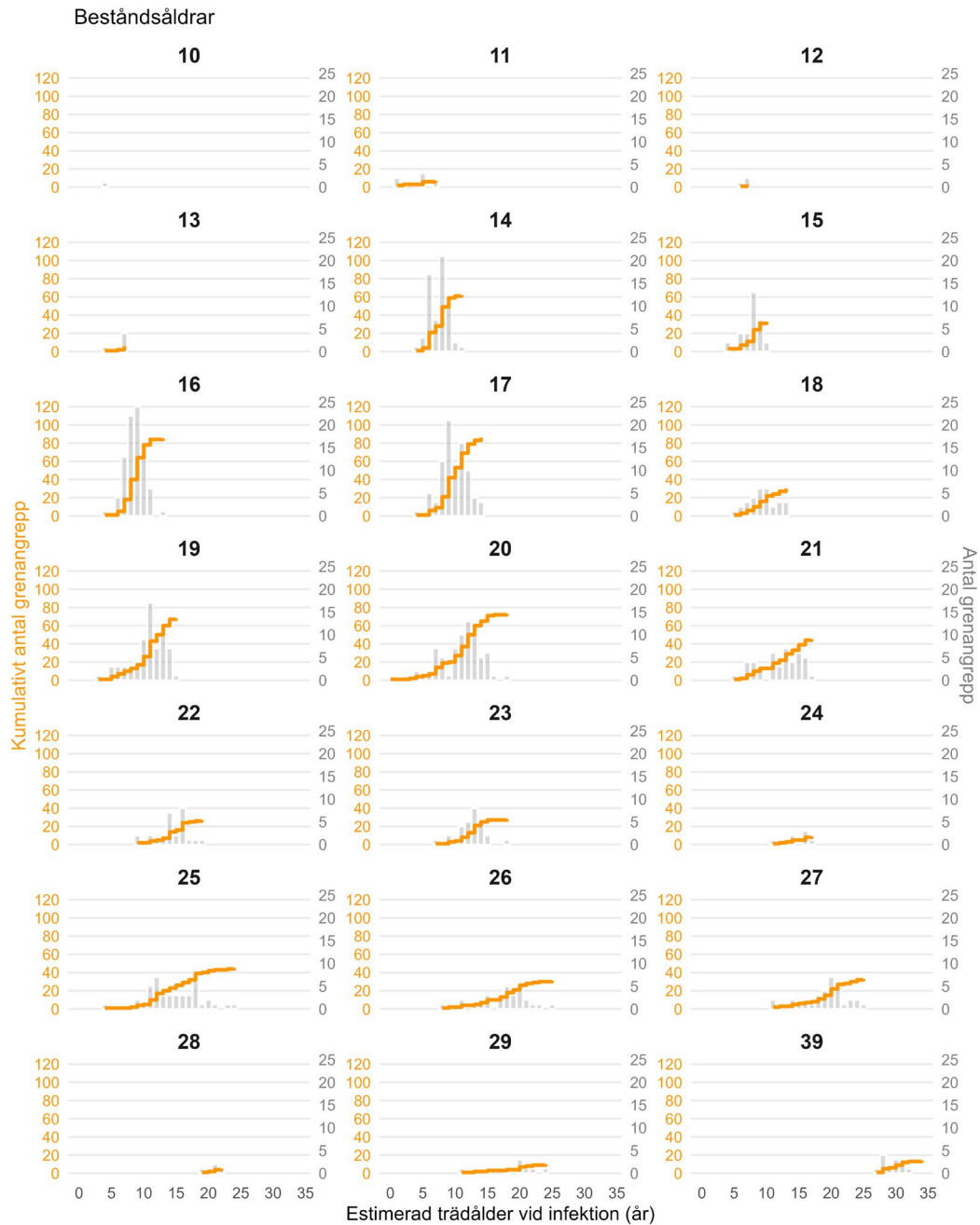
Slutsatser

Resultaten från denna studie pekar mot ett fönster för greninfektioner i ungskogstadiet (8–14 år). Vi fann även att infektioner inträffar tidigare när kovall förekommer i närheten av det angripna trädet. Komplicerande omständigheter är att stamantal ej har kunnat inkluderas i beräkningen av estimerad trädålder vid infektion samt om inventeringarna inte fångat alla grenangrepp och/eller att skötselåtgärder som röjning har tagit bort högre andelar angripna träd i vissa ålderskategorier. För att reda ut det exakta infektionsförloppet och dess bakomliggande orsaker behöver angreppen följas under hela omloppstiden.

Referenser

- Samils, B. & Stenlid, J. 2022. A review of biology, epidemiology and management of *Cronartium pini* with emphasis on Northern Europe, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 37:3, 153-171, <https://doi.org/10.1080/02827581.2022.2085322>
- Fredriksson, E., Fahlvik, N., Öhlund, J. & Svennerstam, H. 2023. Produktionsnedsättningar i törskateangripen gallringsskog. Skogforsk, Arbetsrapport 1163–2023. Länk: [1163-2023-produktionsnedsattning-i-torskateangripen-gallringsskog.pdf](https://www.skogforsk.se/arbetsrapport/1163-2023-produktionsnedsattning-i-torskateangripen-gallringsskog.pdf) (skogforsk.se)
- Hantula, J., Kasanen, R., Kaitera, J., & Moricca, S. 2002. Analyses of genetic variation suggest that pine rusts *Cronartium flaccidum* and *Peridermium pini* belong to the same species. *Mycological Research*, 106(2), 203–209. <https://doi.org/10.1017/S0953756201005457>
- Svennerstam, H. 2023. Törskateinventering i ungskog. Skogforsk, Arbetsrapport 1178–2023 Skogforsk. Länk: [arbetsrapport-1178-2023-torskateinventering-i-ungskog.pdf](https://www.skogforsk.se/arbetsrapport/1178-2023-torskateinventering-i-ungskog.pdf) (skogforsk.se)
- Kaitera, J., & Hantula, J. 1998. *Melampyrum sylvaticum*, a New Alternate Host for Pine Stem Rust *Cronartium flaccidum*. *Mycologia*, 90(6), 1028–1030. <https://doi.org/10.2307/3761276>
- Kaitera, B.J. 1999. *Cronartium flaccidum* fruitbody production on *Melampyrum* spp. and some important alternate hosts to pine. *European Journal of Forest Pathology*, 29: 391-398. <https://doi.org/10.1046/j.1439-0329.1999.00176.x>
- Kaitera, J., Nuorteva, H., & Hantula, J. 2005. Distribution and frequency of *Cronartium flaccidum* on *Melampyrum* spp. in Finland. *Canadian Journal of Forest Research*, 35(2), 229-234. <https://doi.org/10.1080/02827581.2011.579153>
- Wulff, S & Hansson, P. 2013. Nationell Riktad Skadeinventering (NRS) 2012. Arbetsrapport 386.
- Öhlund, J., Svennerstam, H. & Fredriksson, E. 2023. Demoförsök Törskate - resultat 2020–2022. Skogforsk, Arbetsrapport 1179–2023. Länk: [ap-1179-2023-demoforsok-torskate.pdf](https://www.skogforsk.se/arbetsrapport/1179-2023-demoforsok-torskate.pdf) (skogforsk.se)

Bilaga 1



Figur B1. Kumulativt linjediagram (orange) och stapeldiagram (grå) med antal angripna grenar vid estimerad trädålder för infektion för alla enskilda beståndsåldrar. Notera att den kumulativa kurvans y-axel är på vänster sida medan stapeldiagrammets y-axel är på höger sida och har olika skalor.