

Effekt på granbarkborren och dess fiender vid vinteravverkning av dödade granar

Jan Weslien, Petter Öhrn, Skogforsk
Martin Schroeder, SLU



Datainsamling från gran dödad av granbarkborre och nyss avverkad med skördare. Foto Jan Weslien

Innehåll

Förord	4
Summary	5
Sammanfattning	7
Bakgrund	9
Material och Metoder	11
Skördarstudie	11
Andel bark som lossnar vid avverkning	11
Andel barkborrar som dödas direkt av upparbetningen	12
Vinteröverlevnad av granbarkborre och fiender i avskavda barkbitar	13
Andel övervintrande granbarkborrar i de avverkade träden	15
Kvarstående angripna granar	15
Andel övervintrande granbarkborrar i de kvarstående träden	16
Vinteröverlevnad av granbarkborre och andra insekter i de kvarstående träden	16
Statistiska bearbetningar	17
Resultat och Diskussion	18
Skördarstudien	18
Andel bark som lossnar vid upparbetning	18
Andel granbarkborrar som dödas direkt av upparbetningen	20
Vinteröverlevnad av barkborrar och fiender i avskavda barkbitar	21
Andel övervintrande granbarkborrar i de avverkade träden	23
Kvarstående angripna träd	23
Andel övervintrande granbarkborrar i de kvarstående träden	24
Vinteröverlevnad av granbarkborre och andra insekter i de kvarstående träden	26
Modell för att skatta effekten av vinteravverkning	26
Effekt på antalet granbarkborrar	26
Effekt på antalet fiender	28
Effekten av fiender på granbarkborre	28
Slutsatser och råd	30
Referenser	32
Bilagor	34
Bilaga 1	34
Bilaga 2	36
Bilaga 3	37
Bilaga 3a	37
Bilaga 3b	38



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

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 24 februari 2022 av Erik Ling, Programchef och Line Djupström, Bitr. programchef. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering 1 mars 2022.

Redaktör: Hanna Andtbacka, hanna.andtbacka@skogforsk.se
©Skogforsk 2022 ISSN 1404-305X

Förord

Denna rapport är ett samarbete mellan Skogforsk och Sveriges lantbruksuniversitet (SLU). Jan Weslien (jan-olov.weslien@skogforsk.se) och Martin Schroeder (martin.schroeder@slu.se) har varit projektledare och tillsammans gjort det mesta av analyserna och skrivandet. Petter Öhrn (petter.ohrn@skogforsk.se) har ansvarat för delstudien om de kvarstående angripna träden. Alla tre författarna är gemensamt ansvariga för texten i denna rapport. Omfattande fält- eller lab. jobb har gjorts av Michael Krook, Skogforsk (skördarstudie och kvarstående träd), Olle Rosenberg, Skogforsk (kvarstående träd), Oliver Moren James, Matilda Karlsson, Pernilla Vesterberg, alla SLU (analys av barkprover). Holmen Skog, Södra Skogsägarna och Mellanskog har föreslagit avverkningstrakter och har skött kontakter med markägare och entreprenörer. Studien är finansierad av Stiftelsen Skogssällskapet (projekt id 2019–745), Skogsstyrelsen, EU genom Jordbruksverket (Landsbygdsprogrammet projekt id 2020–940) och Skogsskadecenter SLU. Till alla medverkande och finansiärer riktas ett varmt tack.

Summary

During 2018-2021, the spruce bark beetle, *Ips typographus*, has killed large volumes of spruce forest in Southern Sweden. The only control method against spruce bark beetles, that is practiced on a large scale, is the felling of infested trees, which are then removed from the forest with the aim of reducing the new generation of spruce bark beetles and saving timber values. The first aim, to substantially reduce the number of spruce bark beetles, can be achieved if the felling is carried out during the summer, before the bark beetles have completed their development, since larvae and pupae do not survive in bark that is stripped off from the tree during harvest. However, most of the fellings occur during autumn/winter when there are several uncertainties regarding how much reduction can be achieved. Earlier studies indicate that much of the bark containing bark beetles is stripped off during felling and processing by harvesters. It is unclear to what extent spruce bark beetles and their natural enemies are killed during the processing, and how many that survive during winter in the stripped-off bark lying on the ground. Neither is it clear, the proportion of spruce bark beetles that, already before processing have left the tree and do not overwinter in the bark of the felled and processed trees. ,

The purpose of the study was to clarify how processing of infested trees during the winter affects the spruce bark beetle and its enemies compared to leaving the trees standing. The survey was conducted during the winter of 2020/2021 and consists of two separate sub-studies. One includes measurements of 379 spruce bark beetle-killed trees, before and after harvesting with harvesters, where the goal was to estimate the proportion of the bark (containing insects) stripped off during the felling, and the survival of spruce bark beetles and its enemies in the stripped-off bark (which remains in the forest). The second study includes measurements of 117 standing spruce bark beetle-killed trees at five different locations throughout Southern Sweden, where the goal was to estimate the proportion of spruce bark beetles that overwinter in the trees and the winter survival of spruce bark beetles and their enemies, by comparing bark samples from the winter with bark samples from the following spring on the same tree.

In the harvester study, the proportion of remaining bark on the trees decreased from an average of 88 percent before to 49 percent directly after the trees had been processed by the harvesters and before forwarding the timber. Less bark came off when the bark was frozen, i.e., when processing was done in sub-zero temperatures than when it was done in plus degrees (C°). On average, 57 percent of the bark remained when processing trees with frozen bark and 34 percent when processing trees with thawed bark. Neither the diameter nor color of the tree crowns (indication of the time of bark beetle attack) did affect how much bark that was lost from the trees. The proportion of spruce bark beetles and natural enemies that were killed during the processing was estimated to be low, about 10 percent. The estimated survival rate was high (above 80 percent) in stripped-off bark lying on the ground among spruce bark beetles and long-legged flies of the genus *Medetera* (the most common predatory insect in the bark during winter).

Winter survival was close to 100 percent for both spruce bark beetles and enemies in bark samples from the standing trees that were not felled.

On average, 62 percent of spruce bark beetles overwintered in the bark of the trees left standing, which is higher than in previous surveys. There was no north-south gradient in the proportion that overwintered in the bark. However, there was a strong positive effect of bark thickness (the thicker the bark, the higher the proportion). Significantly lower

proportion of spruce bark beetles remained in the bark samples taken in the harvester study than in the bark samples taken on the standing trees. On average, only 23 percent remained under bark in the harvester study. The reason for the big difference is unclear, but possible explanations are discussed.

In four different scenarios, we combined different values of the proportion of spruce bark beetles overwintering in bark and the proportion of bark stripped off during harvester processing, under given assumptions about the size of different mortality factors (based on results from this and previous studies). The calculations estimate the proportion of spruce bark beetles that survive until the spring in a place where in one case the trees are felled (and transported out of the forest) or in the other case are retained. The results indicate that the spruce bark beetle population can be reduced by up to about 40% under favorable circumstances (high proportion of bark beetles overwinter under bark and little bark is stripped off) during harvester processing in winter, but it is probable that the reduction is much less in most cases.

Similarly, calculations were made for long-legged flies, one of the main enemies of the spruce bark beetle. Previous studies in Sweden have shown that unlike the spruce bark beetle, 100 percent of the long-legged flies overwinter in the bark. The results indicate that the population of the long-legged flies always decreases relatively more than the population of spruce bark beetles when processing infested trees during winter. The worst outcome, i.e. when a low proportion of the spruce bark beetle population is neutralized and a high proportion of the long-legged fly population is neutralized, is obtained when few spruce bark beetles remain in the trees and little bark is stripped off during harvester processing. The higher mortality rate among long-legged flies than among spruce bark beetles will not increase the risk of trees being killed the following spring since the flies' larvae prey on the immature life stages of the spruce bark beetle under the bark and not on the attacking adult beetles. This unbalanced mortality may increase spruce bark beetle production the following year. However, it is not possible to foresee by how much the production is increased since there are many unknown factors that may compensate for the unproportionable loss of flies vs spruce bark beetles.

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 virkesvärden. Det första syftet, att väsentligt 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 deras 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 procent före avverkning till 49 procent direkt efter det att träden upparbetats med skördare (innan skotning). Mindre andel bark lossnade vid avverkning i minusgrader än i plusgrader. I medeltal fanns 57 procent av barken kvar vid avverkning i minusgrader och 34 procent vid avverkning i plusgrader. Trädens grovlek eller färg på kronan (indikation på angreppstidpunkt) påverkade inte hur mycket bark som skalades av. Den uppskattade andelen av granbarkborrar och fiender som dödades av skördarens valsar och knivar under upparbetningen var låg, sannolikt omkring 10 procent. Överlevnaden av granbarkborrar och stultflugor av släktet *Medetera* (de vanligaste fienderna) i avskalad bark som låg på marken fram till våren var hög, sannolikt över än 80 procent.

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

I medeltal övervintrade 62 procent 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 i barken. Däremot fanns det en stark positiv effekt av barktjocklek (ju tjockare bark desto högre andel övervintrande i bark). Betydligt lägre andel granbarkborrar var kvar i barkproverna tagna i skördarstudien än i barkproverna tagna på de stående träden. I genomsnitt var endast 23 procent kvar under bark i skördarstudien. Orsaken till den stora skillnaden är oklar men möjliga förklaringar diskuteras.

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 cirka 40 procent under gynnsamma omständigheter (hög andel barkborrar övervintrar i barken 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 procent av styltflugorna (som larver) i barken. Resultaten indikerar att populationen av styltflugorna alltid minskar mer än granbarkborrarna vid vinteravverkning av angripna träd. Det sämsta utfallet, det vill säga då en låg andel av granbarkborrepopulation oskadliggörs och en hög andel av styltflugpopulationen oskadliggörs, fås när få granbarkborrar finns kvar i träden och lite bark skalas av vid avverkningen. Den högre dödligheten bland styltflugor än bland granbarkborrar ökar inte risken för att träd dödas nästa vår eftersom styltflugorna lever på granbarkborrens utvecklingsstadier under bark och alltså inte på de angripande granbarkborrarna. Denna obalanserade dödlighet kan dock öka produktionen av granbarkborrar följande år. Det är dock inte möjligt att förutse hur mycket produktionen skulle öka eftersom det finns många okända faktorer som möjligen kan kompensera för den oproportionerligt stora förlusten av styltflugor jämfört med granbarkborrar.

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 2021 a, b). Den enda bekämpningsmetod mot granbarkborre som praktiseras i stor skala är avverkning, och bortforsling, av angripna träd ut ur skogen (Sök och Plock) med syftet att reducera den nya generationen av barkborrar och att rädda virkesvärden. Det första syftet, att väsentligt 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 2007a, 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 procent av barken kvar efter att skördaren hanterat dem (Schroeder 2021). 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 2004, Öunap 2001, Wermlinger 2002). Styltflugorna koloniserar granbarkborrens nyanlagda gångsystem under försommaren och den nya generationen kläcks ur träden följande sommar (Weslien 1992, Wermlinger 2004, 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 deras fiender. Till skillnad mot granbarkborren så övervintrar styltflugor (och andra fiender) huvudsakligen som larver, som kan vara mer känsliga än fullbildade insekter, och eventuellt ha lägre överlevnad i bark som lossnat.

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 granbarkborrharna 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?

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).

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).

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) trädkronans färg (indikation av angreppstidpunkt), 3) trädens 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 cirka 50 ha stora trakt nära Fjällnora öster om Uppsala. Två av avverkningarna i Småland låg cirka 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, cirka 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, så att hela stammens omkrets blev bedömd. Vid uppskattning av andelen bark togs hänsyn till trädets avsmalning. Som tumregel användes att cirka 70 procent av mantelytan ovan stubbe finns nedanför halva höjden och cirka 50 procent 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 procent av kronan har gröna barr) eller grön (>50 procent av kronan har gröna barr).

På morgonen, innan avverkningen av försöksträdet 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 fastsittande bark uppskattades på två motstående sidor så att hela stammens omkrets blev bedömd. För varje stock uppskattades också andel av barkytan med förökning av granbarkborre (om <100 procent 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 cirka 20 procent av barkytan (för en 5 m stock). Okvistade toppar mättes in på samma sätt, om kap- eller brottpunkten hade en diameter på minst 10 cm och det var tydligt att de tillhörde trädet i fråga. Totalt 214 toppar av de 379 undersökta träden uppfyllde dimensionskravet 10 cm och av dessa hittades 101 toppar.

Tabell 1. Antal träd, maskintyp, knivtryck (se bilaga 1), avverkningsdatum, temperatur, diameter samt beståndsålder (räknat på stubbar) för de sex olika avverkningarna. Se=medelfel.

Plats	Antal träd	Maskin id	Skördare Fällaggr.	Knivtryck 30 cm dia	Datum (temp)	Dia Brh cm±se	Bestånds -ålder
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

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 avverknings 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 färskas (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.

Vinteröverlevnad av granbarkborre och fiender i avskavda 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 i stället 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 yttre barksidan uppvänd och från vartannat träd med yttre 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 kvarsittande bark på stockar. Vid Krokshult II var det möjligt att 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 $+5^{\circ}\text{C}$ under ett dygn varefter barken lossades och lades i $+5^{\circ}\text{C}$ 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

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: (antal levande ungskalbaggar + antal nyligen döda ungskalbaggar) / (antal levande ungskalbaggar + antal nyligen döda ungskalbaggar + antal kläckhål). Det antogs att en ungskalbagge lämnat trädet genom varje kläckhål.

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, Västmanland; 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. Totala antalet träd i varje grupp räknades och på högst 50 av dessa träd registrerades brösthöjdsdiameter, andel kvarsittande bark samt träd Kronans färg (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 hackspettthack 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.

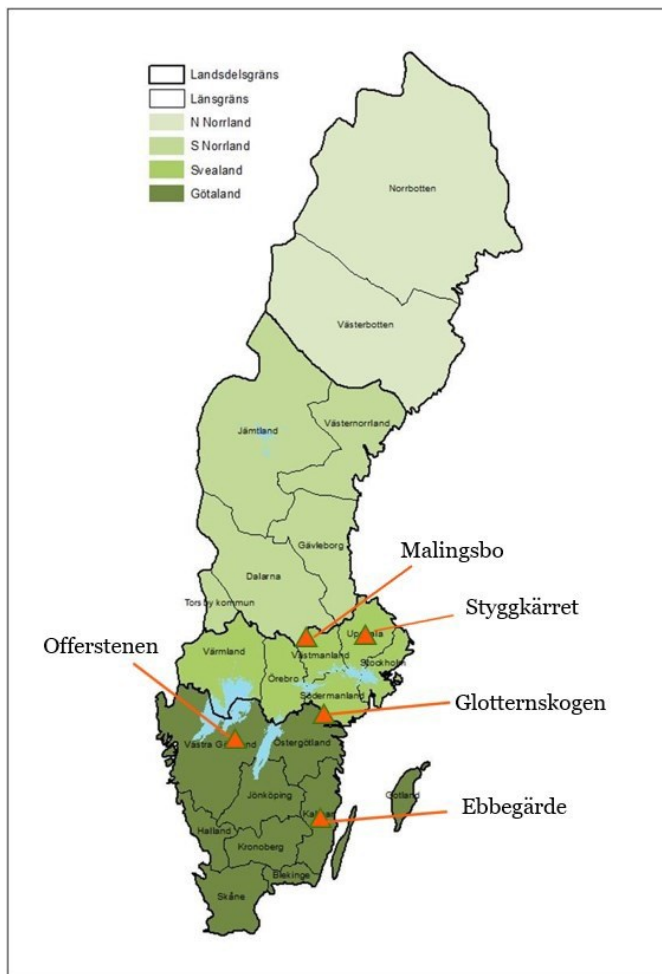
Andel övervintrande granbarkborrar i de kvarstående träden

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

Vinteröverlevnad av granbarkborre och andra insekter i de kvarstående träden

För både vinter- och vårprover räknades levande och döda individer av insekter i barken. Dessa bestämdes till lägsta möjliga taxonomiska 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).

Statistiska bearbetningar

Klimatdata hämtades från närmaste aktiv SMHI-station till avverkningarna i skördarstudien och till områdena i studien på kvarstående angripna träd.

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. Två typer av variansanalyser användes, linjär modell, där alla variabler är fasta (SAS, GLM procedure) eller blandad modell med både fasta och slumpmässiga variabler (SAS, Mixed procedure). En slumpmässig variabel är av kategorisk art, till exempel maskin id (responsvariabel: mängd och andel bark som lossnar), plats (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).

Resultat och Diskussion

Skördarstudien

Andel bark som lossnar vid upparbetning

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

Tabell 3 Andel av mantelytan med bark före och efter upparbetning, andel av barken som lossnat under upparbetning samt andel av mantelytan med lyckad förökning av granbarkborre fördelade på sex avverkningar. Medelvärden $\pm$ medelfel.

Plats (temp.)	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 $\pm$ 1,0	84 $\pm$ 2,5	39 $\pm$ 3,1	56 $\pm$ 2,9	87 $\pm$ 1,8
Krokshult II (minusgrader)	A	63	33 $\pm$ 1,1	79 $\pm$ 2,8	50 $\pm$ 3,5	38 $\pm$ 3,4	81 $\pm$ 2,8
Oxlehall (minusgrader)	B	37	31 $\pm$ 1,2	70 $\pm$ 4,1	64 $\pm$ 3,9	6 $\pm$ 3,0	8 $\pm$ 3,5
Fjällnora I (minusgrader)	C	61	26 $\pm$ 0,7	92 $\pm$ 2,0	60 $\pm$ 1,3	33 $\pm$ 1,8	87 $\pm$ 2,7
Fjällnora II (minusgrader)	C	76	28 $\pm$ 0,6	98 $\pm$ 0,7	59 $\pm$ 0,9	40 $\pm$ 0,8	82 $\pm$ 1,5
Fjällnora III (plusgrader)	C	63	26 $\pm$ 0,7	98 $\pm$ 0,6	29 $\pm$ 0,5	71 $\pm$ 0,5	92 $\pm$ 0,8
Alla		379	30 $\pm$ 0,4	88 $\pm$ 1,0	49 $\pm$ 1,2	43 $\pm$ 1,3	78 $\pm$ 1,5

Andelen bark som satt kvar (på 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 slumpmässig variabel). Detta innebär att vid avverkning i minusgrader av träd med stor 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 ($p > 0,05$) (variansanalys med maskin id som slumpmässig variabel, 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 procent), 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. Frihetsgrader 1/341 för alla faktorer, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$. R^2 =determinationsskoefficient

Responsvariabel	FAKTORER				R^2
	Maskin id	Temp.	Temp. x maskin id	Andel bark före upparb.	
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 avverkade 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 slumpmässig 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 procent (± 4 procent) av barkytan med förökning av granbarkborre. För merparten (74 procent) 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.

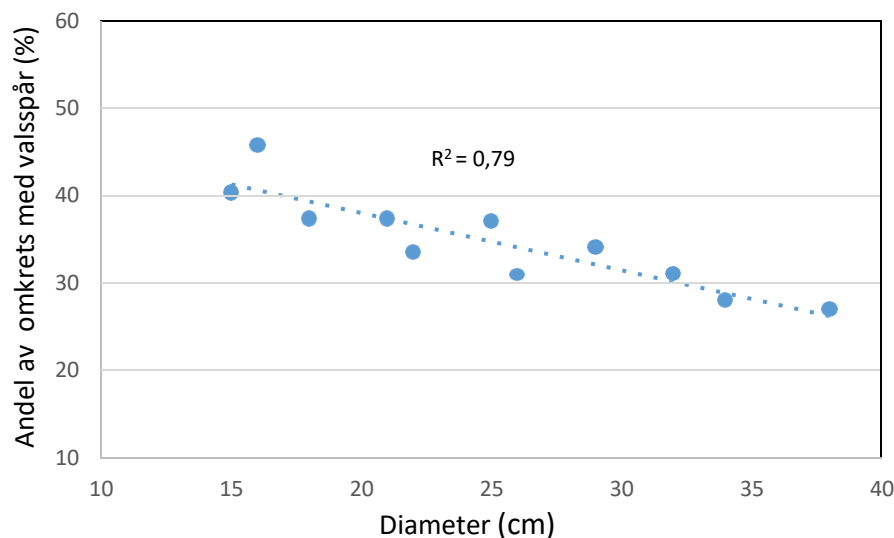
Kronans färg	Antal träd	BRH dia	Bark före upparbetn. (%)	Bark efter upparbetn. (%)	Bark som lossnat (%)	Barkyta med förökning (%)
Brun	240	30 $\pm$ 4,7	91 $\pm$ 1,1	47 $\pm$ 1,5	48 $\pm$ 1,5	88 $\pm$ 1,8
Brungrön	76	29 $\pm$ 8,4	86 $\pm$ 2,5	54 $\pm$ 2,4	36 $\pm$ 3,7	65 $\pm$ 2,8
Grön	63	29 $\pm$ 9,8	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

Andel granbarkborrar som dödas direkt av upparbetningen

Andelen av mantelytan som hade synliga spår av matarvalsar på skördaraggregatet var mellan 30 och 40 procent 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.fl. 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 procent ($\pm$ 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 procent, se ovan), indikerar att cirka 10 procent ($0,27 \times 0,35$) 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 procent av granbarkborrarna som nyligen döda. För de 34 barkprov (av de 70 nämnda ovan) med spår av matarvalsar var andelen nyligen döda granbarkborrar 13 procent ($\pm$ 4) och för de 36 barkprov utan sådana spår var andelen 5 procent ($\pm$ 1,2). I en tidigare undersökning (Schroeder 2021) uppskattades andel nyligen döda efter upparbetning vara 10–15 procent, 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 styltflugor 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. R^2 =determinationskoefficient

Vinteröverlevnad 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 styltflugelarver 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 styltflugelarver ($p = 0,04$). Antalet levande ungskalbaggar i vårproven sjönk med minskande barktjocklek ($p = 0,01$), men påverkades inte av hur barkprovet lades på marken, med yttre barksidan upp- eller nedvänd ($p > 0,1$, GLM). Antalet levande styltflugelarver i vårproven påverkades inte av barkens positionering på marken (yttre eller inre barksidan uppvänd) eller av barkens tjocklek ($p > 0,1$, 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 styltflugelarver i vårprov än i vinterprov (se ovan). Dessa skillnader kan dock inte likställas med vinterdödlichkeit. 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 (2021). Sannolikt var temperaturen tillräckligt hög för granbarkborrar att lämna barken, under cirka 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 styltflugelarver och liknande resultat presenterades av Schroeder (2021). Det kan inte uteslutas att styltflugelarver kan ha lämnat barken, men det finns inga uppgifter om att de övervintrar i marken.

Tabell 6. Antal levande och döda ungskalbaggar av granbarkborre, stylvflugor (*Medetera* spp.), Stjärthflugor (*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
Stylvfluga larver levande	86±12	66±12
Stylvfluga 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
Stjärthfluga larv levande	17±5,4	14±4,9
Stjärthfluga 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 stylvfluga (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 stylvfluga 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 granbarkborrar och stylvflugor 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. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$, ns $p > 0,1$. Parvis t-test för två jämförelser: "vinter analys" mot "vår analys" och "vår kläck" mot "vår analys"

	Vinter analys	Vår analys	Vår kläck
Antal barkprov	48	48	48
granbarkborre/m ²	160±30**	91±19	70±11 ^{ns}
stylvfluga/m ²	112±16*	61±14	117±19***

Sammantaget så tolkar vi resultaten som att stylvflugor 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.

Andel övervintrande granbarkborrar i de avverkade träden

Medeltal och medelfel för andelen ungskalbaggar som övervintrade i träden var 23 procent ($\pm 2,5$) vid tidpunkten för avverkning. Denna andel varierade mellan platserna: Krokshult I, 35 procent (± 6), Krokshult II 18 procent (± 6), Oxlehall 8 procent (± 6), Fjällnora I 16 procent (± 8), Fjällnora II 24 procent (± 4) och Fjällnora III 21 procent (± 15). Andelen som fanns kvar träden varierade också inom träden med högst andel i nedre delen av trädet (bottenstocken) (Tabell 8).

Tabell 8. Medelvärden $\pm$ medelfel för stockegenskaper, andel granbarkborrar som övervintrade i bark samt totalproduktion (kläckhåll + levande ungskalbaggar) av granbarkborrar relaterat till stockordning (stock 1= rotstock)

	Antal prov	Stock dia. (cm)	Barktjocklek (mm)	Övervintr. i bark (%)	Produktion (per 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

Kvarstående angripna träd

Totalt mättes diameter, kronfärg och andel kvarsittande bark på drygt 1100 träd (Tabell 9). Andelen kvarsittande bark och diameter på de träden var av samma storleksordning som på träden där barkprov togs. Detta tyder på att barkproverna togs från ett representativt urval av träden. Andelen träd med brun krona, brungrön respektive grön krona var 88 procent, 11 procent och 1 procent. Andelen gröna träd var högst i Ebbegärde, medan gröna träd saknades helt i Malingsbo, Styggkärret och Offerstenen (Tabell 9).

Tabell 9. Trädantal, diameter och andel kvarstående bark på totala antalet inmätta granbarkborredödade träd i 5 grupper per område (högst 50 inmätta per trädgrupp) och på de träd i grupperna som det togs barkprov på. Barktjocklek, andel granbarkborrar (Gbb) som var kvar i barken och granbarkborreproduktion (Gbb prod.) är för de prover som togs i december (vinterproven). Medelvärden±medelfel.

	Malingsbo	Styggkärret	Glotten-skogen	Offerstenen	Ebbe-gårde	Alla
Inmätta träd totalt						
Antal träd	250	250	250	240	164	1154
Dia brh cm	30±0,5	27±0,3	35±0,6	31±0,5	31±0,7	31±0,2
Bark kvar %	95±3,6	94±0,7	92±1,0	96±0,5	83±2,0	92±0,9
Andel gröna %	0	0	1,7	0	6,7	1,2
Träd med barkprov						
Antal träd	21	21	25	25	25	117
Dia brh cm	29±1,1	27±1,0	31±1,0	31±1,1	30±1,2	30±0,4
Bark kvar %	95±1,6	93±2,1	98±0,9	99±0,1	96±1,4	96±0,7
Barktj. mm	5,4±0,3	4,4±0,3	4,9±0,3	6,1±0,3	4,6±0,2	5,1±0,2
Gbb i bark %	64±3,1	52±4,1	63±8,0	76±4,3	57±6,3	62±2,5
Gbb prod. /m ²	592±65	820±71	680±125	647±102	789±118	710±44

Andel övervintrande granbarkborrar i de kvarstående träden.

Mer än hälften av ungskalbaggar övervintrade i barken på de stående träden i samtliga fem områden (Tabell 9), vilket är högre än i tidigare undersökningar som sammanfattats av Schroeder (2021). Det fanns ingen nord-sydgradient i andelen som övervintrade i bark. Det fanns heller inget tydligt samband mellan temperatursumma eller lägsta uppmätta temperaturer för varje område (bilaga 3a) och andelen övervintrande granbarkborrar i bark. Det var en stark positiv effekt av barktjocklek (ju tjockare bark desto högre andel övervintrare i bark) men ingen effekt av kronfärgsklass på denna variabel (variansanalys: responsvariabel: andel kvar i bark, slumpmässig variabel: plats; fasta variabler: 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 procent kvar under bark i skördarstudien, jämfört med 62 procent 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 variabeln 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, 4 m 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.fl. (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. Variationskoefficienten låg mellan 30 procent och 60 procent för de fem områdena med stående träd och mellan 75 procent och 160 procent för de sex avverkningsområdena i skördarstudien. Detta gör att även om medelvärden skiljer sig betydligt mellan de två studierna så överlappar några konfidensintervall (95 procent) mellan studierna, exempelvis Krokshult 1 och Glotternskogen, som i medel hade 33 procent respektive 63 procent 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 10. 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 (antal träd)	Prov- tidp.	Bark Kvar (%)	GBB (lev/m²)	GBB- död/m²)	Styltfluga lev/m²	Styltfluga död/m²
Malingsbo (21)	vinter	95±1,6	379±47	58±11	196±22	13±5,1
	vår	88±2,7	405±58	49±11	173±21	17±4,2
Styg- kärret (21)	vinter	93±2,1	422±49	104±20	92±18	4,2±3,0
	vår	saknas	340±49	88±15	129±28	11±3,3
Glottern- skogen (25)	vinter	98±0,9	461±111	104±20	207±75	7,3±2,9
	vår	92±3,9	340±49	121±19	129±28	11±3,1
Offer- stenen (25)	vinter	99±0,1	530±90	100±16	229±17	13±3,2
	vår	99±1,3	545±101	89±23	204±18	11±2,8
Ebbe- gärde (25)	vinter	96±1,4	529±115	161±22	142±32	21±8,0
	vår	87±3,7	455±104	132±17	134±19	4,2±1,6
Alla (25)	vinter	96±0,7	467±39	101±8,5	171±17	12±2,2
	vår	92±1,5	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.

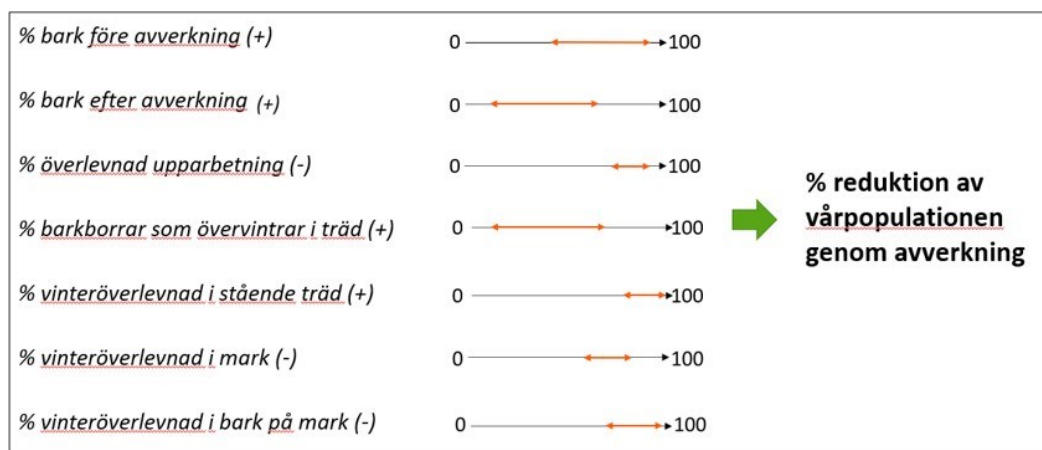
Vinteröverlevnad av granbarkborre och andra insekter i de kvarstående träden

Det var liten skillnad mellan vinterprovet och vårprovet i antal levande och döda individer av granbarkborre och styltflugor (Tabell 10). 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 procent både för granbarkborre och styltflugor. Observera dock att detta gäller utan hackspettspredation eftersom vårproven var täckta med hönsnät under vintern för att förhindra sådan. I undersökningar utförda under granbarkborreutbrottet som startade efter stormen Gudrun varierade andelen bark borthackad under vintern mellan 9 – 18 procent (se bilaga 2 i Schroeder (2021)). Men dödligheten av granbarkborrar är betydligt lägre än andelen borthackad bark eftersom granbarkborrar i större barkbitar, som ofta hackas loss, sannolikt har hög överlevnad. En längre köldperiod inträffade under slutet av januari och början av februari. I samtliga försöksområden inföll den lägsta temperaturen under första halvan av februari med temperaturer från närmare -25°C i Styggkärret till -14°C i Offerstenen. Köldperioden inföll under perioden mellan vinterns och vårens barkprovtagning (Bilaga 3b). Den lägsta uppmätta temperaturen mellan vinterns och vårens barkprovtagning ligger nära medelvärdet för perioden 2011–2020 för alla fem områdena (Bilaga 3a). Det fanns inget tydligt samband mellan minimitemperatur och överlevnad av granbarkborren och dess fiender (Tabell 10, Bilaga 3b). Överlevnaden var ungefär lika hög i alla områden, med ej signifikanta skillnader i tätheten av levande individer av granbarkborre eller andra insekter mellan vinter- och vårprov (Parvis t-test, $p > 0,1$). De enda undantagen var Styggkärret och Glotternskogen där det var en något lägre täthet av levande granbarkborrar i vårprovet än i vinterprovet ($p < 0,05$, parvis t-test).

Modell för att skatta effekten av vinteravverkning

Effekt på antalet granbarkborrar

Ett sätt att uppskatta effekten av vinteravverkning av granbarkborreangripna träd 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 (2021) 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 procent 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 procent (Fig. 5).



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

Nedan ges fyra olika scenarier för hur populationen av granbarkborrar påverkas av vinteravverkning där vi använder data från denna studie. I samtliga scenarier antas 88 procent kvarstående bark före avverkning (Tabell 3), 95 procent överlevnad i bark på träd (Tabell 10), 60 procent överlevnad i mark (Austarå & Midtgaard 1986, Faccoli 2002, Zumr 1982, Weslien & Lindelöw opublicerat), 90 procent överlevnad under upparbetning (denna studie) och 80 procent överlevnad i bark på mark (denna studie, Schroeder 2021). I denna förenklade version av modellen har vi inte inkluderat eventuell hackspettspredation på de stående träden fram till våren vilket leder till överskattning av effekten. Denna moralitetsfaktor är dock sannolikt liten jämfört med annan mortalitet, vilket stöds av att en liten andel bark hackades bort mellan tillfällena för vinterprovtagning och vårprovtagning på stående träd i denna studie (Tabell 10) och av resultaten från tidigare studier (Schroeder 2021).

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

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

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

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

Modellen är, som synes, känslig för ingångsvärden på andel bark kvar på stockarna efter avverkning och andel övervintrande granbarkborrar i barken. Andelen granbarkborrar som övervintrade i barken på de stående träden (62 procent, scenarier 1 och 2) är högre än tidigare rapporterade siffror och, som diskuterats ovan, sannolikt en överskattning av den verkliga andelen för hela träden. Andel bark före avverkning antogs vara hög

baserade på data från denna studie och varierades inte i scenarierna. Tidigare studier har visat på lägre andel bark i många fall (se sammanställning av Schroeder (2022)). 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 vår bedömning att reducering av vårpopulationen sällan når upp till nivån i scenario 1 (43 procent).

Effekten av vinteravverkning beror också på produktionen av granbarkborrar som kan variera stort både mellan enskilda träd och år. Under det nu pågående utbrottet har produktionen varierat från i medeltal cirka 500 till 2500 ungskalbaggar per m² bark i stående träd mellan åren (Schroeder opubl.). Detta betyder att reduktionen av vårpopulationen uttryckt i antalet barkborrar kan, beroende på produktionen, variera med en faktor 5 i absoluta tal vid en viss procentuell reduktion.

Effekt på antalet fiender

Det går också att använda den ovan beskrivna modellen för att uppskatta hur avverkning påverkar vårpopulationen av granbarkborrens fiender, förutsatt att storleksordningen på de ingående variablerna är kända för arten eller gruppen i fråga. För styltflugor går det med följande antaganden: bark före avverkning = 88 procent (Tabell 3), överlevnad i bark på träd = 95 procent (Tabell 10), 90 procent överlevnad under upparbetning (denna studie), 80 procent överlevnad i bark på mark (denna studie), andel som övervintrar i träd 100 procent (Weslien 1992, Hedgren & Schroeder 2004). Vid avverkning i minusgrader **(57 procent av barken kvar) reduceras vårpopulationen med 60 procent**. Vid avverkning i plusgrader **(34 procent av barken kvar) reduceras vårpopulationen med 44 procent**.

Även för fiender är modellen känslig för ingångsvärden. Antagandet att 100 procent av styltflugorna övervintrar under bark bygger på utkläckningar i Sverige från sensommar till våren därpå. Det finns dokumenterat, från Schweiz där granbarkborren normalt har två generationer per år, att den nya generationen styltflugor 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 styltflugor 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 procent av styltflugornas vårpopulation har övervintrat i bark. För ingångsvärdet på andel bark före avverkning så gäller samma resonemang för styltflugor som för granbarkborre ju mindre bark som är kvar, desto mindre skillnad mellan alternativen avverkning och ej avverkning.

Effekten av fiender på granbarkborre

Att antalet styltflugor reduceras mer än antalet granbarkborrar betyder ingenting för den fortsatta risken för angrepp på våren. Styltflugorna lever på granbarkborrens utvecklingsstadier under bark och alltså inte på de angripande granbarkborrarna. Däremot kan en minskning av antalet styltflugor påverka granbarkborrens förökning under sommaren. Det är dock mycket svårt att förutsäga hur stor denna effekt blir.

Försök där man utestängt fiender med hjälp av finmaskiga nät har visat att den sammanlagda effekten av alla fiender kan var mycket stor. Sådana försök visar att fienderna kan reducera produktionen av barkborrar med mer än 80 procent (Miller 1984, Weslien & Regnander 1992, Weslien 1992). Att bedöma effekten av enskilda arter eller artgrupper av fiender är dock svårt bland annat på grund av konkurrens, både inom och

mellan arter, vilket gör att samband mellan tätheten av fiender och deras effekt inte är linjära (Lawson 1997, Schroeder 2007b). Schroeder (1996) fann i ett kontrollerat experiment med större mörghorre *Tomicus piniperda*, och två arter av fiender (predatorer), barkglansbaggen *Rhizophagus depressus* och myrbaggen *Thanasimus formicarius*, att arterna reducerade produktionen av större mörghorren med 41 procent respektive 81 procent när de var ensamma och med 89 procent när båda arterna fanns tillsammans i samma stock. Dessutom påverkade de två fienderna varandras förökning negativt när de fanns tillsammans i samma stock, det vill säga de hade högre förökning när de var ensamma med större mörghorre. Det fanns också ett positivt samband mellan tätheten av modergångar av större mörghorre och tätheten av barkglansbaggar. Liknande resultat finns för granbarkborre och myrbagge (Weslien 1994), ju högre täthet av modergångar desto fler myrbaggelarver producerades per myrbaggehona. Detta kan tolkas som att hög modergångstäthet gynnar fienderna men här kan finnas ytterligare en kompenserande mekanism, nämligen att fienderna kan reducera konkurrensen mellan barkborrelarver, som är högre vid hög än vid låg modergångstäthet.

Det finns inga experiment motsvarande de beskrivna ovan som inkluderat styltflugor. Weslien (1992) utförde ett experiment med granbarkborreangripna granstockar som exponerades för fiender under olika lång tid. Exponeringen avbröts med hjälp av finmaskiga burar som utestängde fiender. Experimentet visade att, i stockar som lades i bur 4 veckor efter granbarkborrens kolonisering så dominerade styltflugorna bland fienderna (cirka 150 styltflugor/m²), och produktionen av granbarkborrar var nära 50 procent lägre än i stockar som saknade styltflugor (noll eller en veckas exponering). Slutsatsen av den jämförelsen var att styltflugorna nästan ensamma hade svarat för en halvering av granbarkborrens produktion. I samma studie så reducerade dock hela fiendekomplexet (i de stockar som exponerades under 8 veckor) granbarkborrens produktion med mer än 80 procent. Med tanke på erfarenheterna från studierna beskrivna i föregående stycket, går det inte med säkerhet att uttala sig om styltflugornas bidrag till den totala reduktionen av granbarkborrar i detta experiment. Den kan vara avsevärt lägre än de 50 procent som den första jämförelsen (1 vecka vs 4 veckor exponering) antyder.

I denna studie togs alla barkprover under vintern när merparten av alla myrbaggelarver, parasitsteklar, barkglansbaggar m. fl. redan lämnat träden och det är därför okänt hur stor deras täthet varit. Därför är det omöjligt att förutsäga hur tätheten av dessa, liksom tätheten av styltflugor, samt deras effekt på granbarkborrens förökning kommer att bli under nästkommande sommar. Troligen minskar inte produktionen av granbarkborre linjärt med tätheten av styltflugor och vinteravverkningens negativa effekt på antalet styltflugor (44–60 procent reduktion) kommer sannolikt att till viss del kompenseras av andra mekanismer som behandlats ovan. Det råder dock ingen tvekan om att styltflugor tillhör de viktigaste fienderna till granbarkborren. Därför skall man inte i onödan utföra åtgärder som missgynnar styltflugor betydligt mer än granbarkborrarna, exempelvis avverka granar när få barkborrar finns kvar i träden och mycket bark följer med träden ut ur skogen.

Slutsatser och råd

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 procent. 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. Det behövs mer kunskap om hur olika faktorer påverkar granbarkborrens övervintringsbeteende.
- 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. Hur mycket bark som lossnar under skotningen undersöktes inte i studien.
- Vinteravverkning av granbarkborredödade träd kan reducera antalet granbarkborrar med upp till 40 procent 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 procent. Vid avverkning i plusgrader och med låg andel av granbarkborrarna kvar i träden är den möjliga reduktionen sannolikt mindre än 15 procent.
- Vinteravverkning av granbarkborredödade träd medför alltid en relativt större reduktion av antalet styltflugor än av antalet granbarkborrar, oavsett temperatur under avverkning eller andel granbarkborrar som övervintrar i träden. Den största skillnaden mellan reduktion av granbarkborrar och reduktion av styltflugor fås när andelen övervintrande granbarkborrar i träden är låg och andelen av barken som följer med de avverkade träden ut ur skogen hög.

Baserat på slutsatserna ovan samt resultat och erfarenheter från tidigare undersökningar avslutar vi med några råd:

- Sannolikt har vinteravverkning av granbarkborredödade träd ofta en låg effekt på reduktionen av antalet granbarkborrar. För bästa effekt, skall angripna träd avverkas innan barkborrarna utvecklats till adulter eftersom larverna då dör i avskalad bark. Om detta inte är möjligt skall man sträva efter att avverka träden innan barkborrarna börjat lämna träden för övervintring i marken.
- För att kunna få en effekt av vinteravverkning är det viktigt att det finns mycket bark kvar på träden innan avverkning. Om det finns lite bark kvar på träden kommer effekten alltid att bli låg. Träd som saknar bark innehåller inga granbarkborrar och fiender.
- Om det är många angripna träd i beståndet bör man överväga att avverka hela beståndet och därmed rädda virkesvärdet av ännu inte angripna träd eftersom vi vet att risken är stor att angreppen blir omfattande där många granbarkborrar övervintrar.
- Om det är möjligt kan en avverkning av dödade träd från föregående sommar gärna skjutas upp till nästkommande sommaren efter granbarkborrens huvudsvärmning. Då har de flesta styltflugorna hunnit lämna fjolårsträden och

samtidigt kan man hinna ta hand om nya angripna träd medan den nya generationen granbarkborrar ännu är i larv- eller puppstadium.

Referenser

- 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.
- Lawson, S. A., Furuta, K., & Katagiri, K. 1997. Effect of natural enemy exclusion on mortality of *Ips typographus japonicus* Nijima (Col., Scolytidae) in Hokkaido, Japan. Journal of applied Entomology 121, 89-98
- 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.
- Miller, M. C. 1984. Effects of exclusion of insect associates on *Ips calligraphus* (Germ.) (Coleoptera, Scolytidae) brood emergence. Journal of applied Entomology 97: 298-304).
- Möller, J. J., Arlinger, J., Hannrup, B. & Jönsson, P. 2008. Virkesvärdestest 2006. Redogörelse nr. 5 2008, Skogforsk, 34 s.
- Õunap, 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. 1996. Interactions between the predators *Thanasimus formicarius* (Col. Cleridae) and *Rhizophagus depressus* (Col.: Rhizophagidae) and the bark beetle *Tomicus piniperda* (Col.: Scolytidae). Entomophaga 41: 63-75
- Schroeder, M. 2007a. Granbarkborrens mortalitet under vintern 2006/2007. Arbetsrapport, Inst. Ekologi, SLU, Uppsala 2007-06-14.
- Schroeder, M. 2007b. Escape in space from enemies: a comparison between stands with and without enhanced densities of the spruce bark beetle. Agricultural and Forest Entomology 9: 85-91

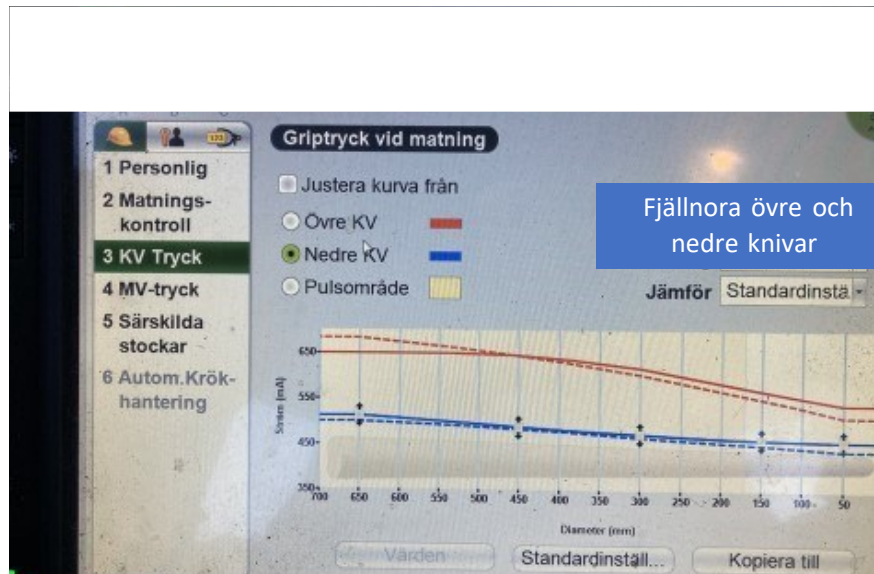
- Schroeder, M. 2008. Granbarkborrens mortalitet under vintern 2007/2008. Arbetsrapport, Inst. Ekologi, SLU, Uppsala 2008-08-12.
- Schroeder, M. 2009. Granbarkborrens mortalitet under vintern 2008/2009. Arbetsrapport, Inst. Ekologi, SLU, Uppsala 2009-06-11.
- Schroeder, M. 2010. Granbarkborrens mortalitet 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. 2021. Effektiviteten av Sök och Plock utförd under höst och vinter – en uppdatering. Sveriges lantbruksuniversitet, SLU, Fakulteten för skogsvetenskap, Institutionen för ekologi, Uppsala. <https://pub.epsilon.slu.se/26947/>
- Skogsstyrelsen 2021. Skadorna av granbarkborre större än väntat – kvar på rekordhöga nivåer Pressmeddelande, 25 nov. 2021.
- 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.
- Weslien, J. 1994. Interactions within and between species at different densities of the bark beetle *Ips typographus* and its predator *Thanasimus formicarius*. Entomologia experimentalis et applicata 71. 133-143
- Weslien, J. & Regnander, J. 1992. The influence of natural enemies on brood production in *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae) with special reference to egg-laying and predation by *Thanasimus formicarius* (L.) (Coleoptera, Cleridae). Entomophaga 37: 333-342
- Wulff, S. & Roberge C. 2021a. Nationell Riktad Skogsskadeinventering (NRS) Inventering av granbarkborreangrepp i Götaland och Svealand 2020. Inst f Skoglig Resurhushållning, SLU, Umeå. Arbetsrapport 521.
- Wulff, S. & Roberge C. 2021b. Nationell Riktad Skogsskadeinventering (NRS) Inventering av granbarkborreangrepp i Götaland och Svealand 2021. Inst f Skoglig Resurhushållning, SLU, Umeå. 2020-11-24.
- Zumr, V. 1982. Hibernation of spruce bark beetle, *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae) in soil litter in natural and cultivated stands. Acta Entomologica Bohemoslovaca 79:161–166

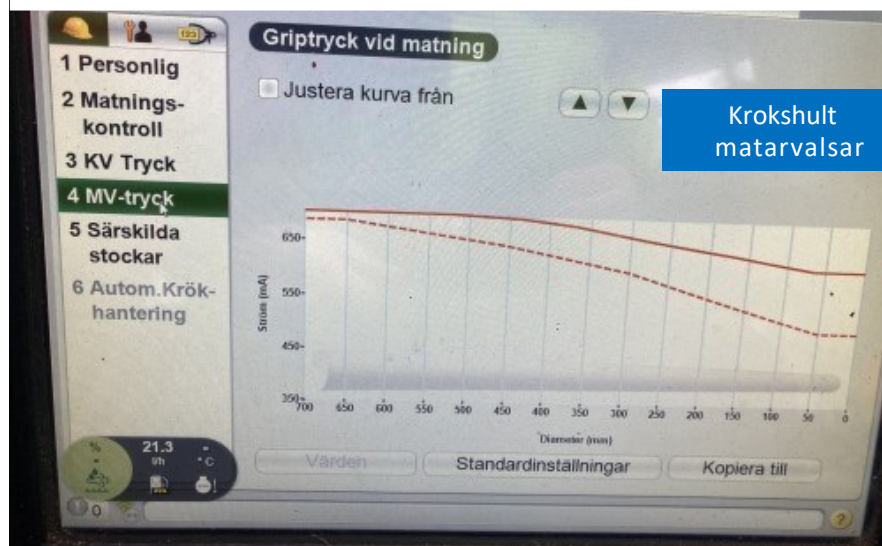
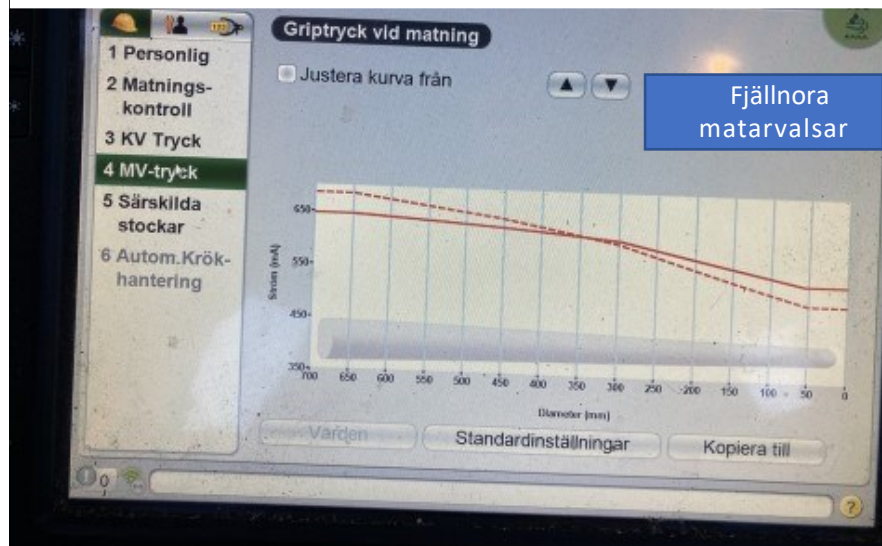
Bilagor

Bilaga 1

Inställningar av skördaraggregat H 415 i Fjällnora och Krokshult.

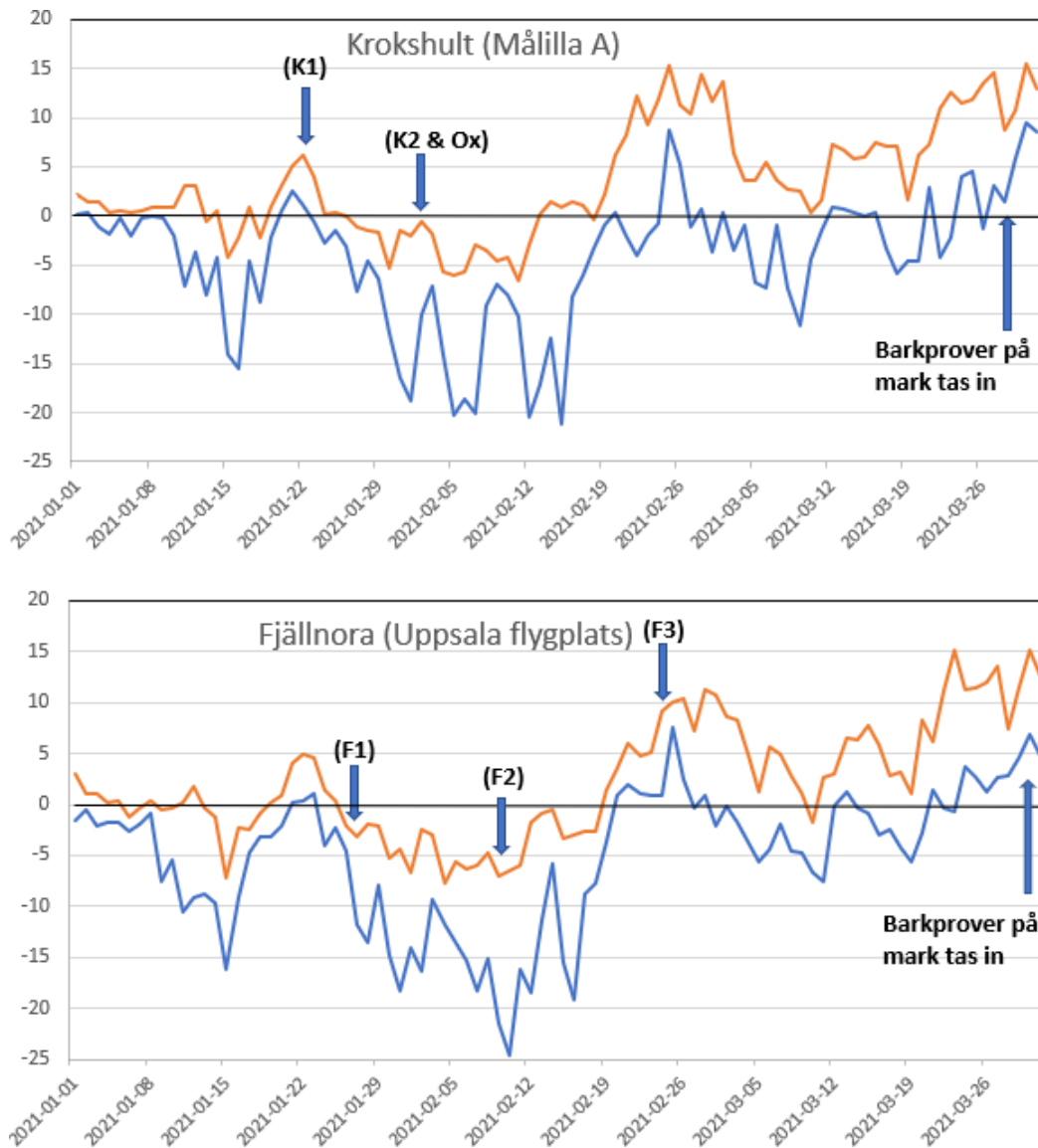
Streckade linjer anger standardinställning.





Bilaga 2

Temperaturdata skördarstudien



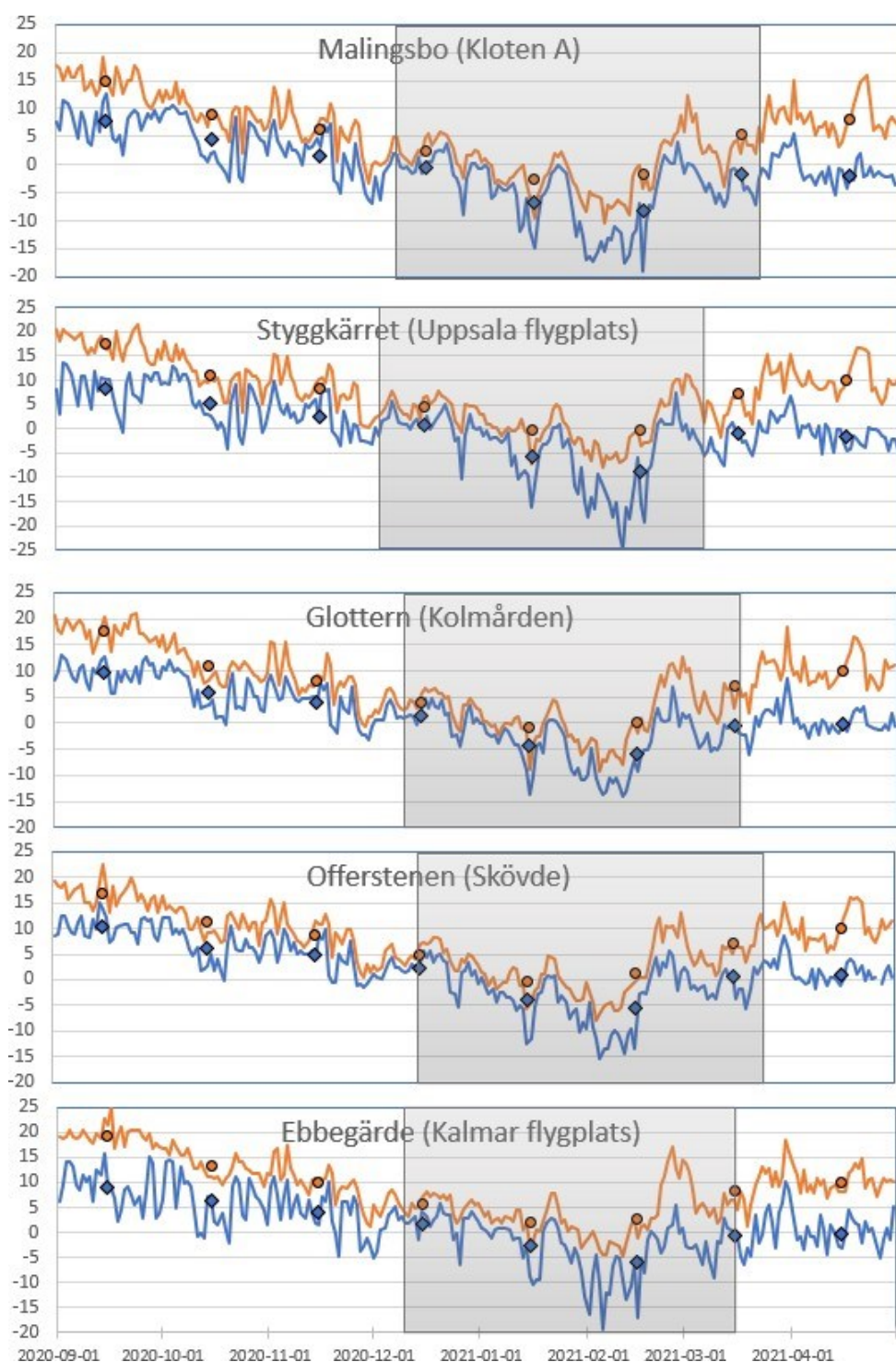
Dygns min (blå)- och max (röd) temperatur (°C) jan-mars 2021 från närliggande SMHI-station från platserna där barkprover låg på marken. Stationen "Målilla A" ligger ca 20 km från Krokshult och Stationen "Uppsala Flygplats" ca 20 km från Fjällnora. Pilar anger när avverkningar skedde (K1= Krokshult I, K2= Krokshult II, Ox= Oxlehall. F1= Fjällnora I, F2=Fjällnora II, F3= Fjällnora III) och när barkproverna togs in.

Bilaga 3

Temperaturdata för platserna med kvarstående angripna träd

Bilaga 3a. *Temperatursumma och minimumtemperatur under senaste årtiondet beräknat på närliggande SMHI-stationer, Kloten A (16 km till Malingsbo, Uppsala flygplats (18 km till Styggkärret), Kolmården-Str, (8 km till Glotternskogen), Skövde (10 km till Offerstenen) och Kalmar flygplats (28 km till Ebbegärde). Temperatursumman har justerats för skillnader i höjd över havet mellan SMHI station och försöksområde (0.65 grader per 100 meter).*

Område	Temperatursumma >5°C				Minimum temperatur (°C)			
	2011–2020				2011– 2020			
	2020	Medel	Min (2012)	Max (2018)	vinter 20/21	Medel	Min	Max
Malingsbo	1299	1255	1038	1613	-19	-21.4	-28.2	-12.2
Styggkärret	1574	1531	1339	1874	-24.7	-22.0	-30.1	-10.3
Glotternskogen	1827	1744	1509	2103	-15.4	-13.7	-17.3	-6.0
Offerstenen	1636	1582	1385	1969	-14	-14.4	-18.6	-8.0
Ebbegärde	1759	1689	1496	1992	-19.3	-16.0	-25.6	-8.2



Bilaga 3b. Dygns min-(blå) och max temp (röd) (°C) från närliggande SMHI -station. Punkter anger medel min respektive medel max temp per månad (september 2020-april 2021). Gråskuggade områden anger tidsperioden mellan "barkprovtagning vinter" och "barkprovtagning vår".