



Scenarier för hur stora volymer skog som granbarkborren kan komma att döda sommaren 2023

På uppdrag från projektet Stoppa borrharna har jag tagit fram scenarier för utvecklingen av granbarkborreskadorna under 2023. Detta är fjärde året detta görs (Schroeder 2020, 2021a, 2022). Förutom scenarieräkningarna har jag inkluderat beskrivningar av de viktigaste faktorerna som påverkar hur stora skadorna blir. Detta för att belysa komplexiteten och svårigheterna i att förutsäga skadornas storlek. Jag har denna gång tagit fram separata scenarier för Götaland och Svealand eftersom volymen dödad skog minskade kraftigt i Götaland under 2022 (under tidigare år sammanslagna). Baserat på tidigare års utfall har jag tagit fram ett intervall där det lägsta värdet motsvarar ett scenario där skadorna minskar kraftigt, t.ex. som ett resultat av en sval och regnig sommar eller av annan okänd anledning och det högsta värdet ett scenario med en varm och torr sommar.

Metoden jag använder baseras på utfallet från tidigare år i det nu pågående utbrottet. I första steget görs en uppskattning av hur många granbarkborrehonor som producerades under föregående år, som beräknas utifrån volymen som dödades och granbarkborrens förökning i denna volym. Baserat på den producerade populationen av granbarkborrehonor beräknas en s.k. teoretisk volym som de skulle kunna angripa 2023 (med en antagen angreppstäthet). Jag kallar den för teoretisk eftersom den inte tar hänsyn till bl.a. dödligheten innan våren 2023, hur stor del av barkborrarna som misslyckas med sina angrepp, andel av föräldradjuren som anlägger syskonkullar och andel av nya generationen som förökar sig samma sommar. Detta är faktorer som vi inte har några data för. För att råda bot på detta korrigeras därför den teoretiska volymen med en erfarenhetsmässig korrektionsfaktor (som inkluderar dessa faktorer) baserad på utfallet från tidigare år.

Stor osäkerhet i bedömningar över hur mycket skog som riskerar att dödas

Det går inte att göra säkra prognoser för hur mycket skog som granbarkborren kommer att döda under nästföljande år (i detta fall sommaren 2023). Däremot kan man ställa upp scenarier som baserar sig på olika antaganden. Det är därför viktigt att de som använder och/eller kommunicerar scenarierna är medvetna om att de är just scenarier och alltså inte prognoser. I det följande redovisar jag först de viktigaste faktorerna som påverkar hur stora skadorna kommer att bli. Poängen med detta är att öka medvetenheten om vilka de viktigaste faktorerna är och dessutom visa på hur stor osäkerheten faktiskt är. Därefter redovisar jag hur jag räknat för att komma fram till scenarierna. Det är viktigt att påpeka att det inte finns någon beprövad metod för hur scenarier av kommande års skador av granbarkborre skall beräknas.

Faktorer som påverkar skadeutvecklingen

Viktiga faktorer som avgör hur stora skadorna blir är: (1) storleken på granbarkborrepopulationen på våren när de börjar svärma, (2) trädens motståndskraft mot barkborreangrepp och (3) hur vädret blir under sommarhalvåret.

Populationens storlek våren 2023

Storleken på populationen av granbarkborrar våren 2023 avgörs av hur stor volym träd som de förökade sig i under 2022, produktionen av barkborrar i dessa träd och hur stor del av den nya generationen som dör fram till våren 2023. För volym dödade träd och produktion av barkborrar finns uppskattningar som används i scenarierna nedan.

Angripen volym under 2022

I det följande anges m^3sk som m^3 och värden inom parentes anger relativt medelfel för skattningarna. Medelfelet är ett mått på osäkerheten i skattningen, ju större medelfel desto osäkrare skattning. Medelfelet multiplicerat med två ger ett 95-procentigt konfidensintervall kring medelvärdet. Den totala volymen som granbarkborrarna förökade sig i under 2022 har uppskattats till totalt 5,1 miljoner m^3 (27 %) för Götaland och Svealand (Wulff & Roberge 2022). Denna volym utgjordes nästan helt och hållet av dödade stående träd (volymen koloniserade vindfällan

uppskattades till 0,03 miljoner m³). Uppdelat på landsdelar var volymerna: Götaland 1,3 miljoner m³ (27 %) och Svealand 3,8 miljoner m³ (35 %). De största skadevolymerna återfanns i östra Svealand och Götaland. En uppdelning i öst – väst visade att 4,7 miljoner m³, vilket motsvarar 92 % av totala volymen, fanns i Västmanland, Uppsala, Stockholm, Södermanland, Östergötland, Kalmar samt Blekinge län.

Granbarkborrens förökning under 2022

I denna rapport beräknades förökningen baserat på hur många granbarkborrar som producerades per m² angripen yta bark. Förra året användes istället förökningskvoten, dvs. antal producerade döttrar per hona, vilket ger ett likartat resultat. Dock är det enklare att förstå beräkningarna med årets metod.

Granbarkborrens förökningsframgång har i ett forskningsprojekt uppskattats varje år sedan utbrottet startade 2018 i ett 10 x 10 mil stort studieområde i östra Småland genom analys av barkprover från dödade träd (Schroeder 2023). Från och med 2020 uppskattades även granbarkborrens förökning för två regioner i Svealand: Värmland och Uppland/Västmanland. Detta för att få en bättre geografisk spridning på uppskattningarna.

En osäkerhetsfaktor är hur representativa uppskattningarna av förökningen i de tre studerade regionerna är för Götaland respektive Svealand.

Undersökningsområdet i östra Småland innefattar delvis Kalmar län, som ingår i de östra länen med huvuddelen av den dödade volymen under 2022. Undersökningsområdet i Värmland ingår inte bland de hårdast drabbade länen i östra Svealand. Men det gör undersökningsområdet i Uppland/Västmanland. Förökningen var ungefär densamma i dessa två regioner och i beräkningarna används ett medeltal.

Andel av den nya generationen som dör innan svärmningen nästkommande år

En del av den nya generationen dör av naturliga orsaker under hösten/vintern. För de som övervintrar under bark på angripna träd är dödligheten låg, medan den är ca 40 % för de som övervintrar i marken (Schroeder 2021b, Weslien m.fl 2022). Till detta kommer de granbarkborrar som oskadliggörs genom avverkning av angripna träd. Enligt SLU's provyteinventering var 30 % av den totala angripna volymen under 2022 avverkad vid inventeringen under hösten 2022 (Wulff & Roberge 2022). Dessutom uppskattades att nära 60 % av volymen som dödades 2021

fortfarande fanns kvar i skogen under hösten 2022. Därför kan det antas att mindre än hälften av den totala dödade volymen avverkades medan metoden har någon effekt på barkborrarna (dvs. innan de börjar svärma på våren) och endast en liten del när metoden är som effektivast (dvs. på sommaren innan barkborrarna utvecklats till adulter). Vid avverkningar under vintern kan man räkna med att reducera antalet barkborrar med 10 – 40 % (jämfört med om träden får stå kvar) beroende på hur många barkborrar som redan lämnat träden och hur mycket bark som blir kvar i skogen (Weslien m.fl. 2022).

Eftersom vi inte har några uppskattningar av hur stor del av den nya generationen som dör innan svärmningen på våren så ingår denna faktor, tillsammans med andra, i den erfarenhetsmässiga korrektionsfaktorn i scenarierna nedan.

Trädens motståndskraft mot angrepp

Tyvärr saknas det metoder för att uppskatta granskogens motståndskraft mot angrepp av granbarkborre över större områden. Experiment där enskilda granar har utsatts för torkstress visar att sådana träd har en sämre försvarsförmåga mot angrepp jämfört med kontrollträd (Netherer m.fl. 2005). Vi vet också erfarenhetsmässigt att efter riktigt varma och nederbördsfattiga somrar så ökar risken för utbrott. Inte minst sommaren 2018 är ett bra exempel på detta (Schroeder & Kärvemo 2022).

Trädens motståndskraft mot barkborreangrepp påverkar hur stor volym som dödas på två sätt. För det första genom hur stor andel av barkborrarna som helt misslyckas med sina angrepp och därmed dör utan att bidra till att träd dödas. För det andra genom hur många barkborrar som krävs för att övervinna trädens försvar i de träd som de lyckas föröka sig i (dvs. hur hög angreppstäthet som krävs).

Hur stor del av populationen som dör utan att lyckas föröka sig har vi ingen möjlighet att ta fram data för. Man kan anta att när trädens motståndskraft är högre så ökar denna andel. Men även populationstätheten (dvs. hur många barkborrar det finns i ett område) är viktig. Är populationstätheten hög så har trädens motståndskraft mindre betydelse. Eftersom vi inte har några uppskattningar av trädens motståndskraft så ingår också denna faktor i den erfarenhetsmässiga korrektionsfaktorn i scenarierna nedan.

Vädrets inverkan

Hur varm och torr sommaren 2023 blir är avgörande för hur stora volymer som kommer att dödas. Temperaturen påverkar granbarkborrens potential att döda träd både direkt och indirekt. Det senare via trädens motståndskraft som redan avhandlats ovan (dvs. en varm och torr sommar ökar risken för att trädens motståndskraft minskar). Temperaturens direkta inverkan påverkar både antalet flygdagar och fenologin för granbarkborren, samt troligen också hur effektiva de är att övervinna trädens försvar.

Med fenologi avses här dels när föräldradjuren lämnar sin först lagda kull för producera ytterligare en, eller flera, (s.k. syskonkullar) och dels när den nya generationen är färdig. För det senare finns det modeller som baserat på ackumulerad temperatursumma (över en viss minimitemperatur) från svärmningsstart förutsäger när den nya generationen granbarkborrar är färdigutvecklade (inklusive mognadsgnag) i olika delar av Sverige (Fritscher & Schroeder 2022). Ju tidigare den nya generationen är färdigutvecklade, ju större andel av dem kommer att angripa träd samma säsong istället för att vänta till nästa år (Schroeder & Dalin 2017, Fritscher & Schroeder 2022) vilket därmed förväntas öka volymen som dödas under säsongen.

När det gäller syskonkullar har man i experiment, där man odlat granbarkborre i stamsektioner, visat att 90 % av föräldradjuren lämnar sin första kull för att anlägga en syskonkull (Anderbrant m.fl. 1985). Hur lång tid det tar från det initiala angreppet tills föräldradjuren lämnar styrs också av temperaturen. Dessutom påverkas det av angreppstätheten (Anderbrant m.fl. 1985). Ju varmare sommar, och ju högre angreppstäthet, desto tidigare lämnar föräldradjuren för att anlägga en eller flera syskonkullar.

Dessutom är det troligt att granbarkborrens förmåga att övervinna trädens försvar ökar under riktigt varma dagar. En tysk studie visade att de dagliga fångsterna i feromonbetade fällor ökade kraftigt när maxtemperaturen låg mellan 22 - 25°C för att därefter ligga på en hög nivå (Hinze m.fl. 2020). Ju snabbare ett massangrepp sker, ju svårare bör träden ha att hinna mobilisera sitt inducerade försvar.

Sammanfattningsvis innebär ovanstående att under varma somrar kommer en högre andel av föräldradjuren hinna anlägga syskonkullar (en eller flera), en högre andel av den nya generationen kommer angripa träd samma säsong som de utvecklats och barkborrarna kommer vara effektivare i att övervinna trädens försvar. Sammantaget innebär detta att den dödade volymen förväntas bli större. Även vädrets inverkan ingår i den erfarenhetsmässiga korrektionsfaktorn i scenarierna nedan.

Beräkningar

Beräkningarna innefattar följande steg:

- (1) Uppskattning av hur många barkborrehonor som producerades i de dödade träden under 2022.
- (2) Beräkning av en s.k. teoretisk volym som dessa barkborrar skulle kunna angripa under 2023.
- (3) Beräkning av en korrektionsfaktor för tidigare år genom att den faktiska volymen som dödsats divideras med den framräknade teoretiska volymen.

I det sista steget kan sedan scenarier ställas upp baserade på den teoretiska volymen framräknad för 2023 multiplicerad med korrektionsfaktorerna framräknade från tidigare år.

(1) Antal producerade honor under 2022

$$\text{Population producerade honor} = \text{dödad volym} \times 13,6 \times \text{produktion}/2$$

Volym dödad 2022: Götaland = 1,3 miljoner m³, Svealand = 3,8 miljoner m³

Angripen barkyta per m³ dödad gran är 13,6 m². Detta värde baserar sig på att medeldiametern för angripna granar är 28,3 cm (drygt 4000 inmätta dödade granar under åren 2018 – 2022). Att den angripna barkytan för en gran med medeldiametern 28,3 cm uppskattas till 9,85 m² (data från Weslien m.fl. 2022). Att volymen för en gran med diametern 28,3 cm är 0,725 m³.

Produktion = produktion av nya barkborrar per m² bark under 2022 vilken var 1038 för Götaland och 321 för Svealand. Produktionen divideras med 2 för att få produktion av barkborrehonor (50 % är honor).

Population honor Götaland = 1 300 000 (m³) x 13,6 x 1038/2 = 9174 miljoner honor

Population honor Svealand = 3 800 000 (m³) x 13,6 x 321/2 = 8295 miljoner honor

(2) Teoretisk volym som kan dödas 2023

$$\text{Teoretisk volym} = \text{Population honor producerad 2022} / (13,6 \times \text{antagen angreppstäthet för 2023})$$

Angreppstäthet = antalet angripande honor per m² bark under 2023.
 Angreppstätheten antas bli 350 honor (dvs. modergångar) per m² barkyta i dödade träd under 2023. Under 2022 var angreppstätheten i medeltal 336 honor i Götaland och 356 honor i Svealand (Schroeder 2023).

Teoretisk volym Götaland 2023 = 9174 miljoner honor / (13,6 x 350) = 1,93 miljoner m³

Teoretisk volym Svealand 2023 = 8295 miljoner honor / (13,6 x 350) = 1,74 miljoner m³

(3) Korrektionsfaktorn för tidigare år

För varje år som det finns en framräknad teoretisk volym och en fältuppskattning av den verkliga volymen dödad skog kan en korrektionsfaktor räknas ut enligt nedanstående formel.

$$\text{Korrektionsfaktor} = \text{volym dödad} / \text{teoretisk volym}$$

Korrektionsfaktorn kan beräknas för åren 2019 – 2022 för Götaland och åren 2021 – 2022 för Svealand (saknas tillförlitlig uppskattning av volym dödad, och även data för förökning och angreppstäthet, för åren 2018 och 2019 för Svealand).

Tabell 1. Underlag för beräkning av korrektionsfaktorn för åren 2019 – 2022 för Götaland.

| År | Volym dödad (milj m ³) | Produktion (per m ²) | Antal honor (milj) | Angreppstäthet (honor per m ²) | Teoretisk volym (milj m ³) | Korrektionsfaktor |
|------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|--|--|-------------------|
| 2018 | 2,40 | 2323 | 37914 | 294 | | |
| 2019 | 4,75 | 1775 | 57330 | 395 | 7,06 | 0,67 |
| 2020 | 4,10 | 502 | 13986 | 403 | 10,46 | 0,39 |
| 2021 | 3,85 | 975 | 25521 | 284 | 3,62 | 1,06 |
| 2022 | 1,30 | 1038 | 9174 | 336 | 5,58 | 0,23 |

Korrektionsfaktorn för Götaland har varierat med nästan en faktor fem mellan åren 2019 - 2022 (Tabell 1). Två värden som sticker ut är 2021, när den dödade volymen var ungefär densamma som den framräknade teoretiska volymen, och 2022 när den dödade volymen bara motsvarade en dryg femtedel av den teoretiska volymen. En bidragande orsak till resultatet för 2021 är att angreppstätheten var låg detta år, dvs. en given mängd barkborrar kunde då kolonisera flera träd jämfört med ett år med högre angreppstäthet. Dessutom var 2021 en ovanligt varm och torr sommar vilket

bör ha gynnat barkborrarna (fler syskonkullar, högre andel av nya generationen som förökade sig samma säsong, effektivare på att övervinna trädens försvar) och missgynnat träden (stressade av torka). Den låga korrektionsfaktorn under 2022 kan bara till mindre del förklaras med att angreppstätheten var hög detta år. Det var inte heller någon ovanligt sval och blöt sommar (intermediär mellan somrarna 2021 och 2020, SMHI månadsrapporter). Ingångspopulationen av honor våren 2022 bör ha varit relativt hög (dvs. många producerades under 2021, Tabell 1) vilket inte talar för att minskningen i volym som dödades under 2022 berodde på att barkborrarna i ökad utsträckning var för få för att kunna övervinna trädens försvar (förutsatt att förökningsframgången i Småland är representativ för Götaland). Det är med andra ord oklart varför minskningen i dödad volym i Götaland blev så kraftig.

Tabell 2. Underlag för beräkning av korrektionsfaktorn för åren 2021 – 2022 för Svealand.

| År | Volym dödad (milj m ³) | Produktion (per m ²) | Antal honor (milj) | Angreppstäthet (honor per m ²) | Teoretisk volym (milj m ³) | Korrektionsfaktor |
|------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|--|--|-------------------|
| 2020 | 3,70 | 549 | 13813 | 371 | | |
| 2021 | 4,30 | 456 | 13333 | 265 | 3,83 | 1,12 |
| 2022 | 3,80 | 321 | 8295 | 356 | 2,75 | 1,38 |

För Svealand är det bara möjligt att räkna ut korrektionsfaktorn för de två senaste åren (Tabell 2). Under 2021 överensstämmer den väl mellan Götaland och Svealand. Under 2022 var den dock hela sex gånger högre för Svealand. Huvudförklaringen till denna skillnad är att volymen dödad skog var ungefär densamma 2021 som 2022 i Svealand medan den sjönk kraftigt i Götaland som diskuterats ovan.

Det är viktigt att poängtera att en del av variationen i korrektionsfaktorns storlek kan bero på felaktiga ingångsvärden för beräkningarna. Uppskattningen av antalet producerade honor, och angreppstätheter, baserar sig på data från en liten del av utbrottsområdet (se ovan) och uppskattningarna av volymen dödad skog är behäftade med relativt stora medelfel trots ett stort antal provytor (se ovan).

Scenarier för 2023

Jag har valt att utnyttja den lägsta och den högsta korrektionsfaktorn (Götaland respektive Svealand 2022) för att baserat på tidigare års utfall räkna ut ett intervall för volym dödad granskog under 2023.

Götaland:

$$0,23 \times 1,93 \text{ milj m}^3 = 0,4 \text{ milj m}^3$$

$$1,38 \times 1,93 \text{ milj m}^3 = 2,7 \text{ milj m}^3$$

Alltså ett intervall från 0,4 – 2,7 miljoner m³

Svealand:

$$0,23 \times 1,74 \text{ milj m}^3 = 0,4 \text{ milj m}^3$$

$$1,38 \times 1,74 \text{ milj m}^3 = 2,4 \text{ milj m}^3$$

Alltså ett intervall från 0,4 – 2,4 miljoner m³

De lägsta värdena är troligast vid scenariot en sval och kall sommar, eller att utbrottet minskar kraftigt av andra skäl (som Götaland under 2022). De högsta värdena är sannolikast vid scenariot en varm och torr sommar jämförbar med sommaren 2021. En upprepning av den extremt varma och torra sommaren 2018 skulle sannolikt leda till ännu större skador än de högsta värdena i intervallen ovan.

Slutord

Ovanstående illustrerar hur svårt det är att ställa upp scenarier som kopplar en viss typ av sommar till en viss skadeutveckling under utbrott av granbarkborre. Det ideala hade varit om man haft tillgång till en mekanistisk modell, som utifrån kända samband mellan bl.a. väder och trädens motståndskraft i detalj kunnat förutsäga granbarkborrarnas angreppsframgång vid olika populationstätheter. Med tanke på hur komplicerat trädens försvar är, att sambanden inte kan förväntas vara linjära (dvs. det finns tröskelvärden) och det ofullständiga kunskapsläget, kan en sådan modell inte förväntas vara på plats inom en överskådlig framtid. Ett alternativ till en mekanistisk modell är en statistisk modell som utnyttjar korrelationer mellan t.ex. väder och utveckling av skador. Ovanstående beräkningar kan sägas utgöra en rudimentär form av en statistisk modell men med alldeles för få års data för att få fram säkerställda samband.

Referenser

- Anderbrant O, Schlyter F & Birgersson G (1985) Intraspecific competition affecting parents and offspring in the bark beetle *Ips typographus*. *Oikos*, 89-98.
- Fritscher D & Schroeder M (2022) Thermal sum requirements for development and flight initiation of new-generation spruce bark beetles based on seasonal change in cuticular colour of trapped beetles. *Agricultural and Forest Entomology* 24, 405-421.
- Hinze J & John R (2020) Effects of heat on the dispersal performance of *Ips typographus*. *Journal of Applied Entomology* 144, 144-151.
- Netherer m.fl. (2015) Do water-limiting conditions predispose Norway spruce to bark beetle attack? *New Phytologist* 205, 1128-1141.
- Schroeder M (2020) Scenarier för volymer granbarkborredödad skog sommaren 2020. Arbetsrapport, Institutionen för Ekologi, SLU, 2020-02-03.
- Schroeder M (2021a) Scenarier för volymer granbarkborredödad skog sommaren 2021. Arbetsrapport, Institutionen för Ekologi, SLU, 2021-01-18.
- Schroeder M (2021b) Effektiviteten av Sök och Plock utförd under höst och vinter – en uppdatering. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för ekologi.
- Schroeder M (2022) Scenarier för hur stora volymer skog som granbarkborren kan komma att döda sommaren 2022. Arbetsrapport, Institutionen för Ekologi, SLU, 2022-02-20.
- Schroeder M (2023) Granbarkborrens förökningsframgång i dödade träd under sommaren 2021 i sydöstra Småland, Värmland och Uppland/Västmanland. Arbetsrapport, Institutionen för Ekologi, SLU.
- Schroeder M & Dalin P (2017) Differences in photoperiod-induced diapause plasticity among different populations of the bark beetle *Ips typographus* and its predator *Thanasimus formicarius*. *Agricultural and Forest Entomology* 19, 146-153.
- Schroeder M & Kärverno S (2022) Rekordstort utbrott av granbarkborre – orsaker och vad man kan göra. *Kungl. Skogs- och Lantbruksakademiens Tidskrift* nr 7 2022, 16-19.

Weslien J, Öhrn P & Schroeder M (2022) Effekt på granbarkborren och dess fiender vid vinteravverkning av dödade granar. Skogforsk arbetsrapport 1110–2022.

Wulff S & Roberge C (2022). Inventering av granbarkborreangrepp i Götaland och Svealand 2022. Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU. 2022-12-06.