

Effekt på granbarkborren och dess fiender vid vinteravverkning av dödade granar

Slutrapport från projekt "Effekt av sök och plock vinter" på granbarkborren och dess fiender under bark"



Jan Weslien

Skogforsk

753 81 Uppsala

jan.weslien@skogforsk.se

Martin Schroeder

Sveriges lantbruksuniversitet (SLU), Institutionen för ekologi

Box 7044, 75007 Uppsala

martin.schroeder@slu.se

1 Sammanfattning

De senaste fyra åren har granbarkborren (*Ips typographus*) dödat stora volymer granskog i Götaland och Svealand. Den enda bekämpningsmetod mot granbarkborre som praktiseras i stor skala är avverkning av angripna träd vilka sedan forslas bort ut ur skogen med syftet att reducera den nya generationen av granbarkborrar och att rädda virkesvärdet. Det första syftet, att reducera antalet granbarkborrar, kan uppnås om avverkningen utförs under sommaren, innan barkborrarna hunnit utvecklas färdigt. Huvuddelen av avverkningarna sker dock under höst/vinter när det finns flera frågetecken vad det gäller hur stor reduktion som kan uppnås.

Syftet med studien var att klargöra hur avverkning av angripna träd under vintern påverkar granbarkborren och dess fiender jämfört med att låta träden stå kvar. Undersökningen utfördes under vintern 2020/2021 och består av två separata delstudier. Den ena innefattar mätningar på 379 dödade granar, före och efter avverkning med skördare, där målet var att uppskatta andelen av barken (innehållande insekter) som skalas av under avverkningen och överlevnaden av granbarkborrar och dess fiender i den avskalade barken (som blir kvar i skogen). Den andra undersökningen innefattar mätningar på 117 kvarstående granbarkborredödade träd i Svealand och Götaland, där målet var att uppskatta hur stor andel av granbarkborrarna som övervintrar i träden samt vinteröverlevnaden av granbarkborrar och dess fiender genom att jämföra barkprover från vintern med barkprover från våren på samma träd.

I skördarstudien minskade andelen kvarsittande bark på träden från i medeltal 88 % före avverkning till 49 % efter det att träden upparbetats med skördare. Mindre andel bark lossnade vid avverkning i minusgrader än i plusgrader. I medeltal fanns 57 % av barken kvar vid avverkning i minusgrader och 34 % vid avverkning i plusgrader. Trädens grovlek eller färg på kronan (indikation på angreppstidpunkt) påverkade inte hur mycket bark som skalades av. Överlevnaden av granbarkborrar och styltflugor (de vanligaste rovinsekterna) i avskalad bark som låg på marken fram till våren var hög, sannolikt över än 80 %.

I medeltal övervintrade 62 % av granbarkborrarna i barken på de stående träden, vilket är högre än i tidigare undersökningar. Det fanns ingen nord-syd gradient i andelen som övervintrade under bark. Däremot fanns det en stark positiv effekt av barktjocklek (ju tjockare bark desto högre andel). Betydligt lägre andel ungskalbaggar var kvar i barkproverna tagna i skördarstudien än i barkproverna tagna på de stående träden. I genomsnitt var endast 23 % kvar under bark i skördarstudien. Orsaken till den stora skillnaden är oklar men möjliga förklaringar diskuteras.

Vinteröverlevnaden var nära 100 % både för granbarkborre och fiender i barkprover från de stående träden som inte avverkades.

I fyra olika scenarier kombinerade vi olika värden på andelen av granbarkborrarna som övervintrar i bark och andelen bark som skalas av under avverkning, under givna antaganden om storleken på olika mortalitetsfaktorer (baserade på resultat från denna och tidigare undersökningar). Beräkningarna uppskattar hur stor andel av granbarkborrarna som överlever till våren på en plats där i ena fallet träden avverkas eller i andra fallet får stå kvar. Resultaten indikerar att granbarkborrepopulationen kan reduceras med upp till ca 40 % under gynnsamma omständigheter (hög andel barkborrar övervintrar under bark och lite bark skalas av) vid en vinteravverkning men att reduktionen i praktiken oftast är betydligt mindre.

På samma sätt gjordes beräkningar för styltflugor, en av de viktigaste fienderna till granbarkborren. Tidigare studier har visat att till skillnad mot granbarkborren så övervintrar 100 % av styltflugorna (som larver) under bark. Resultaten indikerar att populationen av styltflugorna alltid minskar mer än

granbarkborrarna vid vinteravverkning av angripna träd. Det sämsta utfallet, dvs. då en låg andel av granbarkborrepopulation reduceras och en hög andel av styltflugepopulationen reduceras, fås när få granbarkborrar finns kvar i träden och lite bark skalas av vid avverkningen.

2. Bakgrund

Den varma och torra sommaren 2018 initierade det största utbrottet av granbarkborre (*Ips typographus*) som drabbat Sverige hittills. Uppskattningsvis 26 miljoner m³ granskog har dödats i Götaland och Svealand under åren 2018 – 2021 (Skogsstyrelsen, 2021; Wulff & Roberge 2021a, b). Den enda bekämpningsmetod mot granbarkborre som praktiseras i stor skala är avverkning, och bortforsling, av angripna träd ut ur skogen (Sök & Plock) med syftet att reducera den nya generationen av barkborrar och att rädda virkesvärdet. Det första syftet, att reducera antalet granbarkborrar, kan uppnås om avverkningen utförs innan barkborrarna hunnit utvecklas färdigt eftersom larver och puppor inte överlever i bark som lossnar vid avverkning. Huvuddelen av avverkningarna sker dock under höst/vinter när det finns flera frågetecken vad det gäller hur stor reduktion som kan uppnås. De viktigaste är: (1) Hur stor andel av barkborrarna finns då kvar i träden? (2) Hur mycket av barken lossnar vid avverkningen och blir därmed kvar i skogen? (3) Hur stor andel av granbarkborrarna och deras fiender överlever i bark som blir kvar i skogen? Utan svar på dessa frågor riskerar man att göra felaktiga prioriteringar.

Tidigare studier visar att knappt hälften av barkborrarna övervintrar i barken i dödade träd i Småland (Schroeder 2007, 2008, 2009, 2010, Komonen m. fl. 2011) medan i norra Svealand och södra Norrland så är denna andel mycket lägre (Hedgren & Schroeder 2004, Schroeder 2011, 2012). Däremot saknas uppgifter för norra Götaland och södra Svealand.

Vid upparbetning av dödade träd skrapar skördaraggregatet av bark, med barkborrar i, som blir kvar i skogen. Den enda tidigare studien över detta visade att i medeltal så fanns knappt 30 % av barken kvar efter att skördaren hanterat dem (Schroeder 2020). Studien visade också att en del av granbarkborrarna i avskrapad bark överlevde till våren. Eftersom denna studie bara omfattade en skördare vid ett tillfälle är det viktigt att replikera studien för att få bättre data på hur stor del av barken som lossnar och på överlevnaden av barkborrar i sådan bark.

Granbarkborren har många olika fiender som äter dess avkommor i barken (Weslien 1991, Wermlinger & Schneider Mathis 2021). Fienderna är viktiga genom att de reducerar antalet barkborrar som produceras och därmed också påverkar nivån på skadorna. Några av de viktigaste fienderna, är styltflugor (av släktet *Medetera*). Det finns en handfull arter av styltflugor som lever i granbarkborrens gångsystem, där en art, *M. signaticornis*, dominerar stort (Weslien 1992, Hedgren & Schroeder 1994, Ounap 2001, Wermlinger 2002). Styltflugorna koloniserar granbarkborrens nyanlagda gångsystem under försommaren och den nya generationen kläcks ur träden följande sommar (Weslien 1992, Wermlinger 2000, Hedgren & Schroeder 2004). Eftersom de övervintrar i träden, finns det en uppenbar risk att de drabbas oproportionellt hårt vid höst/vinteravverkningar om många av granbarkborrarna redan lämnat träden för övervintring i marken. Särskilt om kvarvarande barkborrar överlever i bark som lossnar men inte fienderna. Till skillnad mot granbarkborren så övervintrar styltflugor (och andra fiender) huvudsakligen som larver vilket skulle kunna innebära att de löper större risk att skadas vid en avverkning.

Det övergripande syftet med denna studie är att klargöra hur avverkning av angripna träd under vintern påverkar granbarkborren och dess fiender jämfört med att låta träden stå kvar.

Frågeställningarna är: 1) Hur mycket bark skalas av vid upparbetning av angripna träd och hur påverkas detta av olika faktorer? 2) Hur stor är överlevnaden av granbarkborre och dess fiender i avskalad bark vid avverkning av dödade granar? 3) Hur stor andel av granbarkborrarna övervintrar i bark på stående granar på olika platser i Svealand och Götaland? 4) Hur stor är den naturliga vinterdödligheten (dvs. om ingen avverkning sker) för barkborrar och fiender som övervintrar i bark på stående granar? 5) Hur känslig är effekten av avverkning på granbarkborrar och dess fiender, för variationer i värden uppskattade under frågeställningar 1-4?

3 Material och Metoder

Undersökningen utfördes under vintern 2020/2021 och består av två separata delstudier. Den ena innefattar mätningar på 379 barkborredödade granar före och efter avverkning med skördare (nedan benämnd Skördarstudie). Den andra mätningar på 117 stående granbarkborreangripna träd i Svealand och Götaland i början och slutet av vintern (benämnd Kvarstående angripna granar).

3.1 Skördarstudie

Skördarstudien innefattar fyra delstudier: 1) uppskattning av andel bark som skalas av vid avverkning, 2) uppskattning av andel granbarkborrar som dödas direkt under upparbetning, 3) uppskattning av andel granbarkborrar och fiender som överlever i avskalad bark fram till våren och 4) uppskattning av andel övervintrande granbarkborrar i träden (innan avverkning).

3.1.1 Andel bark som lossnar vid avverkning

Andelen bark som skalas av under avverkning kan bero på flera faktorer. De faktorer som vi inkluderade i denna studie var: 1) andelen kvarsittande bark före upparbetning, 2) träd Kronans färg (indikation av angreppstidpunkt), 3) trädets diameter, 4) temperatur vid upparbetningstillfället (frusen eller tinad bark) och 5) skördaraggregats inställning.

Två personer följde sammanlagt tre skördare inom två regioner: Uppland och Småland.

Avverkningarna i Uppland utfördes av samma skördare och förare, och låg alla inom samma ca 50 ha stora trakt nära Fjällnora öster om Uppsala. Två av avverkningarna i Småland låg ca 3 km från varandra, 20 km nordväst om Oskarshamn nära Krokshult, och skedde med samma skördare (två förare). Den tredje avverkningen i Småland låg nära Oxlehall, ca 40 km sydväst om Kalmar, och skedde med en skördare och förare (Tabell 1).

Några dagar innan varje avverkning märktes försöksträd (granar angripna under 2020) med nummer. På varje träd gjordes följande mätningar eller uppskattningar: brösthöjdsdiameter, andel bark kvar på stammen och kronans färg. Andel bark skattades på två motstående sidor av varje träd. Vid uppskattning av andelen bark togs hänsyn till trädets avsmalning. Som tumregel användes att ca 70 % av mantelytan ovan stubbe finns nedanför halva höjden och ca 50 % finns nedanför en tredjedel av höjden (Edgen & Nylinder 1949) vilket också visade sig stämma vid kontroll efter att träden upparbetats med skördare. Kronans färg skattades i tre klasser: brun (inga gröna barr), brungrön (1-50 % av kronan har gröna barr) eller grön (>50 % av kronan har gröna barr).

På morgonen, innan avverkningen av försöksträden började och ytterligare några gånger under dagen avlästes lufttemperatur. Skördaraggregatets inställning (kniv- och matarvalstryck) avlästes i förarhytten (datorskärmen fotograferades, se bilaga 1). Skördarföraren instruerades att avverka träden som han brukar men att lägga stockarna i ordning från rotstock till toppstock bredvid varandra och i möjligaste mån avskilt från andra försöksträd och träd som ej ingick i studien. Längd och mittdiameter mättes på varje kvistad och kapad stock och andelen festsittande bark

uppskattades på två motstående sidor. För varje stock uppskattades också andel av barkytan med förökning av granbarkborre (om < 100 % förökning angavs orsak: helt oangripen, angripen men utan förökning av granbarkborre eller angrepp av annan barkborre). Vid uppskattning av andel fastsittande bark och andel förökning nyttjades ofta tumregeln att varje meter håller ca 20 % av barkytan (för en 5 m stock). Okvistade toppstockar mättes in på samma sätt om kap- eller brottpunkten hade en diameter på minst 10 cm och det var tydligt att de tillhörde trädet ifråga. Totalt 214 toppar av de 379 undersökta träden uppfyllde dimensionskravet 10 cm och av dessa hittades 101 toppar.

Tabell 1. Antal träd, maskintyp, knivtryck, datum för avverkning, temperatur, diameter samt beståndsålder (räknat på stubbar) för de sex olika avverkningarna. Knivtryck för aggregat H415 anges relativt standardinställning för aggregatet (bilaga 1).

Plats	Antal träd	Maskin id	Skördare Fällaggr.	Knivtryck 30 cm dia	Datum (temp)	Dia Brh cm±se	Ålder på bestånd
Krokshult I	79	A	JD 1470G H415	≈10% lägre än std	20-21 jan (+2°C)	31±1,0	130
Krokshult II	63	A	JD 1470G H415	≈10% lägre än std	1-2-feb (-12°C)	33±1,1	105
Oxlehall	37	B	Ponsse K.S. H7	79 bar	2 feb (-10°C)	31±1,2	65
Fjällnora I	61	C	JD 1270G H415	≈5% högre än std	27-jan (-10°C)	26±0,7	55
Fjällnora II	76	C	JD 1270G H415	≈5% högre än std	9-feb (-13°C)	28±0,6	65
Fjällnora III	63	C	JD 1270G H415	≈5% högre än std	24-feb (+5°C)	26±0,7	55

3.1.2 Andel barkborrar som dödas direkt av upparbetningen

Vid avverkningarna Fjällnora I och II som skedde under en period då det varit minusgrader (bilaga 2), lossnade nästan ingen bark i form av större flak. Dagen efter avverkningen av Fjällnora I samlades kvarsittande barksmulor in från partier av träden där matarvalsarna hade lämnat spår för 10 träd. Dessa prover gicks igenom direkt på lab. och levande och döda granbarkborrar räknades. En bedömning gjordes om döda barkborrar var färska (tecken på att de hade dött under upparbetningen) eller om de var torra (tecken på att de var döda innan upparbetningen). Samtidigt mättes valsspårens bredd (tre valsspår) på 11 träd (se Fig. 1) och deras sammanlagda bredd relativt trädets omkrets beräknades enligt metod beskriven av Möller m. fl. (2008). Vid genomgång av barkprover på lab. noterades om barkprover hade eller saknade spår efter matarvalsar. För proverna med valsspår, mättes dock inte hur stor andel av barkytan som hade spår. Antalet nyligen döda barkborrar jämfördes mellan barkprover med och utan valsspår.



Figur 1. Tvärsnitt från träd (Fjällnora I) med spår efter valsar/knivar där all bark har lossnat i form av små barkbitar.

3.1.3 Vinteröverlevnad av granbarkborre och dess fiender i avskalade barkbitar

Vinteröverlevnaden av granbarkborre och dess fiender i avskalade barkbitar undersöktes genom att jämföra tätheten av levande och döda individer i barkbitar direkt efter avverkning med tätheterna i barkbitar som märktes upp och fick ligga kvar på marken på avverkningsplatsen under vintern för att sedan samlas in och analyseras på våren (Fig. 2). Detta gjordes för 88 avverkade träd. De två barkbitarna för varje träd kom från samma del av trädet och utgjordes nästan alltid av ett större barkstycke som delades i två delar. På lab. förvarades barkbitarna i +5°C fram tills dess att de analyserades genom att de försiktigt finfördelades och alla levande och döda insekter identifierades och räknades. Dessutom togs ett tredje prov av avskalad bark från 48 av de 88 träden. Detta tredje prov bestod ofta av sammanplockade barkstycken från olika stockar (eftersom det oftast saknades tillräckligt mycket avskalad bark i anslutning till de två förstnämnda proverna). Även detta tredje barkprov fick ligga kvar på marken på avverkningsplatsen fram till våren. Men istället för att finfördelas, för utsortering av insekter, så lades dessa barkbitar i kläcklådor på våren för utkläckning av levande insekter. Syftet med utkläckningen var att se hur stor andel av de levande insekterna som var vitala nog att även lämna barkproven på våren. Detta är särskilt relevant för fienderna som övervintrar som larver och som alltså måste klara av att förpuppas och utvecklas till aduler. Kläcklådorna (27 x 27 x 14 cm, med ett provrör i glas som tömdes varje till var tredje dag) förvarades i ett klimatrums med 20 timmars dag och en temperatur av 23 - 27°C (temperaturen varierade eftersom lamporna värmdes upp rummet). Alla barkprover togs in ungefär samtidigt i slutet av mars. Därför varierar tiden som de låg på marken (4 - 9 veckor) beroende på avverkningstidpunkt, ju senare avverkning, desto kortare tid (se Tabell 2).



Figur 2. Barkprover lagda på marken vid Krokshult II. Barkproverna från vartannat träd lades med barksidan uppvänd och från vartannat träd med barksidan nedvänd mot marken och därefter täcktes de med ett tunt lager granris. Barkbitar lades ut på tre olika platser: Krokshult I, Krokshult II (där också proverna från Oxlehall lades) och Fjällnora.

Eftersom så lite bark lossnade i form av större barkflak vid avverkning i sträng kyla togs barkprover då även från kvarstående bark på stockar. Vid Krokshult II var det möjligt ta proverna från partier där barken satt löst eller lossnat helt. Vid Fjällnora I och II satt barken hårt och här kapades stockbitar som tinades i +5°C under ett dygn varefter barken lossades och lades i +5°C igen. De barkprover som skulle övervintra på marken lades ut påföljande dag. Vid avverkning i Oxlehall var granarna huvudsakligen angripna av dubbelögad bastborre (*Polygraphus poligraphus*), och därför togs endast två barkprov där.

Tabell 2. Antal träd från vilka barkprov togs och datum för olika åtgärder i samband med provtagning.

Plats	Antal provträd	Barkprover togs	Barkprover lades på mark	Barkprover togs in från mark
Krokshult I	18	20-22 jan	22 jan	24 mars
Krokshult II	20	1-3 feb	4 feb	24 mars
Oxlehall	2	2 feb	4 feb	24 mars
Fjällnora I	7	9 feb	13 feb	26 mars
Fjällnora I (barksmulor)	10	28 jan	-	-
Fjällnora II	25	9-10 feb	13 feb	26 mars
Fjällnora III	16	24 feb	24 feb	26 mars

3.1.4 Andel övervintrande granbarkborrar i de avverkade träden

I barkbitarna som analyserades direkt efter avverkning (vinterprover) räknades antal kläckhål och antalet levande och nyligen döda ungskalbaggar av granbarkborre (ljusare ungskalbaggar skiljdes från mörkare föräldradjur). Andelen levande ungskalbaggar av granbarkborrar som fanns kvar i trädet beräknades genom formeln: $(\text{antal levande ungskalbaggar} + \text{antal nyligen döda ungskalbaggar}) / (\text{antal levande ungskalbaggar} + \text{antal nyligen döda ungskalbaggar} + \text{antal kläckhål})$. Det antogs att en ungskalbagge lämnat trädet genom varje kläckhål.

3.2 Kvarstående angripna granar

Fem områden, i en gradient från norra Svealand till södra Götaland ingick i undersökningen (Fig. 3). Eftersom det var viktigt att träden inte avverkades under vintern valdes 4 av 5 områden bland naturreservat eller andra typer av skyddade områden (Malingsbo ekopark, Sveaskog, Dalarna; Styggkärrets naturreservat, Uppland; Glotternskogens naturreservat, Östergötland; Offerstenens naturreservat, Sydbillingen, Västergötland. Därtill utnyttjades ett ej skyddat område, Ebbegärde kronopark (Sveaskog) där vi kom överens med markägaren att inga träd i provgrupperna fick avverkas under vintern.

I varje område valdes fem olika grupper med minst 10 granbarkborredödade träd från 2020. Antalet träd i varje grupp, andel kvarsittande bark på varje träd och trädkronans färg registrerades (brun, brungrön eller grön, se ovan för definition).

Barkprov (15 x 45 cm) togs på fyra meters höjd på fem olika träd inom varje grupp, ett från 1 – 15 december 2020 (vinterprov) och ett från 4 – 17 mars 2021 (vårprov). Vårprovet var skyddat med hönsnät mot hackspetthack och togs på samma höjd som vinterprovet, oftast på motsatt sida av stammen, och alltid med minst 5 cm oskadad bark mellan långsidorna på de två proven. Totalt togs prover från vardera 125 träd (5 områden x 25 träd) men på grund av oklarheter i etikettering av prover, inkluderades endast 117 av dessa träd i analysen. Alla barkprover förvarade i kylrum (+5°C) tills de analyserades på lab. (se ovan). I varje barkprov räknades antal levande och döda insekter (både granbarkborrar och andra arter) samt antal kläckhål av granbarkborre.

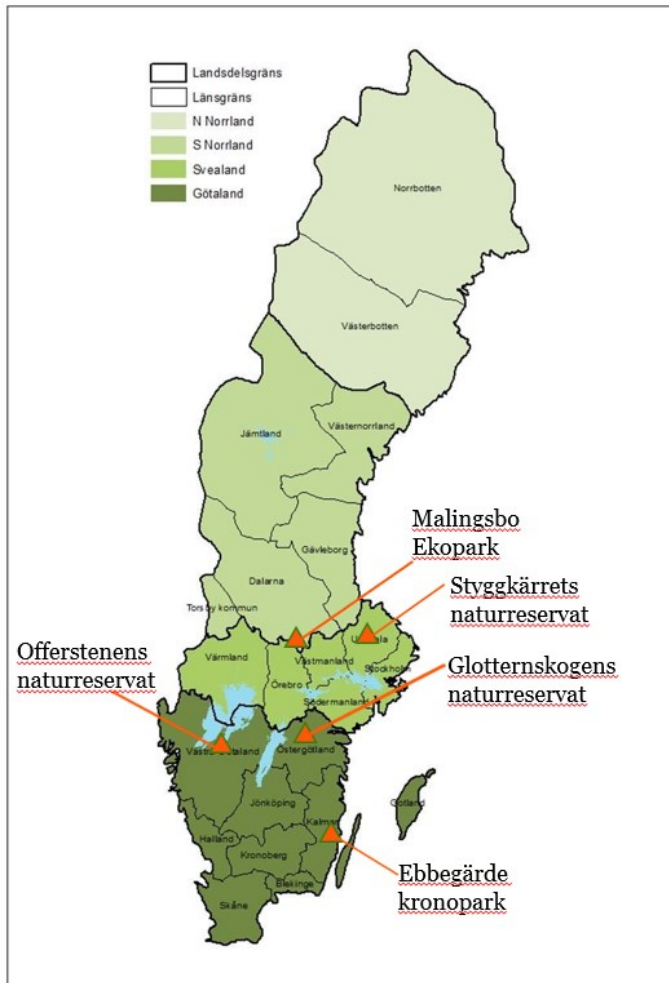
Undersökningen bestod av två delmoment: 1) uppskattning av andelen granbarkborrar som övervintrar i bark på träden och 2) uppskattning av vinteröverlevnad av granbarkborre och fiender i bark på träden.

3.2.1 Andelen granbarkborrar som övervintrar i träden

Endast proverna från december ingår i denna analys. Antalet levande granbarkborrar räknades i barkproverna. De ljusare ungskalbaggarna skiljdes från de mörkare föräldradjuret. Andelen ungskalbaggar av granbarkborrar som fanns kvar i barken beräknades under antagandet en ungskalbagge lämnat trädet genom varje kläckhål (se ovan för formel).

3.2.2 Vinteröverlevnad av granbarkborre och andra insekter

För både vinter- och vårprover räknades levande och döda individer av insekter i barken. Dessa bestämdes till lägsta möjliga taxonomisk ordning (art, släkte, familj, överfamilj). Antalet levande och döda individer av varje art eller artgrupp jämfördes mellan vinter- och vårprov.



Figur 3. De fem områdena där barkprover togs på stående granar dödade av granbarkborren under 2020. (Platserna i skördarstudien: Fjällnora ligger ca 40 km öster om Styggkärrets naturreservat, Krokshult och Oxlehall ligger ca 50 km norr resp. ca 60 km söder om Ebbegärde kronopark).

3.3 Statistiska bearbetningar

Medelvärde och medelfel (i det följande angivet som \pm inom parentes efter medelvärden) beräknades för relevanta variabler. Variansanalyser och regressionsanalyser utfördes i statistikprogrammet SAS Enterprise guide. Variansanalyserna var av typen "general linear model" (GLM) där alla faktorer är "fixed" eller "mixed models" där både "fixed" och "random" variabler ingår för att förklara variationen i responsvariabeln. Random variabeln är en variabel av kategorisk art, t.ex. maskin id (responsvariabel: mängd och andel bark som lossnar), område (responsvariabel: andel som övervintrar i träd), eller träd id (vid olika provtagningstillfällen på samma träd).

Responsvariabler, angivna som andelar, (andel bark kvar eller andel barkborrar kvar i bark) arcus sinus-transformerades innan analys (andel bark kvar eller andel barkborrar kvar i bark).

4 Resultat och Diskussion

4.1 Skördarstudien

4.1.1 Andel bark som lossnar vid upparbetning

Medeltalet för andel bark före avverkning varierade mellan 70 % och 98 % och andelen bark efter avverkning mellan 29 % och 64 %, för de sex olika platserna (Tabell 3). Mer bark lossande vid avverkning i plusgrader än vid avverkning i minusgrader. De avverkade träden i Oxlehall var nästan alla huvudsakligen angripna av dubbelögad bastborre och skiljer sig därmed från de fem övriga platserna där i princip alla träd var huvudsakligen angripna av granbarkborre.

Tabell 3 Andel av mantelytan täckt av bark före respektive efter upparbetning, andel av barken som lossnat under upparbetning samt andel av mantelytan med lyckad förökning av granbarkborre fördelade på sex avverkningar under vintern 2021. Medelvärden ± medelfel

Plats (temperatur)	Maskin id	Antal träd	Brh diameter (cm)	Bark före upparbetn. (%)	Bark efter upparbetn. (%)	Bark som lossnat (%)	Barkyta med förökn. (%)
Krokshult I (plusgrader)	A	79	31±1,0	84±2,5	39±3,1	56±2,9	87±1,8
Krokshult II (minusgrader)	A	63	33±1,1	79±2,8	50±3,5	38±3,4	81±2,8
Oxlehall (minusgrader)	B	37	31±1,2	70±4,1	64±3,9	6±3,0	8±3,5
Fjällnora I (minusgrader)	C	61	26±0,7	92±2,0	60±1,3	33±1,8	87±2,7
Fjällnora II (minusgrader)	C	76	28±0,6	98±0,7	59±0,9	40±0,8	82±1,5
Fjällnora III (plusgrader)	C	63	26±0,7	98±0,6	29±0,5	71±0,5	92±0,8
Alla		379	30±0,4	88±1,0	49±1,2	43±1,3	78±1,5

Andelen bark som satt kvar på träden (dvs. stockarna) efter upparbetningen påverkades starkt positivt av andelen bark på träden före avverkningen ($F=287$, $df\ 1/371$, $p<0,001$) och starkt negativt av temperaturen ($F=178$, $df\ 1/371$, $p<0,001$) medan det däremot inte fanns någon signifikant effekt av brösthöjdsdiameter eller kronfärgsklass ($p>0,05$, se tabell 3 för medelvärden) (variationsanalys med maskin id som random faktor). Detta innebär att vid avverkning i minusgrader av träd med hög andel bark kommer mycket bark bli kvar på träden.

Även när det gäller andelen bark som lossnar (dvs. $[(\text{andel bark före}) - (\text{andel bark efter})]/(\text{andel bark före})$) vid avverkning erhöles en stark effekt (negativ) av temperatur ($F=178$, $df\ 1/372$, $p<0,001$) medan det återigen inte fanns någon signifikant effekt av brösthöjdsdiameter eller kronfärgsklass ($p>0,05$) (variationsanalys med maskin id som random faktor, andel bark före upparbetning inte inkluderad i analysen).

Vi gjorde också en variansanalys där lokalen Oxlehall uteslöts. Huvudsakliga anledningen till detta var att så få träd var angripna av granbarkborre i Oxlehall där dubbelögad bastborre dominerade. Ett ytterligare skäl som gör denna analys intressant är att den medger en jämförelse mellan två maskiner med samma typ av fällaggregat men med olika inställningar på kniv- och matarvalstryck (Tabell 1, Bilaga 1). Resultat av variansanalysen (SAS, GLM) där bara dessa två maskiner ingår ges i tabell 4 och kan tolkas på följande sätt: vid avverkning i minusgrader lämnade båda skördarna ungefär lika mycket bark kvar på träden (50-60 %), skördaren i Krokshult något mindre sannolikt beroende på att andelen bark före avverkning var lägre i Krokshult än i Fjällnora (Tabell 3). Vid avverkning i plusgrader lämnade båda skördarna mindre bark kvar på träden än vid avverkning i minusgrader men skördaren i Fjällnora mindre än skördaren i Krokshult (Tabell 3). Skördaren i Fjällnora hade högre knivtryck än skördaren i Krokshult och detta är sannolikt en viktig faktor för skillnaden mellan skördarna i mängd och andel bark som lossnade (Björklund m. fl. 2008). Men försöksdesignen är inte balanserad. Exempelvis var bestånden i Fjällnora betydligt yngre än de i Krokshult (tabell 1) och det är inte undersökt tidigare hur en sådan skillnad kan påverka mängd och andel bark som lossnar.

Tabell 4. Resultat av variansanalyser (SAS, GLM) inkluderande enbart avverkningarna vid Krokshult och Fjällnora (Oxlehall där dubbelögad bastborre dominerade exkluderad). John Deere maskinerna vid Krokshult resp. Fjällnora hade samma modell av skördaraggregat, H415. Siffror anger F-värden. $df=$ fridetsgrader. * $p<0,05$. ** $p<0,01$, *** $p<0,001$

RESPONSVARIABEL (df total)	FAKTORER				R ²
	Maskin id	Temperatur	Temperatur x maskin id	Andel bark före upparb	
Krokshult & Fjällnora (dftot=341)	df=1	df=1	df=1	df=1	
Andel bark efter	10,7***	22,3***	7,3**	224***	0,53
Andel bark som lossnar	4,8*	148***	12***	-	0,34

De flesta av de avvertrade träden hade brun krona. Andel av barkytan med förökning av granbarkborre var lägre för gröna och brungröna träd än för bruna (Tabell 5). Även diametern påverkade andelen av barkytan med förökning, med högre andel på grövre träd. I en variansanalys med plats som random variabel var båda dessa faktorer statistiskt signifikanta ($p<0,001$). Gröna träd hade i genomsnitt mer av barkytan angripen av dubbelögad bastborre än bruna och brungröna träd och grövre träd hade i genomsnitt en större del av bottenstocken oangripen eller med misslyckad föröngning av granbarkborre än kläna träd. De okvistade toppar som mättes hade i medeltal en mittdiameter på 11 cm (± 4 cm) och 42 % (± 4 %) av barkytan med förökning av granbarkborre. För merparten (74 %) av de inmätta topparna bedömdes angrepp av annan barkborreart vara den främsta orsaken till att inte hela barkytan hade förökning av granbarkborre.

Tabell 5. Andel av mantelytan täckt av bark före respektive efter upparbetning, andel av barken som lossnat under upparbetning samt andel av mantelytan med lyckad förökning av granbarkborre fördelade på tre kronfärgsklasser. Medelvärden \pm medelfel

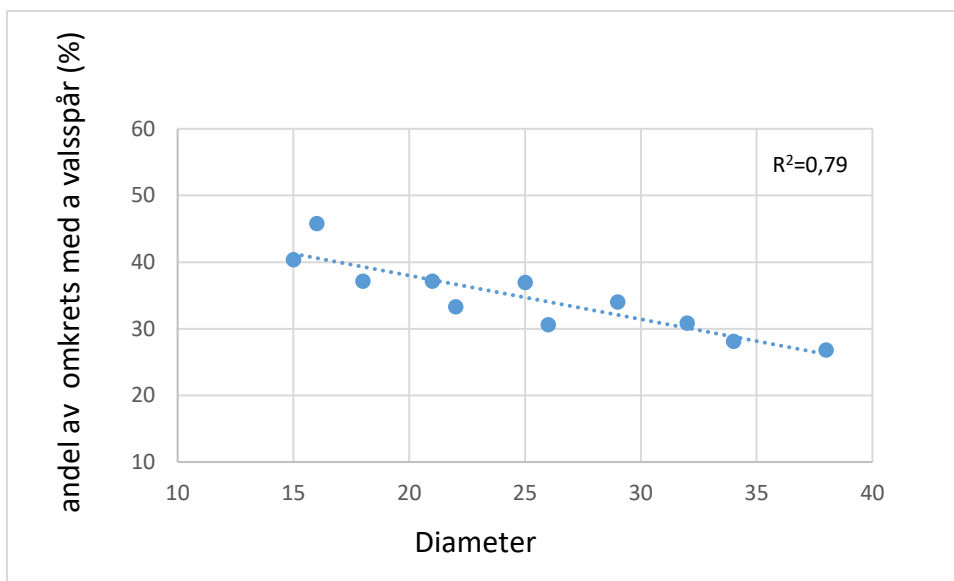
Kronans färg	Antal träd	BRH dia	Bark före upparbetning (%)	Bark efter upparbetning (%)	Bark som lossnat vid upparbetning (%)	Mantelyta med förökning (%)
Brun	240	30 \pm 4,7	91 \pm 1,1	47 \pm 1,5	48 \pm 1,5	88 \pm 1,8
Brungrön	76	29 \pm 8,4	86 \pm 2,5	54 \pm 2,4	36 \pm 3,7	65 \pm 2,8
Grön	63	29 \pm 9,8	80 \pm 2,8	48 \pm 2,8	35 \pm 1,8	56 \pm 3,5
Alla	379	30 \pm 0,4	88 \pm 1,2	49 \pm 1,0	44 \pm 1,3	78 \pm 1,5

4.1.2 Andel granbarkborrar som dör direkt vid upparbetningen

Andelen av mantelytan som hade synliga spår av matarvalsar på skördaraggregatet var mellan 30 och 40 % för flertalet träd och minskade med diametern (Fig. 4). Andelen bark som skadades i denna studie är i nivå eller något lägre än i två tidigare studier (Björklund m. f. 2008, Delb m. fl 2021) där olika inställningar på skördaraggregaten testades, i de flesta fall på friska träd under savningstid, vilket sannolikt ger större och andra typer av barkskador än i vår studie.

I genomsnitt bedömdes 27 % (\pm 11 %) av granbarkborrarna i barksmulor från dessa valsspår vara nyligen döda [(nyligen döda/levande + nyligen döda)]. Denna siffra kombinerad med andel bark med synliga spår av valsar (30-40 %, se ovan), indikerar att ca 10 % ($0,27 \times 0,35$) av barkborrarna dödades direkt under upparbetningen. Detta överensstämmer väl med resultaten från de 88 barkproven som analyserades direkt efter skördaravverkningen (av dessa saknade 18 barkprov helt levande eller nyligen döda barkborrar). För de resterande 70 barkproven klassades i medeltal 9 % av granbarkborrarna som nyligen döda. För de 34 barkprov (av de 70 nämnda ovan) med spår av matarvalsar var andelen nyligen döda granbarkborrar 13 % (\pm 4 %) och för de 36 barkprov utan sådana spår var andelen 5 % (\pm 1,2 %). I en tidigare undersökning (Schroeder 2020) uppskattades andel nyligen döda efter upparbetning vara 10-15 %, dvs i samma storleksordning som i denna studie. Sammanfattningsvis så tyder denna och tidigare studier på att en hög andel av granbarkborrarna överlever trädets upparbetning med skördare.

Studien ger inga bra data på andelen stiltflugor eller andra insekter som dödas direkt vid upparbetning av träden, men sannolikt beror även den på hur stor yta som påverkas av valsarna och borde därför vara i samma storleksordning som för granbarkborre.



Figur 4. Andel av omkretsen med synliga spår av skördaraggregatets (H415) matarvalsar på 11 stockar från olika träd vid avverkningen Fjällnora I.

4.1.3 Vinteröverlevnaden av barkborrar och fiender i avskavda barkbitar

Det var ingen signifikant skillnad ($p > 0,1$; parvis t-test) i tätheten av döda granbarkborrar eller döda stylvflugelarver mellan prov från avskavd bark som analyserades direkt efter avverkning (benämnda vinterprov) och prov som legat ute under vintern (benämnda vårprov) (Tabell 6). Däremot visade parvisa t-tester att tätheten av levande individer var signifikant lägre i vårprov än i vinterprov för granbarkborre ($p = 0,004$) och för stylvflugelarver ($p = 0,04$). Antalet levande ungskalbaggar i vårproven sjönk med minskande barktjocklek ($p = 0,01$), men påverkades inte av hur barkprovet lades marken, med barksidan upp- eller nedvänd ($p > 0,1$, GLM). Antalet levande stylvflugelarver i vårproven påverkades vare sig av barktjocklek eller barksidans positionering ($p > 0,1$, GLM).

För övriga arter (Tabell 6) var variationen i täthet mellan prover stor med många "nollprov" och därför gjordes inga statistiska analyser för dessa. Dock indikerar värdena inga dramatiska skillnader mellan vinter- och vårprov.

De parvisa t-testerna visade på signifikant lägre täthet av levande individer av granbarkborre och stylvflugelarver i vårprov än i vinterprov (se ovan). Dessa skillnader kan dock inte likställas med vinterdödlighet. Antalet döda individer var inte större i vårprovet än i vinterprovet, något som man skulle förvänta om de dött under vintern. Den lägre tätheten av levande granbarkborrar på våren beror sannolikt på att granbarkborrar lämnat barken under perioder med tillräcklig värme vilket har dokumenterats tidigare (Dworschak m. fl. 2014). Liknande resultat redovisas av Schroeder (2020). Sannolikt var temperaturen tillräckligt hög för granbarkborrar att lämna barken, under ca en vecka i månadsskiftet feb-mars och i slutet av mars både i Uppsala och Småland (Bilaga 2). Det var liten skillnad mellan vinter- och vårprov för levande stylvflugelarver och liknande resultat Schroeder (2020). Det kan inte uteslutas att stylvflugelarver kan ha lämnat barken men det finns inga uppgifter om att de övervintrar i marken.

Tabell 6. Antal levande och döda ungskalbaggar av granbarkborre, styltflugor (*Medetera* spp.), Stjärtflugor (*Lonchaea* spp.) och parasitstekellarver (överfamilj Chacidoidea) per m² bark i 88 barkprov som analyserades direkt efter tidpunkten för avverkning (vinter) och i 88 barkprov från samma träd som analyserades efter att de legat på marken fram till våren (se tabell 2 för datum). Endast arter med i medeltal mer än 10 levande individer per m² i vinterprovet redovisas här. Medelvärden ± medelfel

Provtidpunkt	vinter	vår
ungskalbaggar levande	186±28	123±24
ungskalbaggar döda	46±12,5	33±5,9
styltfluga larver levande	86±12	66±12
styltfluga larver död	17±4,1	10±2,0
parasitstekel larv levande	27±4,8	29±4,9
parasitstekel larv död	3,7±1,1	1,1±0,5
Stjärtfluga larv levande	17±5,4	14±4,9
stjärtfluga larv död	0,4±0,23	0,3±0,23

En jämförelse gjordes också mellan barkprover från 48 träd som analyserades på konventionellt sätt vinter resp. vår och där insekter kläcktes ut (Tabell 7). Parvis t-test mellan vinter och vårprover som analyserades på konventionellt sätt gav samma utslag för dessa 48 prover som för alla 88 prover både för granbarkborre och styltfluga (se ovan). För granbarkborre var det ingen signifikant skillnad mellan de två typerna av vårprover (dvs. barkprovet som sönderdelades och provet som lades i kläcklåda för utkläckning av levande insekter) medan för styltfluga var det signifikant högre täthet i kläckproverna ($p < 0,001$). Dessa resultat indikerar att insekterna var vitala på våren och att metoden med att sönderdela bark och räkna levande och döda individer inte överskattar antalet vitala individer.

Tabell 7. Medelvärden ± medelfel för antal levande ungskalbaggar och styltflugor i barkprov som analyserades direkt efter avverkning, som analyserades på samma sätt efter att ha legat på marken från avverkningstillfället fram till våren och i barkprov som lades i kläcklådor och där fullbildade insekter samlades in efter att de kläckts. ns $p > 0,1$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, Parvis t-test med "vår analys".

	Vinter analys	Vår analys	Vår kläck
Antal barkprov	48	48	48
granbarkborre/m ²	160±30	91±19	70±11
Parvis t-test granbarkborre	**	-	ns
styltfluga/m ²	112±16	61±14	117±19
Parvis t-test styltfluga	*	-	***

Sammantaget så tolkar vi resultaten som att styltflugor klarar övervintring i avskavd bark bra, och att de inte har sämre överlevnad än granbarkborrar, vilket är ett viktigt resultat. Det betyder att om man avverkar granbarkborreangripna träd på vintern och om merparten av barken blir kvar i skogen, vilket är vanligt (t.ex. vid avverkning i plusgrader) så drabbas styltflugepopulationen på platsen mindre jämfört med om merparten av barken följer med ut ur skogen.

4.1.4 Andelen av granbarkborrarna kvar i träden precis innan avverkning

I medeltal uppskattades att 23 % ($\pm 2,5$ %) av ungskalbaggar fanns kvar i träden vid tidpunkten för avverkning. Denna andel varierade mellan platserna: Krokshult I, 35 % (± 6 %), Krokshult II 18 % (± 6 %), Oxlehäll 8 % (± 6 %), Fjällnora I 16 % (± 8 %), Fjällnora II 24 % (± 4 %) och Fjällnora III 21 % (± 5 %). Andelen som fanns kvar i träden varierade också inom träden med högst andel i nedre delen av trädet (bottenstocken) (Tabell 8).

Tabell 8. Medelvärden och medelfel för stockegenskaper, andel granbarkborrar som övervintrade i bark samt totalproduktion av granbarkborrar relaterat till stockordning (stock 1= bottenstock)

	Antal prov	Stock dia cm	Barktjocklek mm	Ungskalbaggar i bark,%	Produktion (kläckhål+ungskalb/m ²)
Stock 1	34	27 \pm 11	4,6 \pm 0,2	27 \pm 3,7	780 \pm 75
Stock 2	40	26 \pm 8,4	4,7 \pm 0,2	23 \pm 3,8	840 \pm 75
Stock 3	11	26 \pm 24	4,6 \pm 0,4	17 \pm 8,9	806 \pm 163
Stock 4	3	24 \pm 13	5,8 \pm 0,4	4,8 \pm 4,2	613 \pm 110
Alla	88	27 \pm 6,3	4,7 \pm 0,1	23 \pm 2,5	804 \pm 49

4.2 Kvarstående angripna träd

4.2.1 Andel granbarkborrar som övervintrar i stående granar.

Mer än hälften av ungskalbaggar övervintrade i bark i samtliga fem områden (tabell 9), vilket är högre än i tidigare undersökningar vilka sammanfattats av Schroeder (2020). Det fanns ingen nord-syd gradient i andelen som övervintrade under bark. Det var en stark positiv effekt av barktjocklek (ju tjockare bark desto högre andel) men ingen effekt av kronfärgsklass på denna variabel (variationsanalys: responsvariabel: andel kvar i bark, random variabel: plats; faktorer: barktjocklek ($p < 0,001$) och kronfärgsklass ($p > 0,1$)).

Betydligt högre andel ungskalbaggar var kvar i barkproverna tagna från de stående träden än i barkproverna tagna i skördarstudien. I genomsnitt var endast 23 % kvar under bark i skördarstudien, jämfört med 62 % i de stående träden (tabell 8, 9). Totalproduktionen av barkborrar (ungskalbaggar i bark + kläckhål) var likartad i de två undersökningarna (Tabell 8, 9) så den faktorn kan inte förklara skillnaden. Några bidragande orsaker till den stora skillnaden kan vara:

- Barken var i genomsnitt något tjockare i de stående träden än i skördarstudien (median 5 resp. 4 mm).
- Barkproven från de stående träden togs på samma höjd, 4m över mark, medan de i skördarstudien kom från olika delar på träden. Skördarstudien visar en tydlig trend med avtagande andel kvar i bark med ökande stocknummer (Tabell 8). Detta överensstämmer med resultat av Komonen m.f. (2011) som fann att andelen som var kvar under bark på hösten sjönk med ökande höjd över mark.

- Det var stor variation mellan träd inom samma område. Variationskoefficient låg mellan 30 % och 60 % för de fem områdena med stående träd och mellan 75 % och 160 % för de sex avverkningsområdena i skördarstudien. Detta gör att även om medelvärden skiljer sig betydligt mellan de två studierna så överlappar några konfidensintervall (95 %) mellan studierna, exempelvis Krokshult 1 och Glotternskog, som i medel hade 33 % resp. 63 % kvar i bark.
- De flesta stående träden var sannolikt äldre än de som ingick i skördarstudien. De stående trädens ålder mättes inte men fyra av de fem områdena med stående träd var reservat med gamla träd. Det är inte tidigare undersökt om trädålder kan påverka andelen som övervintrar i bark.

Tabell 9. Medelvärden och medelfel för olika variabler (vinter och vår) i de fem områdena ordnade i nord-sydlig gradient med Malingsbo längst i norr och Ebbegärde längst i söder. För varje träd togs ett barkprov i december (vinterprov) och ett i mars (vårprov) på 4 m höjd.

Plats (brhd cm ± se)	Antal träd	Provtid -punkt	Bark kvar %	Bark- tjockl. mm	Gbb prod/m ²	% kvar i bark	Ungskal- bagge lev/m ²	Ungskal- bagge död/m ²	Styltfluga larv lev/m ²	Styltfluga larv död/m ²
Malingsbo (29±1,1)	21	vinter	95±1,6	5,4±0,3	592±65	64±3,1	379±47	58±11	196±22	13±5,1
	21	vår	88±2,7	5,4±0,3	646±45	60±4,2	405±58	49±11	173±21	17±4,2
Stygg- kärret (27±1,0)	25	vinter	93±2,1	4,4±0,3	820±71	52±4,1	422±49	104±20	92±18	4,2±3,0
	25	vår	saknas	4,9±0,3	880±74	39±4,5	340±49	88±15	129±28	11±3,3
Glottern- skogen (31±1,0)	21	vinter	98±0,9	4,9±0,3	680±125	63±8,0	461±111	104±20	207±75	7,3±2,9
	21	vår	92±3,9	5,6±0,3	739±140	60±8,2	340±49	121±19	129±28	11±3,1
Offer- stenen (31±1,1)	25	vinter	99±0,1	6,1±0,3	647±102	76±4,3	530±90	100±16	229±17	13±3,2
	25	vår	99±1,3	6,6±0,4	650±114	77±4,9	545±101	89±23	204±18	11±2,8
Ebbe- gärde (30±1,2)	25	vinter	96±1,4	4,6±0,2	789±118	57±6,3	529±115	161±22	142±32	21±8,0
	25	vår	87±3,7	5,1±0,2	739±111	50±6,1	455±104	132±17	134±19	4,2±1,6
Alla (30±0,4)	117	vinter	96±0,7	5,2±0,1	710±44	62±2,5	467±39	101±8,5	171±17	12±2,2
	117	vår	92±1,5	5,5±0,2	733±48	57±2,8	454±41	96±8,2	162±13	11±1,4

Sammanfattningsvis så ger barkproverna från 4 m höjd på de stående träden sannolikt en överskattning av andelen kvar i hela trädet men det förklarar bara en del av skillnaden mellan de två försöken. Variationen i andel som övervintrar i bark är stor både inom och mellan träd och många träd- och barkegenskaper kan påverka denna andel. Det behövs mer kunskap om hur sådana egenskaper påverkar granbarkborrens övervintringsbeteende.

4.2.2 Vinteröverlevnad i stående granar

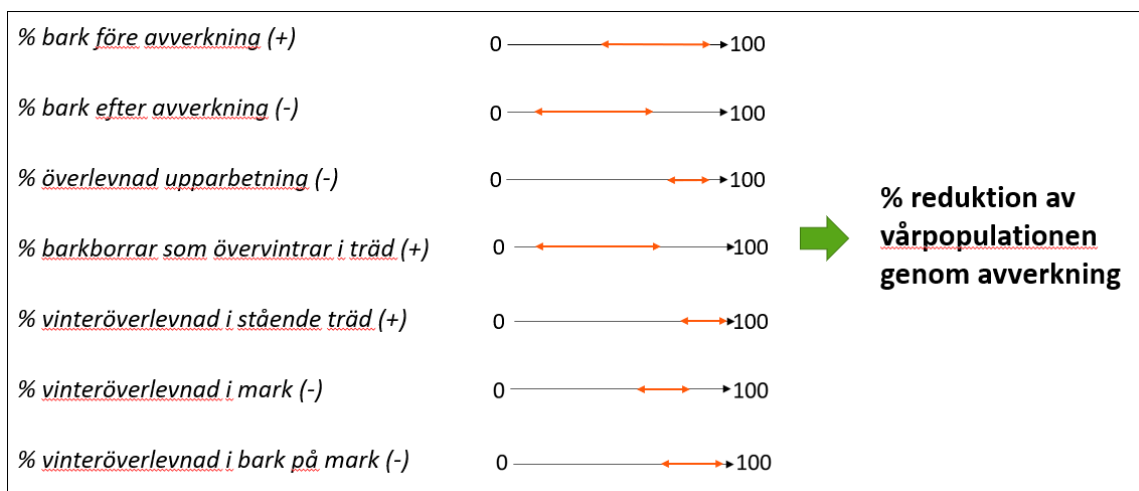
Det var liten skillnad mellan vinterprovet och vårprovet i antal levande och döda individer av granbarkborre och styltflugor (Tabell 9). Detta gällde även andra insektsgrupper men de förekom i mycket lägre täthet och med många nollprov varför de inte redovisas här. Slutsatsen är att vinteröverlevnaden var nära 100 % både för granbarkborre och styltflugor. Observer dock att detta

gäller utan hackspettspredation eftersom vårproven var täckta med hönsnät under vintern för att förhindra sådan.

4.3 Modell för att skatta effekten av vinteravverkning

4.3.1 Effekt på antalet granbarkborrar

Ett sätt att skatta effekten av sök och plock är att jämföra antalet granbarkborrar som blir kvar i skogen (och som överlever vintern) efter det att träden avverkats med antalet som hade överlevt vintern om trädet hade lämnats kvar. Schroeder (2020) gjorde en modell för en sådan jämförelse, där alla nödvändiga indata är definierade. Modellen utgår ifrån att huvuddelen av populationen utvecklar en generation per år och att den nya generationen barkborrar på hösten sätts till 100 % som sedan reduceras som ett resultat av olika mortalitetsfaktorer. De variabler som ingår i modellen uttrycks i procent och kan i teorin variera mellan 0 och 100 % (Fig. 5).



Figur 5. Schematisk beskrivning av modellen för att beräkna hur mycket vårpopulationen av granbarkborrar minskar på en plats som resultat av att träden avverkats. Plus- eller minustecken inom parentes anger om variabeln är positivt eller negativt korrelerad med reduktionen (andra variabler konstanta). Röda dubbelpilar indikerar variationsbredd baserad på medelvärdena för denna och tidigare studier.

Nedan ges fyra olika scenarier där vi använder data från denna studie. I samtliga scenarier antas 88 % kvarstående bark före avverkning (Tabell 3), 95 % överlevnad i bark på träd (Tabell 9), 60 % överlevnad i mark (Austarå & Midtgaard 1986, Faccoli 2002, Zurr 1982, Weslien & Lindelöv opublicerat), 90 % överlevnad under upparbetning (kapitel 4.1.2) och 80 % överlevnad i bark på mark (kapitel 4.1.3, Schroeder 2020). I denna förenklade version av modellen har vi inte inkluderat eventuell hackspettspredation på de stående träden fram till våren (leder till överskattning av effekten). Denna mortalitetsfaktor är sannolikt liten jämfört med annan mortalitet, vilket stöds av att en liten andel bark hackades bort mellan tillfällena för vinterprovtagning och vårprovtagning på av stående träden (Tabell 9).

Scenario 1. Avverkning i minusgrader - bark kvar efter avverkning: 57 % (Tabell 3), 62 % av barkborrarna kvar i trädet (Tabell 9): **Reduktion av vårpopulation: 43 %**

Scenario 2. Avverkning i plusgrader - bark kvar efter avverkning: 34 % (Tabell 3), 62 % av barkborrarna kvar i trädet: (Tabell 9): **Reduktion av vårpopulation: 31 %**

Scenario 3. Avverkning i minusgrader - bark kvar efter avverkning: 57% (Tabell 3) , 23 % av barkborrarna kvar i trädet (Tabell 8): **Reduktion av vårpopulation: 18 %**

Scenario 4. Avverkning i plusgrader - bark kvar efter avverkning: 34 % (Tabell 3) , 23 % av barkborrharna kvar i trädet (Tabell 8)): **Reduktion av vårpopulation: 13 %**

Modellen är, som synes, känslig för ingångsvärden på andel bark och andel övervintrande granbarkborrar i barken. Andelen granbarkborrar som övervintrade i barken på de stående träden (62%, scenarier 1 och 2) är högre än tidigare rapporterade siffror och dessutom sannolikt en överskattning av den verkliga andelen för hela träden (se kapitel 4.2.1). Andel bark före avverkning antogs vara hög (men baserade på data) och varierades inte i scenarierna. Utfallet är känsligt för detta ingångsvärde och ju lägre värde på andel bark före avverkning (alla andra variabler konstanta) desto lägre blir också reduktionen av vårpopulationen genom avverkning. Sammantaget så är det osannolikt att reducering av vårpopulationen ofta når upp till nivån i scenario 1 (43%).

4.3.2 Effekt på fiender

Det går också att använda den ovan beskrivna modell för att uppskatta hur avverkning påverkar vårpopulationen av granbarkborrens fiender, förutsatt att storleksordningen på de ingående variablerna är kända för arten eller gruppen ifråga. För stylvflugor går det med följande antaganden: bark före avverkning = 88 % (Tabell 3), överlevnad i bark på träd = 95 % (Tabell 9), 90 % överlevnad under upparbetning (kapitel 4.1.2), 80 % överlevnad i bark på mark (kapitel 4.1.3), andel som övervintrar i träd 100 % (Weslien 1992, Hedgren & Schroeder 2004). Vid avverkning i minusgrader **(57 % av barken kvar) reduceras vårpopulationen med 60 %**. Vid avverkning i plusgrader **(34 % av barken kvar) reduceras vårpopulationen med 44 %**.

Även för fiender är modellen känslig för ingångsvärden. Antagandet att 100% av stylvflugorna övervintrar under bark bygger på utkläckningar i Sverige från sensommar till våren därpå. Det finns dokumenterat (från Schweiz) att den nya generationen stylvflugor kan börja kläckas under sommaren och då sannolikt söker nya ställen för förökning samma år (Wermlinger m. fl. 2012). På våra breddgrader sker detta troligen sällan. De få stylvflugor som eventuellt kläcks under första sommaren bortser vi ifrån eftersom de inte kommer att ingå i vårpopulationen men däremot kommer deras avkommor att göra det. Därför gäller vårt antagande att 100 % av stylvflugornas vårpopulationen har övervintrat i bark.

Vid höga tätheter av fiender kan dessa reducera produktionen av granbarkborrar med mer än 80 % (Weslien & Regnander 1992, Weslien 1992, Wermlinger 2002). Stylvflugor är en av de viktigaste fienderna eftersom de ofta förekommer i relativt höga tätheter under bark. Vid tätheter på ca 150 larver/m², vilket förekommer ofta (också i denna studie, Tabell 9), kan de reducera produktionen med ca 50 % (Weslien 1992). Därför skall man i möjligaste mån undvika åtgärder som missgynnar stylvflugor betydligt mer än granbarkborrarna, dvs. avverkningar när få barkborrar finns kvar i träden och mycket bark följer med träden ut ur skogen. Om avverkningen skjuts upp till nästa sommar, efter granbarkborrens huvudsvärmning, hinner stylvflugorna lämna träden (Weslien 1992, Wermlinger 2000).

5 Slutsatser

Det övergripande syftet med denna studie var att klargöra hur avverkning av angripna träd under vintern påverkar lokala vårpopulationer av granbarkborrar och dess fiender jämfört med att låta träden stå kvar. Studien bestod av två separata delstudier benämnda "Skördarstudien" och "Kvarstående angripna träd". Viktiga delmål i båda studierna var att klargöra hur olika faktorer

påverkar överlevnad av granbarkborrar och fiender fram till våren. Vi har kommit fram till följande slutsatser

- Överlevnad av granbarkborrar och fiender i kvarstående angripna träd var mycket hög, nära 100 %. Mortalitet genom hackspettspredation är inte medräknad, men den var sannolikt låg.
- Överlevnad av granbarkborrar och fiender i bark som skalas av under avverkning var också hög.
- Andelen granbarkborrar som övervintrar i träden kan variera stort inom det undersökta området och mellan träden.
- Andelen granbarkborrar som övervintrade i träden var ungefär lika stor, oavsett färg på kronan (indikation på angreppstidpunkt).
- Grovlek på träden eller kronans färg påverkade inte andelen bark som skalades av under avverkningen.
- Andelen bark som skalas av var mindre vid avverkning i minusgrader än vid avverkning i plusgrader.
- Vinteravverkning av granbarkborredödade träd kan reducera antalet granbarkborrar med upp till 40 % om avverkning sker i minusgrader och en hög andel av barkborrarna finns kvar i träden.
- Vid avverkning i plusgrader, är den möjliga reduktionen av antalet granbarkborrar sannolikt mindre än 30 %.
- Vid avverkning i plusgrader och med låg andel av granbarkborrarna kvar i träden är den möjliga reduktionen sannolikt mindre än 15 %.
- Vinteravverkning av granbarkborredödade träd medför alltid en relativt större reduktion av antalet stultflugor än av antalet granbarkborrar, oavsett temperatur under avverkning eller andel granbarkborrar som övervintrar i träden (men om ingen bark finns kvar på träden innan avverkning så finns heller inga granbarkborrar eller fiender i dem).
- Den största skillnaden mellan reduktion av granbarkborrar och reduktion av stultflugor fås när andelen övervintrande granbarkborrar i träden är låg och andelen av barken som följer med de avverkade träden ut ur skogen hög.

6 Medverkande och finansiärer

Jan Weslien, Skogforsk och Martin Schroeder, SLU har varit projektledare och har författat slutrapporten. Petter Öhrn, Skogforsk ansvarade för provtagning av de stående träden inkl. kontakter med markägare och myndigheter. Förutom ovannämnda, har omfattande fält- eller lab. jobb gjorts av Mikael Krook, Skogforsk (skördarstudie och stående träd), Olle Rosenberg, Skogforsk (stående träd), Oliver Moren, Matilda Karlsson, Pernilla Vesterberg, alla SLU (analys av barkprover). Södra Skogsägarna och Mellanskog har föreslagit avverkningstrakter och har skött kontakter med markägare och entreprenörer. Studien är huvudsakligen finansierad av Stiftelsen Skogssällskapet (projekt id 2019-745) och Skogsstyrelsen. Andra finansiärer har varit Skogsskadecenter SLU och EU genom Jordbruksverket (Samarbetsprojekt i Landsbygdsprogrammet "Utvärdering av olika bekämpningsmetoder för att minska negativa effekter på skogsbruket orsakade av granbarkborreangrepp").

7 Litteratur

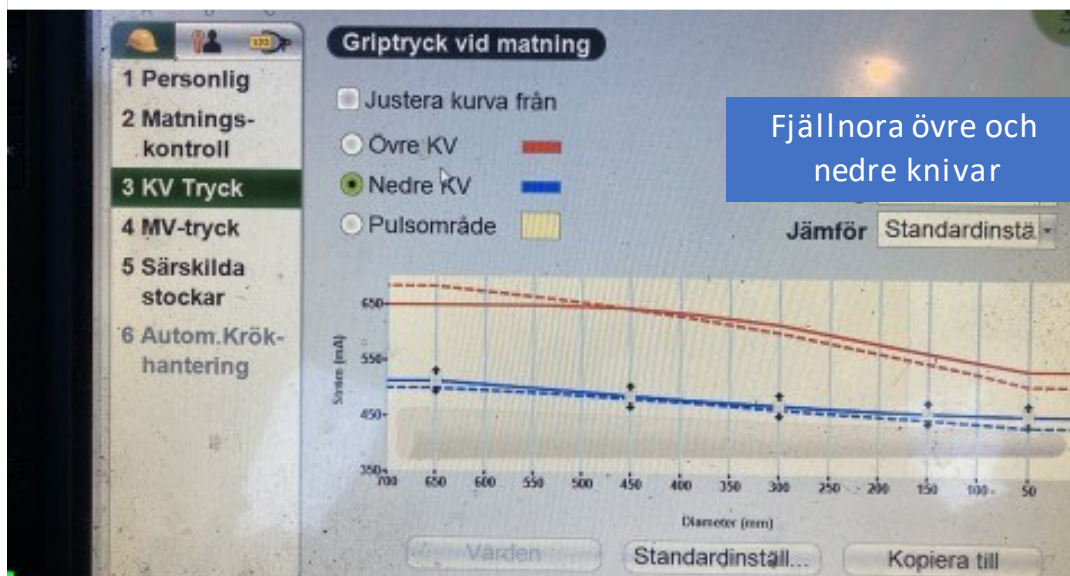
- Austarå, Ø. & Midtgaard, F. 1986. On the longevity of *Ips typographus* L. adults. *Journal of Applied Entomology* 102, 106-111.
- Björklund, N., Hannrup, B. & Jönsson, P. 2008. Effekter av förhöjt knivtryck i skördaraggregat på barkskadorna hos massaved och följd effekter på produktionen av granbarkborrar. Arbetsrapport 668, Skogforsk, 34 s.
- Delb, H., Seitz, G., Burger, M., Burzlaff, T., Brieger, F., Sauter, U.H., Kautz, M. 2021. Infektionsgefahr durch Buchdrucker (*Ips typographus*) aus mechanisch mit Vollerntern aufgearbeiteten Fichten – ein Beitrag zur Entscheidungsfindung in der Praxis. Forschungsbericht FVA-Waldschutz, 31 S.
- Dworschak, K., Meyer, D., Gruppe, A. & Schopf, R. 2014. Choice or constraint: Plasticity in overwintering sites of the European spruce bark beetle. *Forest Ecology and Management* 328, 20 – 25.
- Edgren, V., Nylinder, P. 1949. Funktioner och tabeller för bestämning av avsmalning och formkvot under bark för tall och gran i norra och södra Sverige. Meddelanden från Statens Skogsforskningsinstitut. 38 (7).
- Faccoli, M. 2002. Winter mortality in sub-corticolous populations of *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae) and its parasitoids in the south-eastern Alps. *Journal of Pest Science* 75, 62-68.
- Hedgren, P.O. & Schroeder, M. 2004. Reproductive success of the spruce bark beetle *Ips typographus* (L.) and occurrence of associated species: a comparison between standing beetle-killed trees and cut trees. *Forest Ecology and Management* 203: 241-250.
- Komonen, A., Schroeder, L.M. & Weslien, J. 2011. *Ips typographus* population development after a severe storm in a nature reserve in southern Sweden. *Journal of Applied Entomology* 135: 132-141.
- Möller, J. J., Arlinger, J., Hannrup, B. & Jönsson, P. 2008. Virkesvärdestest 2006. Redogörelse nr. 5 2008, Skogforsk, 34 s.
- Ounap, H. 2001. Insect predators and parasitoids of bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) in Estonia PhD thesis, Inst. of Plant Protection, Faculty of Agronomy, Estonian, Agricultural University, Estonia.
- Schroeder, M 2007. Granbarkborrens mortalitet under vintern 2006/2007. Arbetsrapport, Inst. Ekologi, SLU, Uppsala 2007-06-14.
- Schroeder, M 2008. Granbarkborrens mortalitet under vintern 2007/2008. Arbetsrapport, Inst. Ekologi, SLU, Uppsala 2008-08-12.
- Schroeder, M 2009. Granbarkborrens mortalitet under vintern 2008/2009. Arbetsrapport, Inst. Ekologi, SLU, Uppsala 2009-06-11.
- Schroeder, M 2010. Granbarkborrens mortalitet under vintern 2009/2010. Arbetsrapport, Inst. Ekologi, SLU, Uppsala 2010-06-21.
- Schroeder, M. 2011. Undersökning av barkborredödade träd i Västernorrlands och Jämtlands län våren 2011. Arbetsrapport, Inst. Ekologi, SLU, Uppsala 2011-05-04.

- Schroeder, M. 2012. Undersökning av barkborredödade träd i Västernorrlands län våren 2012. Arbetsrapport, Inst. Ekologi, SLU, Uppsala 2012-06-13.
- Schroeder, M. 2020. Uppdaterad rapport för projektet "Effektiviteten av Sök och Plock utförd under höst och vinter" som först publicerades 2008-03-05.
- Skogsstyrelsen 2019. Inventering: granbarkborrens angrepp fördubblades – har dödat 7 miljoner kubikmeter skog under 2019. Pressmeddelande, 07 november 2019.
- Wermelinger, B. 2002. Development and distribution of predators and parasitoids during two consecutive years of an *Ips typographus* (Col., Scolytidae) infestation. Journal of Applied Entomology, 126: 521-527
- Wermelinger, B. 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*—a review of recent research. Forest Ecology and Management 202: 67–82
- Wermelinger, B., Epper, C., Kenis, M., Ghosh, S., & Holdenrieder, O. 2012. Emergence patterns of univoltine and bivoltine *Ips typographus* (L.) populations and associated natural enemies. Journal of Applied Entomology 136: 212-224.
- Wermelinger, B. Schneider Mathis, D. 2021. Natürliche Feinde von Borkenkäfern. Merkblatt der Praxis 67, WSL Birmensdorf, 12 s.
- Weslien, J. 1991. Granbarkborrens fiender under bark. Hur påverkas de av skogsbruk? Skogsfakta 12/1991, SLU, 4 s.
- Weslien, J. 1992. The arthropod complex associated with *Ips typographus* (L.) (Coleoptera, Scolytidae): Species composition, phenology, and impact on bark beetle productivity. Entomologica Fennica 3: 205- 213.
- Wulff, S. & Roberge C. 2021a. Nationell Riktad Skogsskadeinventering (NRS) Inventering av granbarkborreangrepp i Götaland och Svealand 2020. Inst f Skoglig Resurshushållning, SLU, Umeå. Arbetsrapport 521.
- Wulff, S. & Roberge C. 2021b. Nationell Riktad Skogsskadeinventering (NRS) Inventering av granbarkborreangrepp i Götaland och Svealand 2021. Inst f Skoglig Resurshushållning, SLU, Umeå. 2020-11-24.
- Zumr, V. 1982. Hibernation of spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleopteras, Scolytidae) in soil litter in natural and cultivated stands. Acta Entomologica Bohemoslovaca 79:161-166

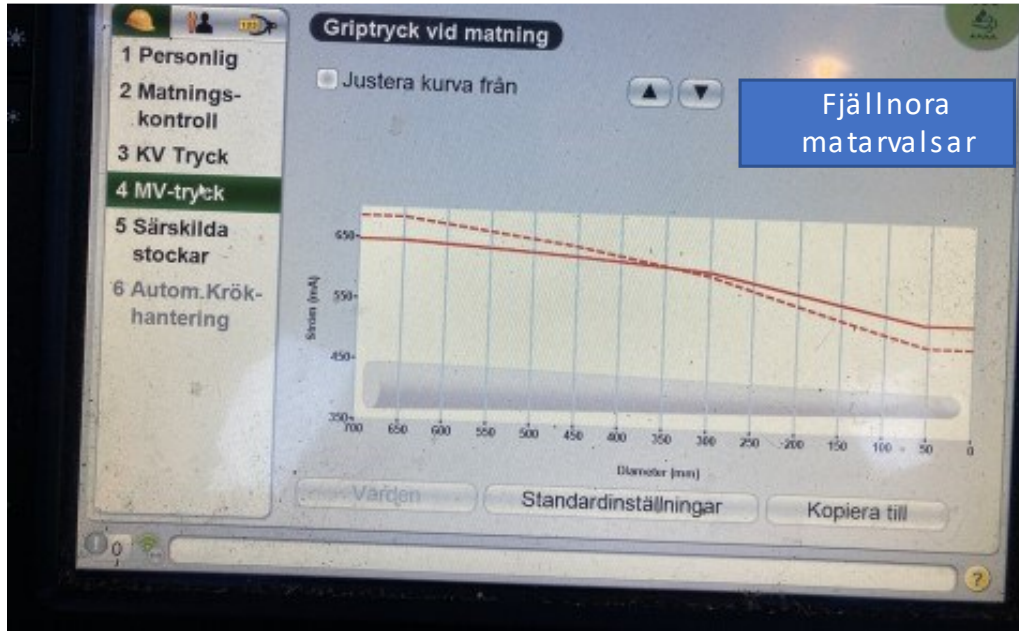
Inställningar skördaraggregat H415 i Fjällnora och Krokshult

Streckade linjer anger standardinställning

Knivtryck



Matarvalstryck



Lufttemperatur kl 14:00 jan-mars 2021 vid närmsta aktiva SMHI station från platserna där barkprover låg på marken. Stationen "Målilla A" ligger ca 20 km från Krokshult och Stationen "Uppsala" ca 15 km från Fjällnora. Pilar anger när avverkningar skedde (K1= Krokshult I, K2= Krokshult II, Ox= Oxlehall. F1= Fjällnora I, F2=Fjällnora II, F3= Fjällnora III) och när barkproverna togs in.

