

Tillvaratagande av spridda skadade träd

- Systemanalys för privatskogsbruk

Tomas Gullberg



Motormanuell upparbetning av färskt vindfälle

Innehåll

Förord	4
Summary	5
Introduktion	6
Bakgrund	6
Kort om granbarkborren som skadegörare	7
Hypotes	9
Syfte	10
Genomförande	11
Systemanalyser via simuleringar	11
Räddat virkesvärde i skadade träd	11
Direkt avverkningskostnad	12
Tidsåtgång för olika drivningssystem	12
Jämförelse med dagens prestationsnivå.	14
Timkostnad för olika drivningssystem	14
Oskadliggörande via barkning	15
Start och flyttkostnad	15
Objektsförutsättningar	16
Bekämpningseffekt på granbarkborre av tillvaratagande i tid	16
Några teoretiska exempel, spridda skadade träd:	18
Värdet av bekämpningseffekten	18
Resultat	20
Drivningskostnad för olika system	20
Jämnt spridda träd	20
Koncentrerade skador	20

Start- och flyttkostnadens betydelse med skördare/skotare	21
Effekter på olika drivningssystemers leveranskapacitet av att jobba med små objekt	22
Drivningsnetto för olika system	24
Jämnt spridda träd	24
Simuleringar av barkborreskadornas förlopp vid vindfällan som lämnas utan åtgärd	25
Bekämpningsvärdet av att tillvarata vindfällan	28
Drivningsnetto inklusive bekämpningsvärde	29
Vid två räddade träd per tillvarataget	29
Vid fem räddade träd per tillvarataget	30
Hur många ytterligare träd behöver räddas för att tillvaratagande av skadade träd skall bli lönsamt?	31
Indirekta kostnader av drivningsarbete	31
Diskussion	33
Svåra men nödvändiga kalkyler	33
Många möjliga orsaker till dagens problem	33
Är bedömning av risk med att lämna mindre volymer vindfällan i tidigare studier relevant?	34
Rotkapning, ett alternativ till barkning?	34
Dagens vanliga storskaliga drivningsteknik passar dåligt för små volymer och spridda träd	35
Hur kan självverksamma, småskalig teknik eller mera lämplig storskalig teknik utnyttjas mer? ...	35
Rådgivning, lagkrav och certifieringskrav	36
Ingen idé när grannarna ändå slarvar och borrararna får härja fritt i reservat	36
Tillvaratagande av vindfällan, "Sök och plock" av angripna stående träd eller fällor?	37
Enkla och svåra beslut, beslutsstöd och valmöjlighet	37
Referenslista	39



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

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 21 juni 2022 av
Gert Andersson, Programchef och Petrus Jönsson, Bitr. programchef.
Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering den 7 juli 2022.
Redaktör: Hanna Andtbacka, hanna.andtbacka@skogforsk.se
©Skogforsk 2022 ISSN 1404-305X

Förord

Självverksamhet och småskalig teknik är en del av svenskt skogsbruk som inte syns och märks så mycket. Volymerna som tas fram med småskaliga metoder har över tid minskat om än långsamt och med tillfälliga ökningar i samband med mer omfattande stormfällningar.

Den praktiska betydelsen kan ändå vara betydelsefull då det ofta handlar om små eller extra viktiga arbeten och bidrar till olika former av ökad mångfald i skogsbruket. Att tillvarata mindre volymer skadade träd är ett typexempel på när småskalig teknik på ett rationellt sätt kan komplettera den konventionella storskaliga tekniken.

Denna rapport är framtagen i ett samarbete mellan Säker Skog och Skogforsk och ingår som en del i projektet: *Tillvaratagande av spridda skadade träd - en viktig del i att förebygga och bekämpa skador på skogen*. Projektet finansieras av Skogsägarnas forskningsfond.

Gert Andersson och Petrus Jönsson har medverkat i projektet och givit värdefulla synpunkter vid arbetet.

Mycket av grunden till arbetet har vuxit fram i Säker Skogs nätverk av intresserade skogsägare, instruktörer/utbildare och förtroendevalda inom skogsägarföreningar.

Ett varmt tack till alla som på olika sätt bidragit!

Tomas Gullberg, projektledare

Summary

Small volumes of damaged trees, such as dispersed windthrows, are a problem due to the high harvesting cost in relation to timber value, and because of the risk of further damage from insects like the spruce bark beetle if the trees are not removed. Economic system analyses were conducted on large- and small-scale systems with and without the value of removing windthrows to prevent damage to other trees by bark beetles.

Main results of this study:

- Today's conventional harvester and forwarder system is very expensive when handling small volumes, due to high start-up and movement costs.
- Harwarders or combination machines have advantages over two-machine systems, since a single machine can perform the work, but they are uncommon and require space for direct loading.
- The supply of timber for the wood industry would quickly be under strain if professional harvesters and forwarders were to work with the small volumes of dispersed windthrows.
- Self-employed forest owners and small-scale technology have economic advantages due to low start-up and movement costs. In theory, they are a mobilizable resource, but in practice legislation and certification regulations limit use outside their own property.
- Earlier research (on which much of today's regulations and recommendations are based) showed little risk of damage by the spruce bark beetle in small volumes of windthrows, while later studies show extensive damage.
- A simple model to analyse the probability of tree mortality caused by the spruce bark beetle, based on the R-number (dispersion number), simulates the damage process and resembles the process measured in reality. The model can be used to predict the costs of damage and the benefits of taking action in time at different risk levels, and to provide information to support decisions on removal of windthrows.
- Preventive measures such as removal of fresh windthrows or motor manual debarking have practical and biological advantages compared with searching for and identifying standing trees after beetle attack.
- Where there is a high risk of spruce bark beetle infestation, as in south-eastern Sweden in recent years, removal of windthrows in time is usually profitable, even if the timber value is marginal. However, this alternative is uncommon practice, as it would quickly lead to a shortage of timber for industry by diverting resources from production.
- There are probably many interacting factors behind the extensive damage caused by the spruce bark beetle today. In addition to climate change, the call for more dead wood to be left in the forest, combined with previous research results that have shown that leaving small volumes of windthrows is associated with low risk, are probably important factors.

Introduktion

Bakgrund

Skadade, döende och döda träd är viktiga för många arter och en naturlig del i ekosystemet, men i kombination med stor förekomst som vid stormar eller torkstressade träd finns det risk för omfattande skogsskador. Skadade träd gör det lätt för till exempel granbarkborren att massförökas och i nästa generation nå sådana antal att även stående träd kan angripas och dödas. Storm- eller snöfällda träd är utmärkta objekt för granbarkborren att lägga sina ägg i då träden är försvagade och inte förmår försvara sig och döda insekterna med sitt kådförsvar (Skogseko 2019). En liknande problematik finns kring de omfattande angrepp av törskatesvamp som rapporteras från främst Norrland (Skogseko 2022).



Figur 1. Vindfälld gran som ligger kvar i början av juni med pågående massförökning av granbarkborrar

Det finns gott om forskning kring främst omfattande stormskador som till exempel Persson (1975), Sondell (2006) och Blennow (2013), men det finns betydande kunskapsluckor rörande mindre volymer av spridda träd och småskaliga metoder.

Genom att tillvarata träden innan nästa generation granbarkborrar är utvecklad så kan hela eller delar av virkesvärdet räddas samtidigt som fortsatta skador kan reduceras eller helt elimineras. Värdet av att i tid tillvarata skadade träd kan därför vara betydligt större än enbart virkesvärdet i skadade träd. Att tillvarata spridda träd medför en sänkt prestation och ökad kostnad jämfört med vanligt drivningsarbete, i synnerhet för storskalig teknik. Drivningskostnader inklusive kostnader för flytt och start överstiger ofta virkesvärdet.

Självverksamma skogsägare har normalt låga startkostnader och en teknik som trots relativ enkelhet ändå ofta kan fungera bra vid dessa typer av specialarbeten genom att vara lätta att flytta efter bilvägar och kräva mindre breda eller färre stickvägar för att nå virket genom smalare bredd och/eller tillgång till vinsch. I svårtillgängliga lägen kan

oskadliggörande av vindfällda träd genom barkning vara ett alternativ till ingen åtgärd alls.

Det finns många alternativ i samband med att det skapats skadade träd i skogen. Ett alternativ är att inte göra något, som resultat av ett mer eller mindre genomtänkt och välgrundat val, eller till följd av okunskap som gör att de skadade träden inte upptäcks. Andra alternativ, främst vid omfattande skador, är att göra en tidigarelagd slutavverkning av hela eller delar av beståndet eller att i samband med en gallring ta ut de skadade träden. Men ofta är det mest lämpliga alternativet ett tillräckligt snabbt, selektivt och skonsamt tillvaratagande av enbart de skadade träden. Mer omfattande avverkning i känsliga lägen riskerar skapa ytterligare nya stressade träd i till exempel nya hygeskanter och ökad risk för fortsatta angrepp och skador och även nya vindfällningar.

Kort om granbarkborren som skadegörare

Granbarkborren dödar granar då den fortplantar sig. Vid låga till måttliga mängder av granbarkborrar och endast vitala träd kommer de flesta granbarkborrar att dö genom trädens försvar med bland annat kåda. Man kan säga att granbarkborrar med stöd av dofter från stressade träd och feromoner gör ett samlat angrepp mot i första hand försvagade träd med livet som insats. Antingen dödas trädet eller borrarerna.

Under för granbarkborren gynnsamma förhållanden som vindfällda granar utan nämnvärd försvarsförmåga och i lagom solbelyst och varmt läge kan populationen öka mer än 10 ggr per hona/äggläggning. Ofta läggs även en syskonkull lite senare, vilket ger en maximal förökningstakt på över 20 ggr per generation. Vissa år med varmt väder kan dessutom den nya generationen borrar från första svärmningen hinna lägga nya ägg som utvecklas till färdiga granbarkborrar, vilket sammantaget ger potential till en explosionsartad förökning. Första svärmningen sker från slutet av april och under maj. I slutet av juli – augusti kläcks den första generationen som under gynnsamma förhållanden hinner föröka sig under samma sommar. Angreppen kan alltså pågå under en stor del av sommarhalvåret.



Figur 2. Lämnat vindfälle som efter några år resulterat i granbarkborredödade träd i omgivning.

Populationsstorleken regleras starkt av tillgången på lämpligt yngelvirke. Färskas vindfällan och starkt stressade stående träd, exempelvis efter torka i granbestånd, har stor betydelse för artens förökningspotential och hur omfattande skador den kan åstadkomma. Efter förökning i särskilt gynnsamt material som vindfällan eller starkt stressade träd kan populationen växa kraftigt så att även helt friska och vitala träd kan angripas och dödas på grund av den stora mängden borrar. Om det endast finns vitala träd kommer populationen granbarkborrar dock att krascha och avta ganska snabbt, men finns stressade träd eller nytillkomna vindfällan kan angreppen bli omfattande och långvariga.

Stressade granar återfinns ofta vid:

- Nya hyggeskanter, särskilt mot söder.
- Nyligt hårt gallrade bestånd.
- Gallringar med körsador på mark, rötter och stammar.
- Torra marker med gran (fel trädslag).
- Rötangripna marker.

Tidigare studier och försök (Lindelöw & Schroeder 2003, Hedgren m.fl. 2002) har visat på relativt små negativa effekter av att inte tillvarata mindre volymer av vindfällda granar och konstaterar att mer än 5 m³sk vindfällan per hektar borde kunna lämnas utan att riskera allvarliga skador av granbarkborren. Man motiverar det med att det tycks finnas ett tröskelvärde vid cirka 20 angripna träd på en plats för att det ska bli fortsatta skador. Vid studierna simulerades mindre volymer vindfällda träd med träd som fälldes ut på kalt hygge från beståndskant.

I senare studier på enbart naturligt vindfällda träd (Kärvemo m.fl. 2014) visas tvärt emot att redan enstaka stormfällda och angripna granar ofta ger omfattande skador.

Skadenivån ligger även allmänt betydligt högre än i tidigare studier. Undersökningen gjordes efter stormen Gudrun 2005. En regressionsmodell visar på cirka 70 dödade träd inom en femårsperiod redan vid 1 angripet vindfälle.

Utvecklingen de senaste åren i Sverige och på många andra platser i världen visar en mycket oroande utveckling där skadornas omfattning skenar långt utöver entomologernas tidigare antaganden. Sannolikt är det flera faktorer som samverkar till den senaste tiden kraftigt ökade risken för allvarliga skador av granbarkborren i stora delar av Sveriges skogar.

Granbarkborren har kapacitet att flyga flera kilometer, men vid god tillgång på lämpliga träd så blir angreppen ofta nära kläckningsstället och relativt koncentrerade via feromoner. Kärverno m.fl. (2014) anger medelavstånd mellan kant på stormlucka och angripna träd till endast cirka 14 m första året och sedan ökande till cirka 40 m efter 4 år.

Hypotes

Ett tillräckligt snabbt och omfattande tillvaratagande av skadade träd är avgörande för att begränsa härjningar av granbarkborren samt rädda virkesvärden. Den småskaliga tekniken och kunniga självverksamma skogsägare är en viktig resurs, men de och andra specialiserade deltidsentreprenörer med drönare eller annan specialteknik borde kunna utnyttjas ännu bättre. Genom att kunna utnyttja stor- och småskalig teknik mera optimalt och rationellt över företagsgränser finns mycket att vinna.

Det finns ofta många alternativ från att inte göra något eller enbart oskadliggöra träden med till exempel barkning till att slutavverka hela det skadade objektet, men ofta är ett tillräckligt snabbt, skonsamt och selektivt tillvaratagande med en teknik med låga flytt- och startkostnader det mest lämpliga.



Figur 3. Exempel på småskalig teknik för att skonsamt hämta spridda skadade träd.

Syfte

- Ny eller förfinad kunskap kring kostnader för att tillvarata, eller oskadliggöra, skadade träd i förhållande till räddade virkesvärden och nyttor som att förhindra massförökning av granbarkborren.
- Ökad förståelse för den resurs som självverksamma är i detta arbete och den potential som finns om olika resurser kan användas mera optimalt.
- Beslutsstöd i val av åtgärd och teknik.
- På sikt minskade förluster orsakade av spridda storm- eller snöfällda träd samt även bättre möjligheter att bromsa insektshärjningar.

Analys, kalkyl och diskussion sker i huvudsak utifrån en privat skogsägares perspektiv.

Genomförande

Systemanalyser via simuleringar

Arbetet genomfördes som simuleringar och ekonomiska analyser av tekniska lösningar för olika typexempel av volymer och koncentrationer av skadade träd, från koncentrerade skador till enstaka glest spridda träd.

Förutom nyttan att rädda virkesvärden i skadade träd är en viktig del att försöka belysa värdet av bekämpningseffekter på granbarkborren. Lönsamhetskalkyler genomfördes som simulering av några scenarier avseende granbarkborrens spridningspotential/möjlig bekämpningseffekt, kostnader för tillvaratagande och påverkan på virkesflöde om maskiner sätts i arbeten med låg produktivitet.

Simuleringen ger lönsamhetsexempel. Varje situation är unik och det är svårt att på förhand veta mera långsiktiga effekter, men räkneexempel och tidigare erfarenhetstal kan ändå ge förståelse, pedagogik och en vägledning.

Analyserna gjordes därför i olika steg och med olika antaganden om aktuella bekämpningseffekter:

- Åtgärden påverkar enbart virkesvärden och direkta drivningskostnader för skadade träd,
- Som ovan, men i analysen togs även hänsyn till positiva effekter av insektsbekämpning (olika antaganden beroende på utgångsläge rörande risk för skador av granbarkborren),
- Därtill diskuteras även risker för negativa effekter av tillvaratagande som skador på mark och träd och eventuell tvingande avverkning av friska träd som står i vägen.

Analyserna syftar till att ge ny eller förfinad kunskap kring kostnader för olika maskinsystem och betydelsen av att tillvarata skadade träd i tid för att förhindra massförökning. Olika delar i systemanalyser och valda kalkylexempel redovisas och diskuteras nedan. Dels grundalternativ, dels alternativ för känslighetsanalyser.

Räddat virkesvärde i skadade träd

Som grundalternativ antogs att hela trädets aktuella virkesvärde kan tillvaratas, alltså att tillvaratagande sker i tid innan skador av eventuellt angrepp av granbarkborre eller andra lagringsskador uppstår. Mekaniska skador som stambrott och sprickor kan uppstå vid vindfällda eller snöbrutna träd, även viss volymförlust vid kapning med extra hög stubbe men i grundalternativet bortses från dessa förluster som normalt är relativt små.

Ett lämnat skadat träd skulle kunna antas ha ett reducerat värde, dels för att det bidrar till ökad volym död ved vilket är bra för biologisk mångfald, dels för att det kan ha ett reducerat framtida värde som bränslesortiment. Då skogsägaren inte ersätts för att lämna död ved och rotnettot ofta blir negativt så antas i grundalternativet att lämnade träd saknar ekonomiskt värde.

I praktiken kommer de flesta av lämnade eller dödade träd att få lov att avverkas senare till ett virkesvärde som ofta ligger under drivningskostnaden.

Direkt avverkningskostnad

Tidsåtgång för olika drivningssystem

Följande alternativ för köpta tjänster har tagits med i analyserna:

- Stor gripskördare och skotare.
- Stor drivare.
- Motormanuell upparbetning och traktor med mellanstor griplastarvagn med vinsch.
- Vinschprocessor och mellanstor griplastarvagn,





Figur 4. Exempel på teknik vid analyserade system.

Följande alternativ för självverksamhet har tagits med:

- Självverksam motormanuell upparbetning och traktor med mellanstor griplastarvagn med vinsch.
- Självverksam med vinschprocessor och mellanstor griplastarvagn.

Därtill även alternativen nedan:

- Självverksam barkning för oskadliggörande av barkborrar.
- Ingen åtgärd.

Tidsåtgång har beräknats med hjälp av tidsåtgångsmodeller anpassade för att även fungera vid små uttag (Gullberg 2003A). Modellerna bygger på tidigare genomförda tidsstudier som är relativt detaljerade och därför gör det möjligt att analysera tidsåtgång vid små uttagsvolymmer genom modellernas ursprungliga konstruktion eller via komplettering.

Befintliga prestationsunderlag gäller i första hand för drivningsåtgärder inom konventionellt skogsbruk. Det har därför varit nödvändigt att komplettera eller modifiera flera av underlagen för att de skall fungera även vid små och spridda uttagsvolymmer.

Tillförlitligheten i både prestations- och kostnadsdata är av förklarliga skäl varierande. Flertalet underlag ger effektiv tid under "tidsstudieförhållanden" varför justering till bedömd uthållig nivå behövs. De analyserade delsystemen beskrivs översiktligt i Tabell 1.

Tabell 1. Sammanställning över analyserade delsystem.

System	Prestationsunderlag (kompletterade och modifierade enligt Gullberg 2003A)	Omräkning G_0 till G_{15}
Avverkning:		
-Motormanuell huggning	Bergstrand m.fl. (1987)	6 verktimmar per dag
-Motormanuell fällning	SLA (1988)	6 verktimmar per dag
-Traktormonterad vinschprocessor	Uppgård (1992)	0,75
-Stor gripskördare	Brunberg (1995)	0,75
Terrängtransport:		
-Mellanstor griplastarvagn till traktor	Gullberg (1997)	0,83
-Stor skotare	Gullberg (1997)	0,83
Drivning:		
- Stor Drivare	Brunberg (1995) Gullberg (1997)	0,75 vid avv. 0,83 vid trp.

Senare prestationsmodeller är ofta mindre detaljerade och har sämre möjlighet till anpassning till små uttagsvolymerna då de baseras direkt på prestation (m^3/tid). Detaljerade modeller över tidsåtgång för enskilda moment ger ofta bättre förutsättningar för analyser av ovanliga förutsättningar som riktigt låga uttagsvolymerna där till exempel körtiden blir betydligt större.

Jämförelse med dagens prestationsnivå.

Jämförelser för stor skotare och stor drivare vid slutavverkningsförhållanden (Manner m.fl. 2016) visar relativt små skillnader i prestation när hänsyn tagits till att dagens största skotare har blivit större med större griparea och större lastarea. Då använd modell nyttjar griparea och lastarea är den uppdateringen enkel. Jämförelsen antyder en minskning i tidsåtgång med 0-15 procent för viss maskinstorlek, vilket bedöms rimligt. Det är främst förfinad kran-, aggregat- och reglerteknik som bedöms ha sänkt tidsåtgången.

Även jämförelser av tidsåtgång för stor skördare visar på en mindre prestationsökning i storleksordningen cirka 10 procent.

Med tanke på de relativt små ökningarna av prestationen som skett och att arbete med tillvaratagande ofta medför lite krångligare arbete så har valts att utnyttja tidformlerna i Gullberg (2003B) utan korrigering.

Timkostnad för olika drivningssystem

Maskin och personalkostnadskalkyler från Gullberg (2003B) har reviderats i syfte att stämma mot dagens förutsättningar för avverkningsarbete i privatskogsbruket (se bilaga 1). Nedan sammanfattas kostnad per G_{15} -timme vid köp av olika skogsbrukstjänster.

- Stor gripskördare, 1316 kr/ G_{15} timme.
- Stor skotare, 957 kr/ G_{15} timme.
- Stor drivare, 1512 kr/ G_{15} timme.
- Motormanuell huggare med motorsåg, 342 kr per utnyttjad timme.

- Mellanstor traktor med griplastarvagn och vinsch, 674 kr/G₁₅ timme.
- Mellanstor traktor med vinschprocessor, 716 kr/G₁₅ timme.

För självverksamma alternativ har räknats med ett lönekrav motsvarande halv kostnad för skogsarbetare.

Oskadliggörande via barkning

Barkning kan göras som helbarkning, randbarkning eller spårfräsning. Barkning kan utföras med vanlig motorsåg, motorsåg försedd med fräskutter eller barkspade. Vilken metod och teknik som är mest lämplig varierar med förutsättningarna, främst om barken sitter hårt eller löst som vid savning, och kraven på barkning.

- Barkning med barkspade är effektivt och lämpligt om träden savar och barken sitter löst. Även bra när noggrann helbarkning krävs då stammens former naturligt följs.
- Barkning med vanlig motorsåg kan utföras som spårfräsning (sågsårsbredden, cirka 7 mm) med svärdet riktat mot stocken eller med hel eller randbarkning med svärdet platt mot stocken. Fungerar oberoende av hur hårt barken sitter
- Det finns även en frästillsats (kutter vid svärdsspetsen) där svärdet riktas mot stocken och en bredare yta bearbetas.

Björklund (2009) jämförde helbarkning, randbarkning och torkbarkning/spårfräsning och fann att endast helbarkning hade god effekt att hindra granbarkborrens förökning. Samtidigt anger man att vädret varit regnigt, träden legat skuggigt och att träden haft rotkontakt.

Det finns få någorlunda moderna uppgifter på tidsåtgång för barkning. Med stöd av Svensson (2014) uppskattades följande tidstillägg i förhållande till övrigt upparbetningsarbete med motorsågen, fällning, kvistning och kapning:

- 75 procent för spårfräsning med motorsåg, randbarkning med fräskutter eller randbarkning med barkspade vid savning.
- 125 procent för helbarkning med barkspade vid savning, motorsåg med fräskutter eller vanlig motorsåg.

Vid dessa analyser har räknats med 125 procent tidstillägg (helbarkning).

Start och flyttkostnad

Vid små objekt får start- och flyttkostnad mycket stor betydelse. Skördar- och skotarsystem flyttar idag i regel med trailertransport. Det ger en smidig och snabb transport väl på trailern, men till en relativt hög kostnad. Vid kortare flyttsträckor efter skogsbilväg finns möjlighet att sänka flyttkostnaden genom att rulla för egen maskin. I samband med spridda vindfällningar längs en skogsbilväg finns därför i praktiken ofta möjlighet att flera skogsägare kan dela på en trailerflytt och sedan ta en mindre egen kostnad för flytt längs skogsbilvägen.

Följande start- och flyttkostnader har utnyttjats för flytt om 15 km:

- Stor gripskördare, 2945 kr
- Stor skotare, 2142 kr
- Stor drivare, 3383 kr
- Motormanuell huggare med motorsåg, 302 kr
- Mellanstor traktor med griplastarvagn och vinsch, 909 kr

- Mellanstor traktor med vinschprocessor, 967 kr

För alternativet självverksam skogsägare har antagits att skogsägaren bor på fastigheten och att det inte finns någon särskild start- och flyttkostnad.

Objektsförutsättningar

Som grundalternativ antogs:

- Enkelt terrängtransportavstånd på 200 m
- Medelstamvolym på 0,3 m³fub (DBH 22,8 cm)
- Enbart gran
- Stickvägsavstånd 25 m
- Ytstrukturklass + lutningsklass=3
- 1000 stammar per ha
- Andra gallring (användbara bas- och stickvägar)
- 3 sortiment
- Objektstorlek 1 ha
- Virkeslängd 4,5 m i genomsnitt
- Fastvolymandel 65 procent
- 5 procent svåra högar
- Gagnvirkeslängd 21,3 m
- Kvistig andel 0,7
- Kvistklass 2
- Högvolum enligt modell dock minst halva medelstamvolymen

Bekämpningseffekt på granbarkborre av tillvaratagande i tid

För att kunna räkna på värdet är huvudfrågan hur många ytterligare träd som i genomsnitt kommer slippa angripas och dödas för varje vindfällt eller angripet träd som tillvaratas i tid. För att göra lönsamhetskalkyler och förklara olika antaganden införs begreppet **R-tal, spridningstal**:

För kalkylering över värdet av tillvaratagande är det egentligen hur många ytterligare träd av samma storlek som kommer skadas/dödas för varje tillvarataget träd om tillvaratagande/bekämpning inte sker, och per år. Kan i viss mån liknas vid förökning av granbarkborrar som optimalt kan ge cirka 10–20 ggr förökning per generation, och vid gynnsamma förhållanden två generationer per år.

Får angreppen fortgå under för borrarne gynnsamma förhållanden och utan framgångsrik bekämpning kan effekterna efter några år bli enorma.

I litteraturen finns främst exempel på granbarkborrens förökningstakt, som under optimala förhållanden kan vara samma som hur många ytterligare träd som kan dödas men nog ofta i praktiken blir lägre. Swaine (1924) nämner att 5 till 20 ytterligare träd kan dödas utifrån förökningen i ett vindfällt träd i Kanada. Personlig kontakt med skogsägare i sydöstra Sverige (Torstensson 2022) med gran på tallmark visar erfarenheter av att ett missat vindfälle, i skog med i övrigt väl vindfällstädd skog, efter två generationer borrar under en säsong dödat cirka 30 stående träd i anslutning till vindfället. 30 ytterligare träd dödade inom ett år kan vara maxvärden under extremt gynnsamma förhållanden, men

det kan inte uteslutas att även långväga granbarkborrar från andra vindfällan lockats till platsen.

Olika faktorer begränsar möjligheterna till maximal förökning som andra insekter, hackspettar, kyligt väder eller att utrymmet för borrar på lämplig stamyta blir för trångt eller för glest. I praktiken kommer det därför inte alltid bli maximal förökning per vindfällt träd, till exempel om det finns onödigt mycket lämplig stamyta i lämpliga träd i förhållande till mängden borrar. Finns det för mycket (som i början av stormen Gudrun räcker borrarerna inte till att nyttja alla träd och bekämpning ger i genomsnitt liten effekt).

R-talet bör vara stort vid relativt små volymer av vindfällade träd och en inte alltför liten grundstam av borrar. Ju större volymer vindfällan desto lägre R-tal, men ändå större totaleffekt än vid få träd. Ett ofullständigt tillvaratagande av vindfällan innan svärmning räddar virkesvärden men kanske ändå inte ger så stor effekt på granbarkborrebekämpningen. Det stöds av Kärveno m.fl. (2014) vars regressionsmodell anger så mycket som 70 dödade träd efter 5 år redan vid 1 angriper vindfälla och 5 ytterligare för varje ytterligare vindfälla.

Kärveno m.fl. (2014) konstaterar att områden med de största volymerna vindfällade träd bör upparbetas först. Det är givetvis sant om man har möjlighet att välja att hantera endast ett visst antal områden. Om man hinner upparbeta/bekämpa många fler mindre vindfällningsområden i stället för få stora så finns det argument som talar för att även andra strategier bör övervägas. Sannolikt är det i praktiken en mer komplicerad fråga där det finns faktorer som drar åt olika håll. Tidsåtgång och kostnad med olika metoder och tillgång på olika maskinsystem är en viktig faktor vilken undersökts i denna rapport.

Mycket talar för att bekämpningseffekten, per tillvarataget träd, är störst i spridda vindfällan och att det är viktigt att hitta alla vindfällan om det finns stressade träd i närheten för att undvika ett utbrott som blir svårare att stoppa i senare skeden när det övergått till stående stressade träd som dels är svårare att hitta, dels har en mycket kortare tid för tillvaratagande om någon bekämpningseffekt skall nås.

Pedagogiskt kan nog liknelser dras med strategier vid skogsbrandbekämpning där alla bränder är små och relativt lätta att släcka i början. Är det torrt och blåsigt kan det snabbt få en spridning som är svår att stoppa och är det fuktigt kan det slockna av sig själv.

Vid för sent tillvaratagande, så att inga granbarkborrar hindras i förökningen, men andra insekter som kan bekämpa granbarkborren, som till exempel myrbagge, skadas kan effekten bli negativ. Weslien (2022) visar att bekämpningseffekten av ett tillvaratagande under följande vinter efter angrepp i praktiken har en begränsad effekt och skadar granbarkborrens fiender kraftigare än granbarkborren.

I teorin uppnås den allra bästa bekämpningseffekten om uttagna träd kommer att fungera som fångstvirke. Till exempel genom att vänta med att tillvarata vindfällade träd tills de blivit angripna och oskadliga träden innan nästa generation är klar. I praktiken medför dock den strategin stor risk att förökning ändå kommer ske vid minsta försening eller misstag i leveranskedjan.

Några teoretiska exempel, spridda skadade träd:

Stabila förhållanden med liten stam av granbarkborrar och få stressade granar. Vitala träd löper nästan ingen risk för angrepp, endast vindfällan och försvagade träd blir angripna. R-tal i vindfällan 1–2 och 0,5–1 i stående skadade träd, till exempel rötskadade. Om det inte kommer till nya vindfällan eller om alla vindfällan tas om hand kommer populationen borrar att minska och bli väldigt låg.

Mellanklass med måttlig stam av granbarkborrar. Vitala träd löper viss risk, men främst vindfällan och försvagade träd blir angripna. R-tal i vindfällan 2–5 och 1–2 i stående skadade träd, t.ex. rötskadade, och 0,25–0,5 i friska och vitala träd. Vid ett måttligt tillskott av nya vindfällan eller visst tillvaratagande kommer populationen borrar vara relativt stabil och i huvudsak angripa försvagade träd.

Riskabla förhållanden med stor stam av granbarkborrar och många stressade träd. Även friska, men ofta stressade träd löper betydande risk, och alla vindfällan och försvagade träd blir angripna. R-tal i vindfällan 5–10 och 2 i stående skadade träd, till exempel rötskadade och 1–2 i friska men torkstressade träd. Vid ett lågt tillvaratagande av nya vindfällan och en låg bekämpning via sök och plock på stående träd kommer det ske ökande massangrepp även på oskadade, men stressade träd. Även utan nytillkomna vindfällan kommer angreppen öka. Vid omfattande och framgångsrik bekämpning via sök och plock kan angreppen minskas, men i praktiken kommer med dagens teknik många angripna träd att inte tas om hand i tid samtidigt som avverkning skapar nya kanter och fler stressade träd varför skadorna riskerar fortsätta och bli omfattande.

Värdet av bekämpningseffekten

Beroende på ålder och koncentration av dödade träd så uppstår förluster på kort och längre sikt och även beroende på hur länge angrepp och förökning får fortgå:

- Tillväxt- och värdeförlust i skadade träd som beror av aktuell förökningspotential, hur länge spridningen fortgår samt hur framgångsrik eventuell bekämpning är.
- Förluster på grund av tidigarelagd slutavverkning för ett område eller hela beståndet och ofta i en tid med för skogsägaren ofördelaktigt förhandlingsläge och virkespris.

Vid omfattande skador kommer de dödade träden ofta att bli tillvaratagna, eller åtminstone hanterade, i samband med en gallring eller tidigarelagd slutavverkning men som bränsleved eller lämnas för naturvård med betydligt lägre värde, ofta till ett negativt rotnetto för de döda träden.

Den totala kostnaden vid granbarkborreangrepp kan variera mycket och är svår att uppskatta generellt, delvis för att effekterna av sänkta virkesvärden och förlorad produktion kan spridas över lång tid och kan vara svåra att uppskatta. Den kan också variera betydligt mellan skogsägare med olika förutsättningar. För en skogsägare som är beroende av att köpa tjänster kan förlusten bli omfattande.

För en självverksam skogsägare som kan nyttja de skadade träden till egen ved eller enklare husbehovsvirke och kan bromsa ett mer omfattande angrepp i tid kan en måttlig volym spridda skadade träd ofta hanteras med små förluster. Skillnaden blir att vedfångsten inte kan styras till önskad träd utan får bli det som bjuds och som regel till

en mer omfattande och krävande egen arbetsinsats med att hämta spridda och krångligare träd. Då rötskadade och andra stressade träd angrips i första hand kan även trädvalet (gallringsurvalet) bli ganska bra och de långsiktiga förlusterna begränsade.

Om man väntar med åtgärder kommer ytterligare träd att dödas vilket å ena sida ger en större volym att hantera och en rimligare avverkningskostnad per kubikmeter men ändå en högre total kostnad. Om angreppen övergår till stående och någorlunda vitala träd kommer dock spridningstakten att avtaga.

Ett träd dödat av granbarkborren faller snabbt till sortimentet bränsleved som ligger på storleksordningen 25 procent av virkesvärdet i ett friskt träd med timmerdimension. Angripna träd har dock i högre grad även andra skador som röta, vilket gör att förlusten kan vara mindre. Om man låter dödade träd där borrararna lämnat trädet stå som rekommenderas så slipper man drivningskostnaden och förlusten skulle kunna sättas till enbart rotnettot. Vid omfattande vindfällningsskador så behöver ändå ofta det mesta av virket tas om hand eller åtminstone hanteras för att underlätta framkomlighet och skogsvårdsåtgärder. Förluster av förtida avverkning och tillväxtförluster varierar mycket. Om granbarkborren resulterar i att ett ekonomiskt överhållet bestånd blir avverkat kan även finnas plusvärden.

I dessa kalkyler antas som huvudalternativ att bekämpningsvärdet av att ytterligare träd slipper dödas av granbarkborren i genomsnitt uppgår till hälften av bruttovirkesvärdet på de första skadade träden. Det är en grov och osäker siffra men kanske ändå rimlig för den som är beroende av att köpa dagens normalt tillgängliga tjänster och när avverkningstidpunkten inte är lämplig. Det antas även att fortsatta angrepp sker på träd av samma storlek.

Resultat

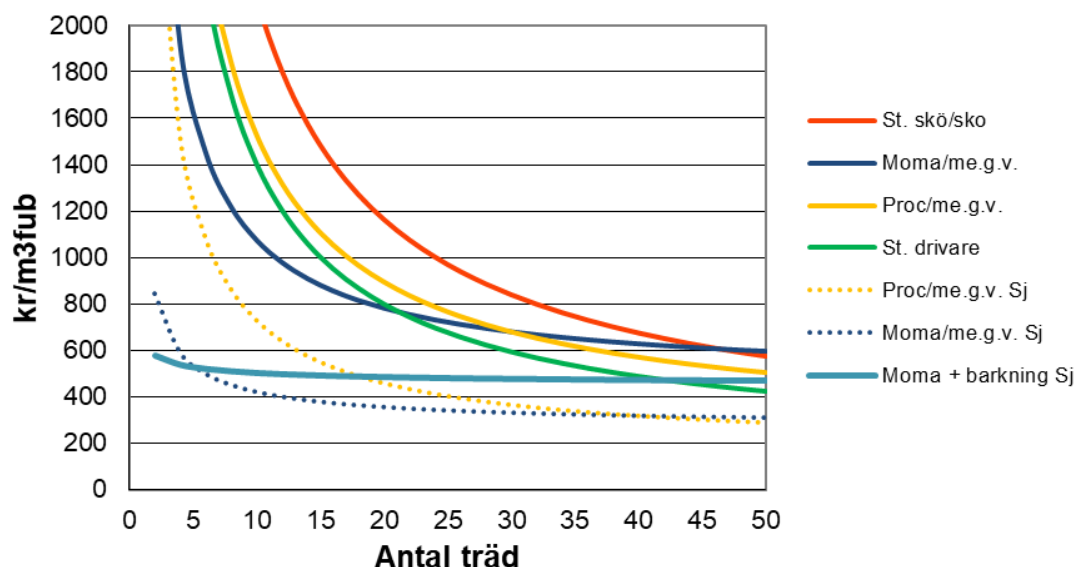
Drivningskostnad för olika system

Jämnt spridda träd

Skördare och skotarsystemet har klart högst kostnad vid små volymer (figur 5). Självverksamma utan egentlig flyttkostnad och ett lönekrav motsvarande halv lön ger de lägsta kostnaderna. Drivaren har fördelar gentemot tvåmaskinsystem på små objekt, med motormanuell upparbetning och traktor med griplastarvagn ger lägre kostnader upp till cirka 20 träd. Över cirka 50 träd blir de storskaliga systemen alltmer konkurrenskraftiga. Vid riktigt små volymer, när egen terrängtransportutrustning saknas eller när terräng eller annat gör det svårt kan barkning vara intressant.

Förklaring av förkortningar:

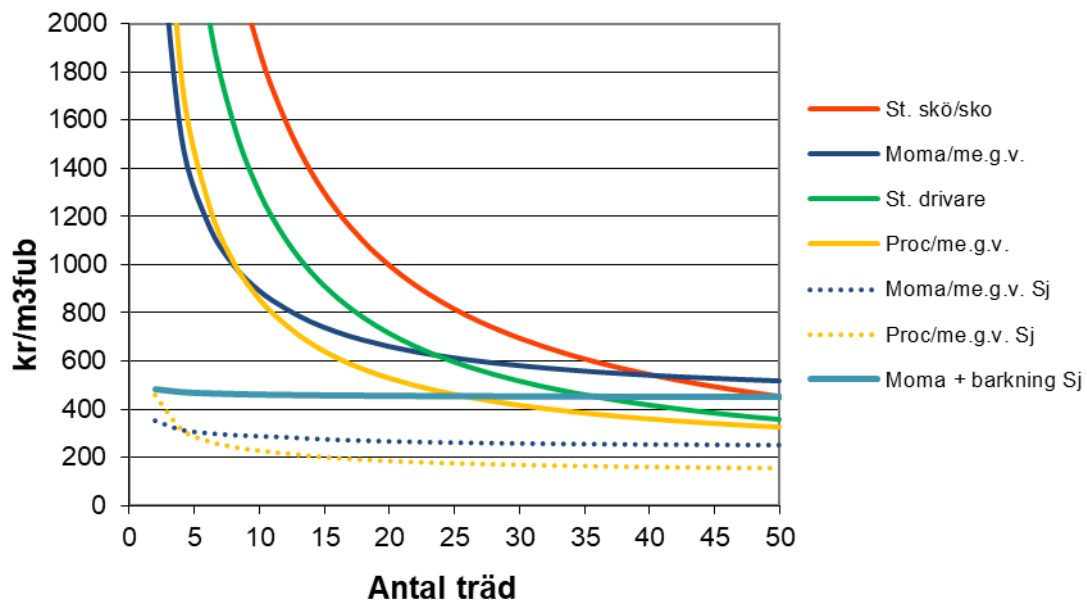
St. skö/sko	Stor skördare och stor skotare
St. drivare	Stor drivare
Moma	Motormanuell avverkning med motorsåg
Me g.v.	Mellanstor griplastarvagn på lantbrukstraktor
Proc	Vinschprocessor på lantbrukstraktor
Sj.	Självverksamhet



Figur 5. Drivningskostnad vid jämnt spridda träd över 1 ha. Medelstam 0,3 m³fub.

Koncentrerade skador

Vindfällningar drabbar ofta vindutsatta kanter och fläckar. Det bidrar till mindre körsträckor och mera rationellt arbete, i synnerhet för stora maskiner och vinschprocessor (figur 6).

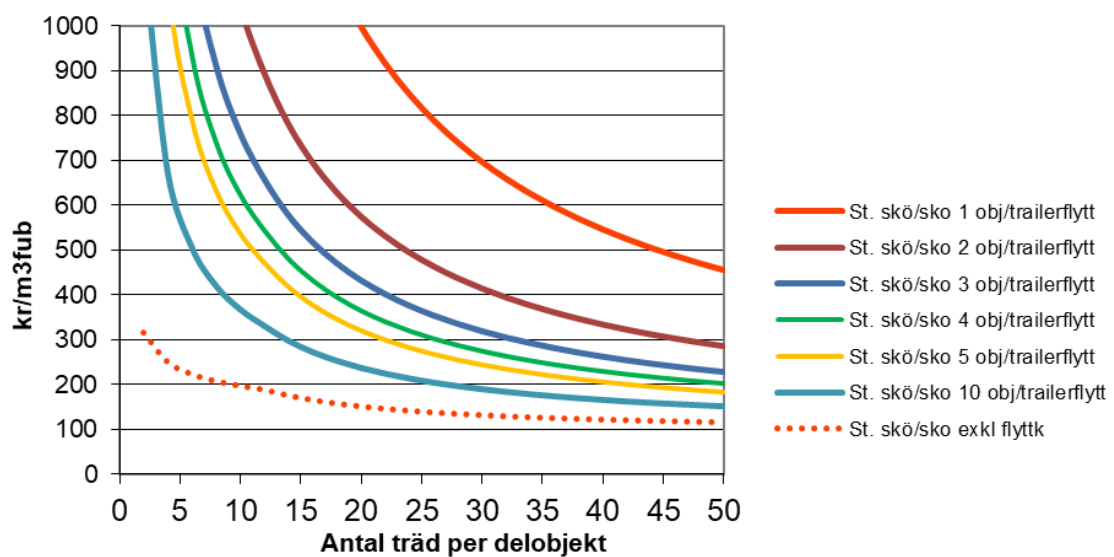


Figur 6. Drivningskostnad vid vindfällan på 10 procent av 1 ha. Medelstam 0,3 m³fub.

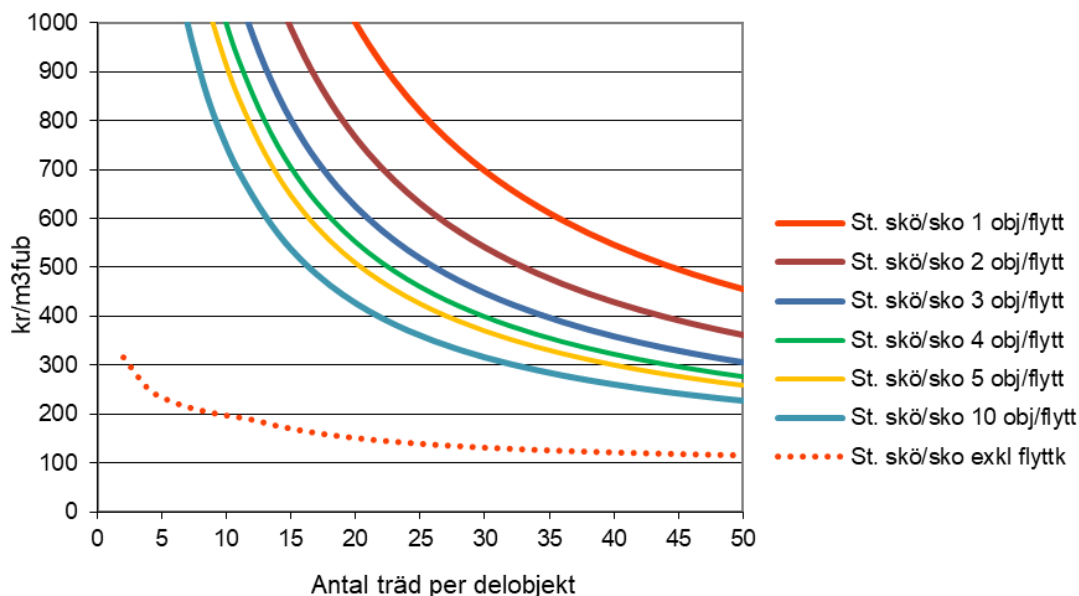
Start- och flyttkostnadens betydelse med skördare/skotare

Vid små volymer skadade träd gör höga start- och flyttkostnader för dagens vanligaste drivningssystem med skördare/skotare att drivningskostnaden blir mycket hög vid små uttagsvolymer. Om det går samordna så att flera fastigheter eller skadeområden kan betjänas per trailerflytt kan kostnaden sänkas betydligt.

I figur 7 har antagits att kostnaden för trailerflytten delas mellan flera objekt som ligger nära. I figur 8 har antagits att objekten ligger på lite avstånd så att kostnaden för trailerflytten delas mellan flera och att dessutom 0,5 timme tillkommer per maskin för egen flytt- och starttid per objekt (eller fastighet).



Figur 7. Drivningskostnad vid samordning av flera närliggande objekt. Vindfällan med medelstam 0,3 m³fub på 10 % av 1 ha.



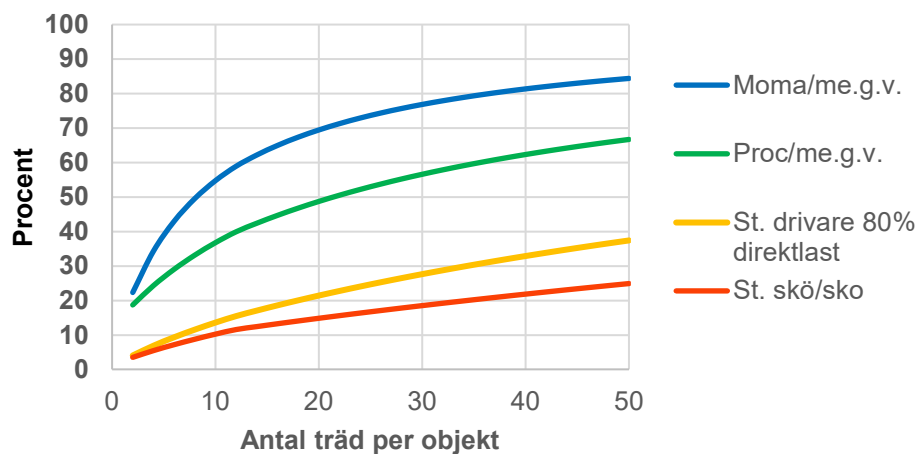
Figur 8. Drivningskostnad vid samordning av flera objekt. Delad flyttkostnad + 0,5 tim flytt per objekt. Vindfällan med medelstam 0,3 m³fub på 10 % av 1 ha.

Effekter på olika drivningssystemers leveranskapacitet av att jobba med små objekt

I figur 9 visas hur stor del av totaltiden i genomförda kalkylexempel som är effektivt drivningsarbete och inte start- och flyttarbete. Det ger ett ungefärligt mått på hur stor andel av olika systemers maximala leveranskapacitet som nyttjas, men även skillnader i drivningsförutsättningar som medelstamvolym, och uttagsvolym och speciella svårigheter påverkar. Vindfällan och skadade träd kan vara krångligare och med låg uttagsvolym per ha, men ofta relativt hög medelstamvolym.

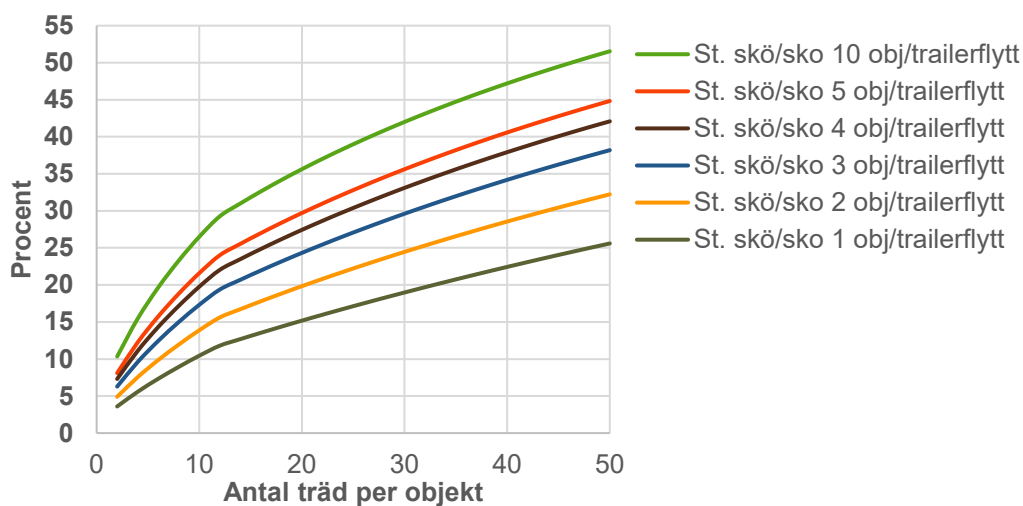
Vid små objekt kommer maskinflyttar och starttider att uppta en stor del av arbetstiden för högproducerande system. I kombination med att även prestationen vid arbetet ofta blir låg på grund av låga uttagsvolym per hektar kommer drivningskapaciteten per dagsverke att reduceras kraftigt. Enklare teknik som kan flyttas snabbare är mindre känslig.

Traktor med griplastarvagn som rullar bra både efter väg och i terräng och motormanuell upparbetning med motorsåg är ett svårslaget alternativ vid tillvaratagande av små volymer om inte terrängen är för svår.



Figur 9. Olika maskinsystems relativa prestation vid små objekt på grund av flytt-tid.

Om flera mindre objekt kan samordnas ökar prestationen något. I figur 10 visas exempel på det mest känsliga systemet med skördare/skotare.



Figur 10. Skördare/skotare systemets relativa prestation vid små objekt om flera objekt samordnas.

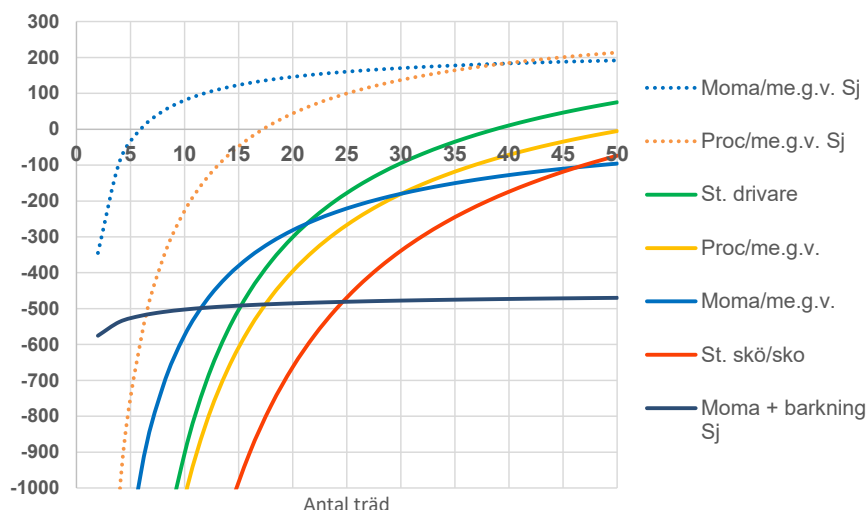
Om skördare och skotare i stor omfattning skulle användas till sådant arbete skulle industrins virkesförsörjning inte klaras. I praktiken finns då följande alternativ:

- Att låta vindfällena vara.
- Att nyttja avställbar teknik, i första hand småskalig teknik hos självverksamma men även äldre större maskiner som endast nyttjas vid behov.
- Att passa på och samtidigt gallra eller slutavverka området runt i kring skadan och även ta oskadade träd, det kanske vanligaste alternativet idag när skördare och skotare utnyttjas.

Drivningsnetto för olika system

Jämnt spridda träd

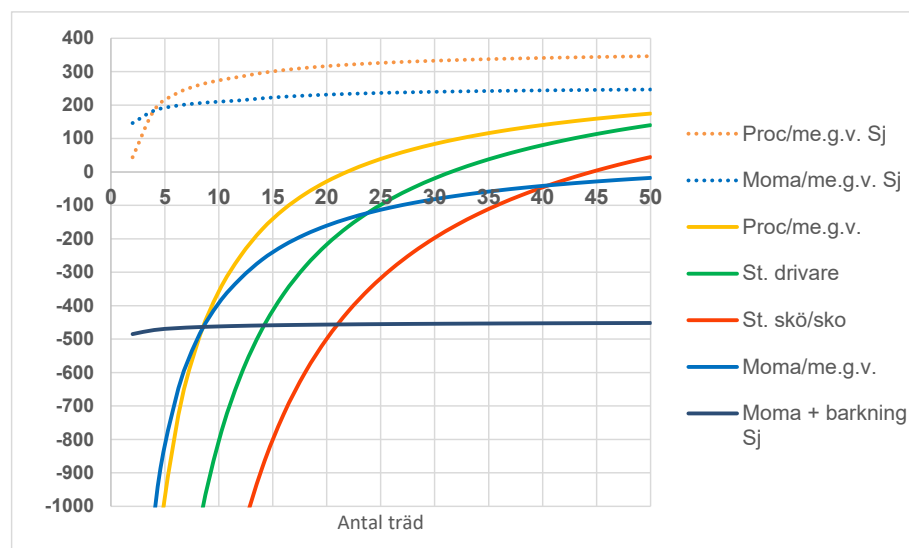
Enligt antagna förutsättningar blir det för en självverksam ett netto redan vid små volymer virke. Sen kan finnas avdrag vid små leveransvolymer. I praktiken blir det ofta husbehovsvirke av riktigt små volymer, vilket också kan ha ett värde för skogsägaren.



Figur 11. Drivningsnetto, kr/m³fub, av virkesvärde 500 kr/m³fub, medelstam 0,3 m³fub, jämnt spridda över 1 ha.

Koncentrerade skador

Vindfällningar drabbar ofta vindutsatta kanter och fläckar vilket sänker drivningskostnaden jämfört med jämnt spridda träd. Bättre lönsamhet jämfört med om träden är mera spridda för alla alternativ. För skördarsystemet ökar nettot från minus 73 kr/m³fub till plus 44 kr/m³fub vid 50 träd.



Figur 12. Drivningsnetto, kr/m³fub, av virkesvärde 500 kr/m³fub, medelstam 0,3 m³fub, spridda på 10 % av 1 ha.

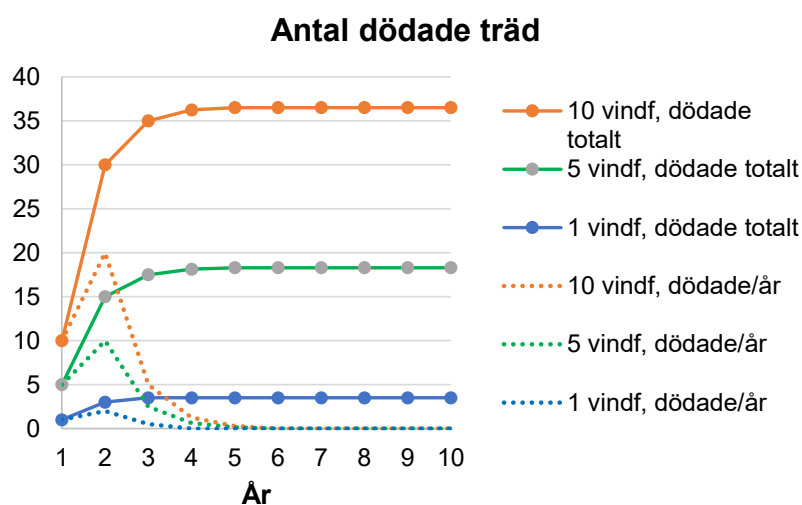
Simuleringar av barkborreskadornas förlopp vid vindfällan som lämnas utan åtgärd

Scenario 1 (stabila förutsättningar)

I scenario 1 antas det i anslutning av vindfällena endast finnas vitala träd.

Antagna R-värden: Vindfällda träd $R=2$, vitala träd $R=0,25$

Angreppen avtar redan efter år 2. Skadorna blir proportionella mot antalet vindfällan.



Figur 13. Antal dödade träd per år och totalt över tid efter 1, 5 och 10 lämnade vindfällan vid relativt stabila förhållanden.

Scenario 2 (mellanklass)

I scenario 2 antas det i anslutning av vindfällena finnas 5 skadade, 15 stressade och 30 lätt stressade träd men i övrigt endast vitala träd.

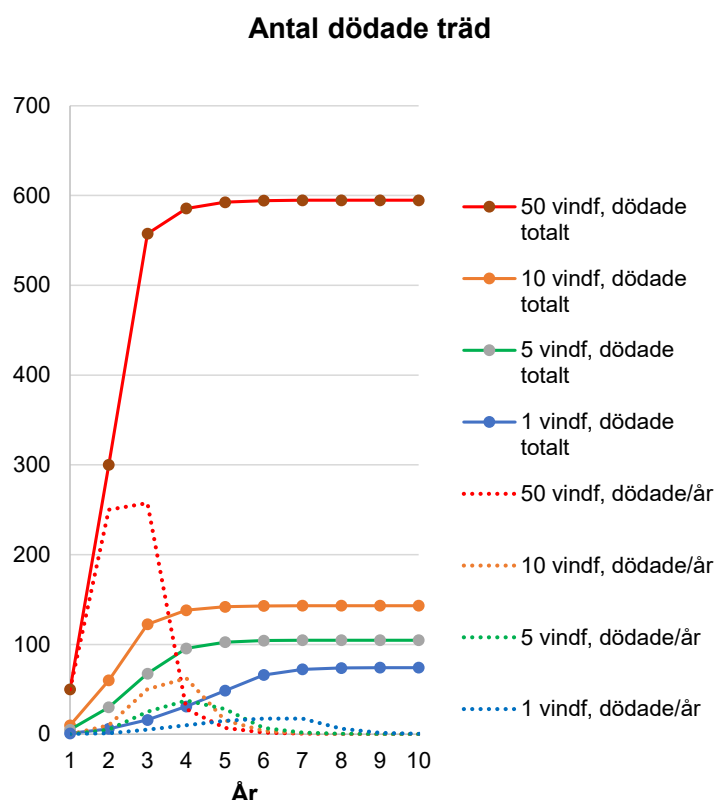
Antagna R-värden: Vindfällan $R=5$, Skadade $R=2$, Stressade $R=1,5$, Lätt stressade $R=1$, Vitala $R=0,25$

Angreppet ökar så länge det finns vindfällan, skadade och stressade träd. När det endast finns vitala träd avtar angreppen relativt snabbt. Med fler vindfällan blir förloppet snabbare och totala antalet dödade träd högre, men skillnaden är inte proportionell mot antalet vindfällan.

Resultaten ligger ungefär lika med regressionsmodell från Kärverno m.fl. 2014 vid 5–10 vindfällan. Lägre vid 1 vindfälla och högre vid 50 vindfällan.

Om det finns begränsat antal skadade och stressade träd kommer utbrottet att klinga

av snabbare vid fler vindfällerna då de för barkborrarna bästa träden tar slut snabbare. Beroende på hur många träd som är skadade och stressade kommer utvecklingen att endera nå en kulmen efter några år och klinga av eller att nå mycket stora tal av dödade träd och pågå under lång tid. Om det tillkommer nya vindfällerna kontinuerligt i kombination med många mer eller mindre stressade träd minskar chansen att det kommer klinga av.



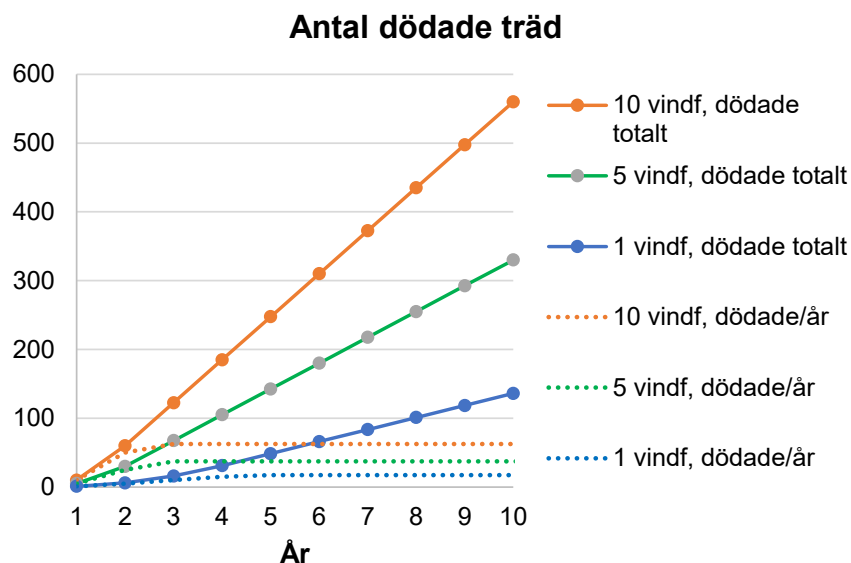
Figur 14. Antal dödade träd per år och totalt över tid efter 1, 5, 10 och 50 lämnade vindfällerna vid mellanklass.

Scenario 3 (riskabla förhållanden)

I scenario 3 antas det i anslutning av vindfällerna finnas 5 skadade, 15 stressade och obegränsat med lätt stressade träd.

Antagna R-värden: Vindfällerna $R=5$, Skadade $R=2$, Stressade $R=1,5$, Lätt stressade $R=1$.

Angreppet startar lika som i scenario 2, men här fortsätter angreppet. I detta fall i en konstant takt. Ju fler vindfällerna desto högre takt, men inte proportionellt mot antalet vindfällerna. Med lite mer stressade träd eller för granbarkborren extra gynnsamma förhållanden (R -värde över 1) hade utvecklingen varit ännu värre och ständigt ökande om inga bekämpningsåtgärder sätts in.



Figur 15. Antal dödade träd per år och totalt över tid efter 1, 5 och 10 lämnade vindfällan vid riskabla förhållanden.

Räkneexempel

1 vindfällt träd som lämnas utan åtgärd (Mellanklass) I anslutning till vindfället finns 5 skadade, 10 stressade och 15 lätt stressade träd, men i övrigt endast vitala träd.

- | | | |
|--|------------------------|----------------------------|
| • År 1 förökningsfaktor 5 i vindfälle | $1 \cdot 5 = 5$ | totalt 1 |
| • År 2 förökningsfaktor 2 i skadade stående träd | $5 \cdot 2 = 10$ | totalt $1 + 10 = 11$ |
| • År 3 förökningsfaktor 1,5 i stressade träd | $10 \cdot 1,5 = 15$ | totalt $11 + 15 = 26$ |
| • År 4 förökningsfaktor 1 i lätt stressade träd | $15 \cdot 1 = 15$ | totalt $26 + 15 = 41$ |
| • År 5 förökningsfaktor 0,25 i vitala träd | $15 \cdot 0,25 = 3,75$ | totalt $41 + 3,75 = 44,7$ |
| • År 6 förökningsfaktor 0,25 i vitala träd | $7,5 \cdot 0,25 = 1,9$ | totalt $44,7 + 1,9 = 46,6$ |
| • År 7 förökningsfaktor 0,25 i vitala träd | $1,9 \cdot 0,25 = 0,5$ | totalt $46,6 + 0,5 = 47,1$ |
| • År 8 inget ytterligare dödat träd | | |

Dito för 5 vindfällan

- | | | |
|--|--|------------------------------|
| • År 1 förökningsfaktor 5 i vindfällan | $5 \cdot 5 = 25$ | totalt 5 |
| • År 2 förökningsfaktor 2-1 | $5 \cdot 2 + 10 \cdot 1,5 + 10 \cdot 1 = 35$ | totalt $5 + 35 = 40$ |
| • År 3 förökningsfaktor 1-0,25 | $5 \cdot 1 + 30 \cdot 0,25 = 12,5$ | totalt $40 + 12,5 = 52,5$ |
| • År 4 förökningsfaktor 0,25 i vitala träd | $12,5 \cdot 0,25 = 3$ | totalt $52,5 + 3 = 55,5$ |
| • År 5 förökningsfaktor 0,25 i vitala träd | $3 \cdot 0,25 = 0,75$ | totalt $55,5 + 0,75 = 56,25$ |
| • År 6 inget ytterligare dödat träd | | |

Bekämpningsvärdet av att tillvarata vindfällan

Dessa simuleringsexempel tillsammans med senare utförda studier i Sverige, som Kärverno m.fl. (2014) och många skogsägares dystra erfarenheter visar att följderna av att låta vindfällda granar ligga snabbt kan bli stora.

Man kan påstå att låta bli att tillvarata vindfällda granar vid risk för granbarkborreutbrott kan bli ett mycket dyrt sätt att skapa mer död ved i våra skogar. Det blir också i praktiken lätt en död skog eller ett kalhygge i stället för en skog med en för mångfalden lämplig mängd död ved. Då spridningsrisken efter angrepp på stående och någorlunda vitala träd är betydligt mindre är sådana träd mera lämpliga till att lämna för att skapa mer död ved.

Vid riskabla förutsättningar, som läget under några år varit i delar av Sverige, där hundratal granar kommer räddas vid tillvaratagande av några vindfällan så blir ett tillvaratagande lönsamt även om det direkta drivningsnettot är mycket kraftigt negativt. Hur stora effekterna hinner bli beror delvis på hur länge man väntar på att göra en avverkning, men redan efter ett år kan en femfaldig ökning ske i förhållande till antal vindfällan. Dessa är dessutom i praktiken mycket svår att effektivt stoppa utan att göra en slutavverkning då alla angripna träd behöver hittas. Vid ett lägre barkborretryck kan 2 räddade träd inom ett år vara rimligt.

Vid stabila förhållanden med låg risk för stora utbrott så kan det däremot finnas fall där det med dagens skördar/skotarsystem och prisnivå på virke inte är lönsamt göra tillvaratagande. Med en teknik som är bättre vid små volymer ökar möjligheten till lönsamt tillvaratagande. För den aktive och intresserade självverksamma skogsägaren så är det nog nästan alltid lönsamt att tillvarata mindre volymer vindfällan så länge det inte medför risker för större haverier, omfattande körskador eller olyckor.

Lönsamheten att göra själv för en kunnig skogsägare blir ofta mycket god då:

- Köpta tjänster med konventionell storskalig teknik är oerhört dyra.
- Hela virkesvärdet kan omvandlas till ersättning för arbetet.
- Det i stora delar av landet nu finns ett stort bekämpningsvärde av att tillvarata vindfällda granar i tid.

Bekämpningsvärdet av att tillvarata angripna stående träd

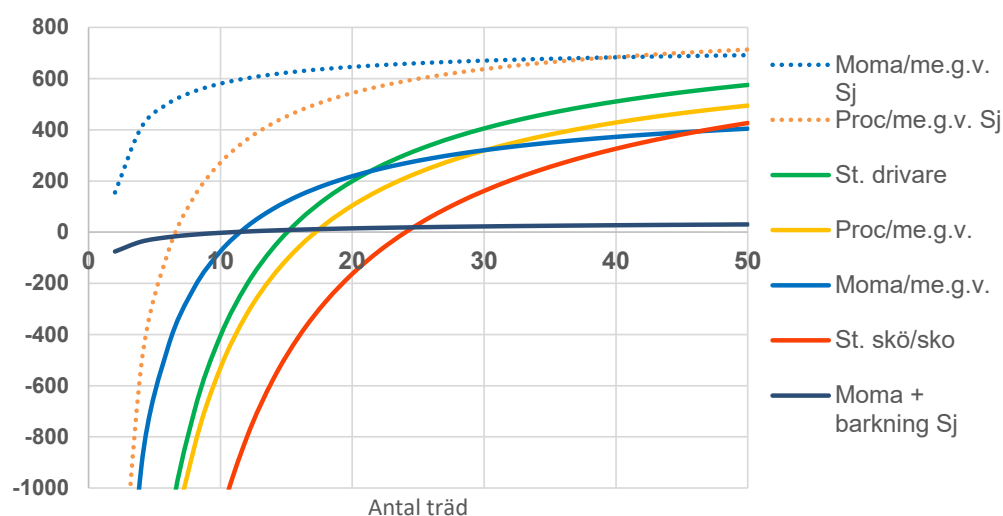
Lägre förökningstakt i stående träd i kombination med svårare upptäckt och kort tidsutrymme för tillvaratagande gör att bekämpningsvärdet per tillvarataget träd bör vara betydligt lägre och de praktiska möjligheterna med nuvarande teknik betydligt sämre.

Nedan redovisas några kalkylexempel över lönsamheten att tillvarata vindfällda träd vid antagande om 2 respektive 5 ytterligare räddade träd per tillvarataget träd där värdet antagits till halva bruttovirkesvärdet.

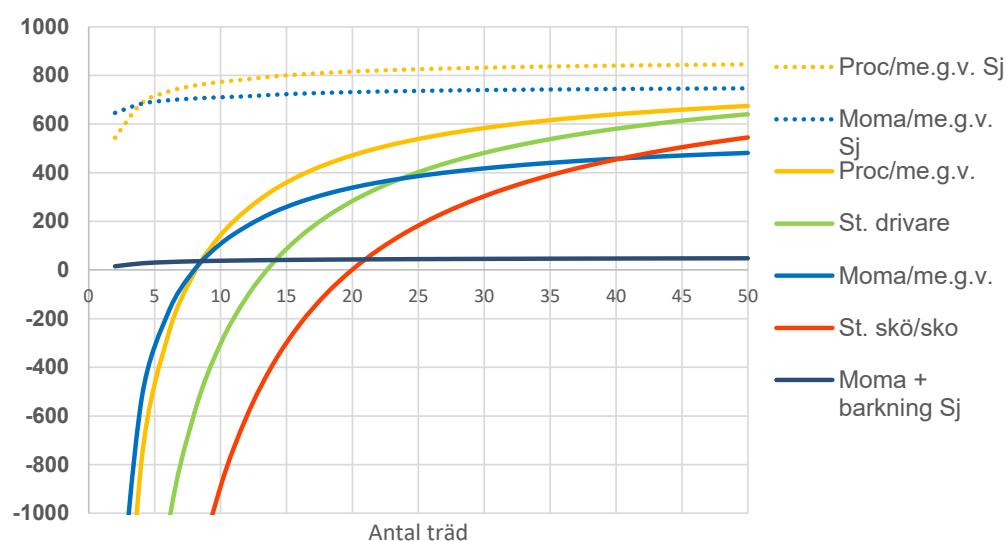
Drivningsnetto inklusive bekämpningsvärde

Vid två räddade träd per tillvarataget

Kalkylen kan vara relevant vid vindfällan vid normala förhållanden eller angripna stående träd vid riskabla förhållanden. Skördarsystemet visar lönsamhet vid 20 till 25 träd beroende på om träden är koncentrerade eller spridda. Barkning ligger på gränsen till lönsamhet. Självverksamt tillvaratagande är mycket lönsamt redan vid små volymer. Småskalig teknik är fördelaktig mot köpta drivningstjänster med skördarsystem upp till cirka 50 träd. Drivaren har fördelar mot skördarsystemet, mer ju mindre volym, men är dyrare än motormanuell upparbetning och griplastarvagn vid mindre än cirka 20 träd. skördarsystemet.



Figur 16 Netto. kr/m³fub, av virkesvärde 500 kr/m³fub samt bekämpningseffekt av två räddade träd per tillvarataget (halverat värde) jämnt spridda träd på 1 ha.

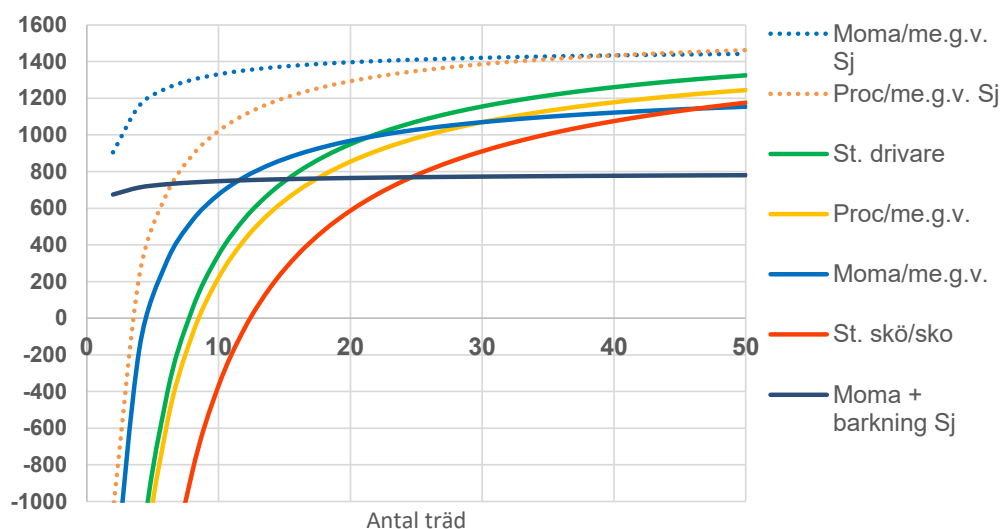


Figur 17. Netto, kr/m³fub, av virkesvärde 500 kr/m³fub samt bekämpningseffekt av två räddade träd per tillvarataget (halverat värde) träd på 10 % av 1 ha.

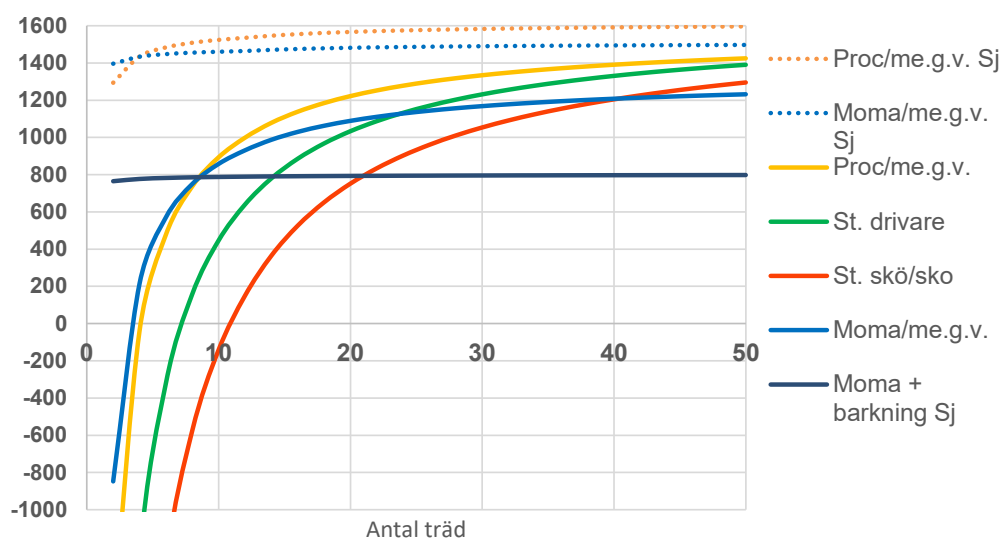
Vid fem räddade träd per tillvarataget

Kalkylen kan vara relevant vid vindfällen vid normala till riskabla förhållanden.

Skördarsystemet visar lönsamhet redan vid 12 till 20 träd beroende på om träden är koncentrerade eller spridda. Barkning är klart lönsamt gentemot ingen åtgärd, men ändå sämre än tillvaratagande förutom vid riktigt små volymer. Självverksamt tillvaratagande är extremt lönsamt redan vid små volymer. Vid köp av drivningstjänst är småskalig teknik även här fördelaktig mot skördarsystem upp till cirka 50 träd. Drivaren har också här fördelar mot skördarsystemet, mer ju mindre volym, men är dyrare än motormanuell upparbetning och griplastarvagn vid mindre än cirka 20 träd.



Figur 18. Netto, kr/m³fub, av virkesvärde 500 kr/m³fub samt bekämpningseffekt av fem räddade träd per tillvarataget (halverat värde) jämnt spridda träd på 1 ha.

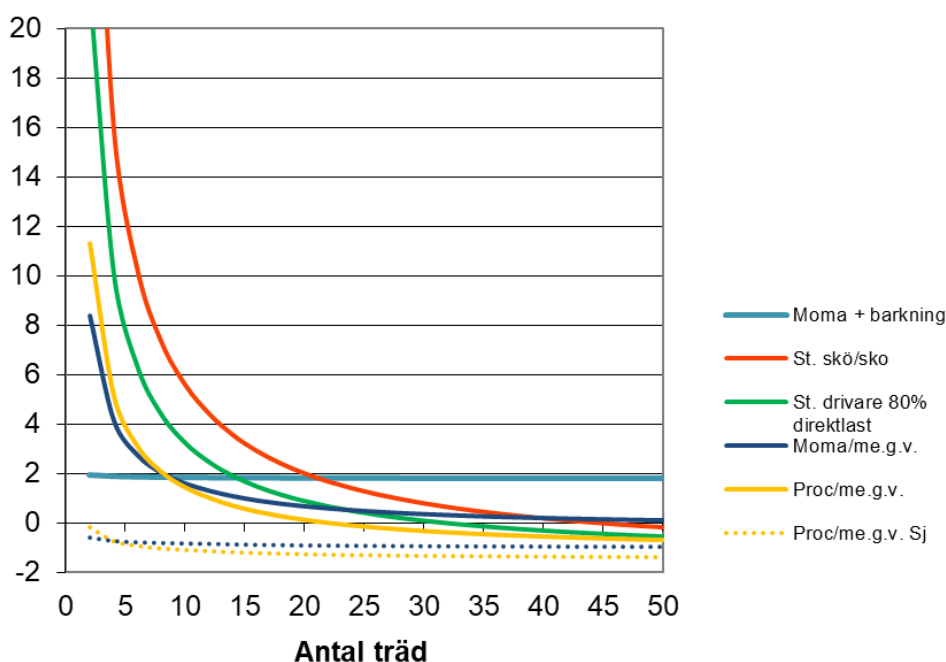


Figur 19. Netto, kr/m³fub, av virkesvärde 500 kr/m³fub samt bekämpningseffekt av två räddade träd per tillvarataget (halverat värde) träd på 10 % av 1 ha.

Hur många ytterligare träd behöver räddas för att tillvaratagande av skadade träd skall bli lönsamt?

För att helbarkning ska bli lönsamt krävs att minst två träd räddas per barkat träd. Skördarsystemet kräver för lönsamhet att drygt 40 träd räddas om endast ett träd tillvaratas. Självverksamma drivningsalternativ visar lönsamhet redan utan bekämpningseffekt. Vid exempelvis 10 träd krävs minst följande antal ytterligare räddade träd per tillvarataget träd för lönsamhet vid lejning av olika system:

• Skördare/skotare	5,6
• Drivare	3,2
• Motormanuell + traktor med griplastarvagn	1,6
• Vinschprocessor + traktor med griplastarvagn	1,4



Figur 20. Minsta antal räddade träd per tillvarataget träd för lönsamhet, medelstam 0,3 m³.

Indirekta kostnader av drivningsarbete

Att tillvarata spridda skadade träd medför ofta extra stora risker för skador på mark, rötter och stammar samt att friska träd kan behöva avverkas för att nå de skadade som ibland ligger besvärligt till. Om arbetet behöver utföras under en kort period med dålig bärighet ökar riskerna ytterligare.

Tyvärr är det närmast ogörligt att beräkna ett generellt värde av sådana skador. Att effekten av tillväxtminskning, kvalitetsförsämring vid till exempel röta och andra risker som ökad risk för vindfällning ofta kommer långt i framtiden gör beräkningen än mer komplicerad och osäker.

Vid skogliga ekonomiska kalkyler nyttjas normalt nuvärdesberäkning, vilket i praktiken medför att även stora förluster som ligger långt i framtiden får ett nästan försumbart nuvärde. Det sättet att räkna rimmar illa med strävan mot ett hållbart skogsbruk då nästa generation ändå får skadornas verkliga värde.

Helt klart kan indirekta drivningskostnader bli betydande i förhållande till virkesvärde i tillvaratagna spridda träd i små volymer. Träd som får röta av körskador på rötter och rothalsar motverkar nyttan med granbarkborrebekämpningen.

I lägen där det är få träd och stor risk för skador kan därför barkning, eller alternativa bekämpningsmetoder utan risk för skador, i realiteten vara ett bättre alternativ än de tidigare redovisade exemplen visar (utan hänsyn till indirekta drivningskostnader).

Stora maskiner kräver utrymme, men bra samspårning på midjestyrd maskiner gör att till exempel traktor med griplastarvagn i praktiken kan kräva minst lika mycket utrymme vid tvärsvingar och vändningar.

Självverksamma system och andra system som inte används på heltid har fördelen av att enklare kunna nyttja tjänliga tidpunkter med till exempel tjäle eller torka och god bärighet och kan därför ofta i praktiken ge mindre skador även fast tekniken i sig, som till exempel en äldre stor skotare kan vara tekniskt sämre än en modern skotare vad gäller till exempel marktryck.

Extra små eller skonsamma maskiner som minilunnare, småskotare, fyrhjulingar med mera har betydande fördelar rörande risk för skador på mark och rötter vid känsliga förhållanden och mindre eller inget behov att hugga friska träd för stickvägar. Den direkta drivningskostnaden är dock högre och prestationen lägre än för traktor med griplastarvagn så länge traktorns framkomlighet fungerar. Traktorn är även enklare och snabbare att flytta efter väg än många andra maskiner.

Maskiner med vinsch har många gånger liknande fördelar som riktigt små maskiner i att kunna nå svårtillgängliga träd utan att hugga många friska träd eller riskera fastkörning.

Diskussion

Svåra men nödvändiga kalkyler

De kalkyler som genomförts i detta arbete har betydande osäkerheter. Verkligheten är av naturliga skäl svår att generalisera i förenklade modeller. Det kan handla om att sätta rimliga prestationsvärden på olika drivningssystem, timkostnader för olika maskiner eller vilken kostnad som en skogsägare begär för sin arbetstid. Spridning och effekter av granbarkborreangrepp är ytterligare en mycket svår faktor att fånga.

Sannolikt presterar de flesta självverksamma lägre än den proffsnivå som kalkylerna bygger på. Det gör i huvudsak att jobbet tar längre tid, men så länge skogsägaren inte behöver avstå mer lönsamt arbete kanske det inte spelar så stor roll. Många undersökningar har visat att de flesta skogsägare accepterar en låg ersättning för egen arbetstid vid arbete i egen skog. Variationen är dock stor. Vid stor omfattning där skogsägaren tvingas ta ledigt från avlönat jobb bör krävas högre ersättning för arbetstid än de 50 procent av skogsarbetarlön som nyttjats i dessa kalkyler.

I detta arbete har använts prestationsnivåer som var aktuella för vanligt skogsarbete för 20 år sedan. Maskiner har utvecklats och produktiviteten ökat, men inte så mycket. Samtidigt innebär tillvaratagande av skadade träd ibland särskilda svårigheter och extra tidsåtgång. Dessa felkällor tar i bästa fall ut varandra, men ökar ändå osäkerheten.

Det kanske allra viktigaste och även svåraste har nog varit att hitta direkt användbart stöd för den ekonomiska nyttan av att försöka förebygga och bekämpa skador av granbarkborren. I brist på enkelt användbart material har konstruerats enkla modeller och antagits kalkylerbara värden. De har säkert brister, men att inte ens försöka uppskatta möjliga effekter känns som ett sämre alternativ.

Teorier och modeller kan många gånger vara praktiska och pedagogiska. Även en grov och ofullständig teori kan göra det lättare att bygga på efter hand och förfina kunskapen och kanske nog så viktigt, ge ökad förståelse och god pedagogik. I kombination med historiska data från verkligheten kan rimligheter i olika teorier och antaganden bedömas.

Ska problematiken kring granbarkborrar lösas på ett ur olika synvinklar rimligt sätt måste många olika kompetenser och områden samverka. Entomologer är våra främsta experter på insekternas biologi men kan sannolikt inte ensamma lösa granbarkborreproblematiken. Bekämpning via tillvaratagande av skadade träd i rätt tid är en viktig del, men långt ifrån den enda.

Många möjliga orsaker till dagens problem

Sannolikt beror den olyckliga och fortsatt oroande utvecklingen kring skador av granbarkborren på flera faktorer. Klimatförändring och väder med kraftig torka är en viktig faktor som ofta nämns i debatt och artiklar, men det finns troligen en samverkan med många andra viktiga faktorer, som:

- Många stormar med vindfällning.
- Allmän önskan om mer död ved för biologisk mångfald och nedtoning av riskerna
- Krav från certifieringar (FSC/PEFC) på mer död ved (lämna minst 3 m³sk/ha vid stormskador).
- Allt sämre drivningstekniska möjligheter att hantera små volymer (minskad självverksamhet och allt effektivare storskaliga maskiner).

- Realt sänkta virkespriser.
- Höjda gränser för krav på tillvaratagande i SVL (från 3 till 5 m³sk/ha).
- Planterad gran på typisk tallmark och andra marker där gran inte varit det naturliga trädslaget (älgproblematik och industriefterfrågan).
- Relativt hårda och hårdföra gallringar (bidrar till stressade och lättfällda träd).
- Tidigare skogsskötsel med granplantering och röjning mot monokulturer.

Att skadorna på kort sikt snarast underlättar råvaruanskaffning till skogsindustrin är en annan faktor av betydelse. Kanske även att plantor förädlade främst utifrån hög tillväxt skulle kunna medföra ökade risker för att träden stressas vid torka eller fälls av vinden? Hög tillväxt kräver mer vatten, ger träd med ett stort "segel" av grenar med barr och risk för sämre rotsystem hos plantor jämfört med naturligt sådda träd.

Är bedömning av risk med att lämna mindre volymer vindfällerna i tidigare studier relevant?

Risken för angrepp av granbarkborren varierar mycket utifrån inte minst vilken startpopulation av granbarkborrar som finns. Vid tidigare studier (Lindelöw & Schroeder 2003, Hedgren m.fl. 2002, Hedgren m.fl. 2003 och Hedgren 2003) var sannolikt populationen av granbarkborrar mycket lägre än idag. Detta i kombination med att antalet stressade träd ökat och för borrarerna mera gynnsamt väder kan göra stor skillnad varför tidigare slutsatser kring relativt små risker inte längre stämmer.

I Hedgren m.fl. (2003) och Hedgren (2003) anges att man undersökte risken med att lämna mindre volymer vindfällerna genom att såga ner träd (alltså helt bruten kontakt med rotsystemet). Träden fälldes ut på kalhygge från beståndskant. Citat från Hedgren (2003): *"Risken med att lämna vindfällerna undersöktes experimentellt genom att såga ner och lämna kvar grova granar i hyggeskanter (våren 1998). Hyggerna var belägna i Dalarna och Värmland, och avverkningen hade skett under föregående vintern"*.

Förökningen i de simulerade "vindfällerna" var låg och till förvåning även lägre än i stående angripna träd.

En möjlig förklaring skulle kunna vara att avkapade fällda träd på kalhygge är betydligt sämre för granbarkborren än riktiga vindfällerna i skog med rotkontakt. Förutom risk för att ha bidragit till en förminskning av verkliga risker så skulle det kunna vara en möjlig bekämpningsåtgärd, alltså att rotkapa vindfällerna som inte kan tas om hand (eller när man önskar mer död ved utan att orsaka orimliga risker för granbarkborreförökning).

Samma grundmaterial, alltså baserat på fällda träd för att simulera vindfällda träd, verkar ha nyttjats även i andra ungefär samtida rapporter. Det tycks som man jämför förökning i stora mängder vindfällda träd med förökning i små mängder fällda (rotkapade) träd och utifrån det drar slutsatsen att bekämpning ska riktas mot stora mängder vindfällerna och att små mängder medför låg risk.

Rotkapning, ett alternativ till barkning?

Att enbart kapa vid roten skulle, om resonemanget ovan stämmer, kunna vara ett snabbt och mycket billigare alternativ till barkning. Syrfällning är en välkänd teknik för att relativt snabbt (4–5 veckor på försommaren) torka ut ett träd genom att barr och löv fortsätter leva och suga fukten ur stammen (Liss 1979). Syrfällning fungerar bäst på lövträd men även på gran, sämre på tall. Det går dock inte komma ner i riktigt låg fuktighet (som lägst cirka 30 % fukthalt) då löv och barr dör innan riktigt låg fuktighet

nås. Men kanske det ändå är tillräckligt? I så fall är det viktigt att inte kapa grenar eller stam mer än vid rotskåret och att ändytan inte kan suga fukt. Metoden skulle kunna vara ett intressant alternativ till randbarkning eller helbarkning även om effekten inte är 100 procentig som vid helbarkning.

Dagens vanliga storskaliga drivningsteknik passar dåligt för små volymer och spridda träd

Höga start och flyttkostnader gör att drivningskostnaden med konventionella skörare/skotare ofta blir väldigt hög och avskräckande. Småskalig teknik och självverksamma boende på fastigheten har helt andra förutsättningar att ta hand om små spridda volymer skadade träd och kan därför göra stor nytta och effektivt komplettera den storskaliga tekniken.

Drivarsystem eller kombinationsmaskiner är ett intressant storskaligt alternativ som har betydande fördelar vid små volymer, särskilt om de kunde få bättre möjligheter att rulla själv efter väg. Drivare kräver dock utrymme för att direktlastning ska fungera bra. Trailerflytt är relativt kostsamt och ger i praktiken ofta väntetider även om själva flytten går snabbt. Då det inte alltid finns arbeten med spridda träd är det viktigt att alternativa storskaliga maskiner fungerar väl även vid mera normala avverkningar.

Vid hög risk för massförökning av granbarkborre, som det varit en tid i sydöstra Sverige visar ekonomiska kalkyler att det trots mycket stora negativa drivningsnetton ändå ofta är lönsamt att beställa tjänsten skördare/skotare, men i praktiken finns sällan det alternativet då industrin snabbt skulle riskera virkesbrist om många skördare nyttjades till spridda träd.

Det enda möjliga alternativet blir ofta att slutavverka drabbat bestånd inklusive många friska träd. Om det är ett äldre bestånd med begynnande rötangrepp är det nog ofta också det bästa, men långt ifrån alltid. Drabbade skogsägare tappar i praktiken möjlighet att välja avverkningstidpunkt. Omfattande avverkningar i känsliga lägen skapar ofta nya kanter och friställda träd som lätt blir stressade eller blir vindfällda i kommande stormar.

Att avverka eller gallra ett större område och till stor del även friska träd ger intäkter som till viss del blir att dölja de verkliga förlusterna av granbarkborrens skador. Det hjälper också till att hålla uppe virkesförsörjningen till industrin och avverkningsmaskinernas produktion.

Det kan nog även av skogsägaren upplevas, om än ibland falskt, som en större förlust att göra en liten avverkning av enbart skadade träd till en mycket hög kostnad (per kubikmeter) än att göra en större avverkning till ett netto som är positivt, men ändå betydligt lägre än om skogen fått stå oskadad och avverkningen göras vid en mera lämplig tidpunkt.

Hur kan självverksamma, småskalig teknik eller mera lämplig storskalig teknik utnyttjas mer?

Bergquist m.fl. (2016) konstaterar: *"Det så viktiga förebyggande arbetet mot granbarkborre minskar sannolikt med den minskande självverksamheten i skogsbruket. Förr kunde man efter en storm höra motorsågar i alla riktningar när man gick ut i skogen. Idag kan man på sin höjd urskilja det avlägsna mullret efter en skördare. Även om en stor andel av strövindfällan tas tillvara, finns sannolikt en trend mot att många gånger endast större ansamlingar av vindfällan tas tillvara."*

Aktiva självverksamma skogsägare kan sköta sin egen skog bra förutsatt god kunskap och rådgivning samt att inte regler och krav ger hinder. I viss, men relativt begränsad omfattning, nyttjas denna resurs även över fastighetsgränser till exempel samarbete mellan grannar, men här finns ofta betydande risker och hinder för ett mera omfattande och rationellt nyttjande.

Möjliga hinder:

- Arbetsgivar- och arbetsmiljöansvar som följer med att anlita någon för att utföra ett arbete. Det kan gälla även om den som utför arbetet har F-skattsedel.
- Krav på formell kompetens och utbildning, certifiering samt tekniska miljökrav på till exempel miljöoljor är anpassade mot heltidsentreprenörer. I praktiken kan det bli en hög tröskel för att möjliga mindre deltidsentreprenörer ska ha en chans att börja erbjuda andra sina tjänster.
- För virkesanskaffare är det enklast, bekvämast och tryggast att ha få välkända entreprenörer med hög produktionskapacitet.

Om viljan finns borde det gå att finna praktiska lösningar på de hinder som finns och nå bättre förutsättningar att kunna nyttja olika typer av teknik och resurser mera optimalt.

Finns goda exempel och förebilder? Vilka hinder behöver elimineras eller övervinnas? Här behövs mer utvecklingsarbete och testning av olika modeller för hur stor- och småskalig teknik kan samnyttjas, inte minst inom det tillämpningsområde som denna rapport behandlar med små objekt, spridda volymer och få stammar. Kritiska faktorer för framgång inkluderar till dagens regelverk hållbara affärs- och ersättningsmodeller samtidigt som virkesvärden i skadade träd kan bibehållas och skador på ytterligare träd minimeras.

Rådgivning, lagkrav och certifieringskrav

Under de senaste decennierna har mycket av miljöarbete inom skogsbruket och rådgivning handlat om vikten av att öka mängden död ved i skogen. Detta i kombination med tidigare studier som visat låg risk för skogsskador och höjda gränsvärden för tvingande tillvaratagande i skogsvårdslagen, certifieringsregler mm har sannolikt bidragit till dagens allvarliga läge.

Att effektivt förebygga barkborreskador samtidigt som rådgivning och annat signalerar att man är en miljöbov om man städar vindfällan är en konflikt och ett praktiskt dilemma för många skogsägare och i synnerhet de självverksamma. Skogsvårdslagens kravgränser för tvingande tillvaratagande räcker inte för att säkra den viktiga förebyggande bekämpningen under de förutsättningar som rått i stora delar av landet under senare tid.

Ingen idé när grannarna ändå slarvar och borrar får härja fritt i reservat

Även om forskning visat att nya angrepp på stående skog oftast sker ganska nära spridningskällan (Schroeder & Weslien 2020) så är det många gånger ett relevant problem där arronderingen är dålig eller fastigheterna små. På några års sikt sker också en längre spridning om angreppen inte stoppas. Lagstiftning, buffertzoner eller liknande borde bättre kunna anpassas efter förutsättningar och säkra acceptabla nivåer av dödade träd.

Tillvaratagande av vindfällan, ”Sök och plock” av angripna stående träd eller fällor?

Mycket talar för att tillvaratagande av vindfällan är det i praktiken bästa och idag någorlunda möjliga sättet att förhindra utbrott men även för att hindra pågående utbrott att ta ytterligare fart. En viktig skillnad är att vindfällan är relativt lätt att hitta och tidsutrymmet att hinna ta ut träden i tid och skogsmarkens bärighet ofta är bättre.

Sök och plock är generellt sett en än mer ”omöjlig” metod om dagens storskaliga avverkningsmaskiner ska användas. Ett tillvaratagande av stående dödade träd först följande vinter har en begränsad bekämpningseffekt och skadar granbarkborrens fiender mer än granbarkborren (Weslien 2022).

För självverksamma med möjlighet att jobba intensivt vissa perioder finns bättre möjligheter men också flera svårigheter och begränsningar:

- Att hitta alla angripna träd (här kan ny fjärranalysteknik och barkborrehundar öka chanserna).
- Att få med borrarna ut (skonsam kvistning/hantering så barken inte lossnar).
- Att få avtransport med lastbil i tid.
- Ofta kring tjällossning med mjuk mark.
- Ofta många andra sysslor som vårbruk i jordbruket och trädgårdsarbete som tar tiden.

Kalkylmässigt så bör även bekämpningsvärdet vid ”Sök och plock” vara betydligt lägre per tillvarataget träd, beroende på hur vitala eller stressade träden är. Här handlar det därför till större del om att i tid försöka rädda virkesvärden i nyligt angripna träd, med en mera osäker bekämpningseffekt.

Larsson m.fl. (2021) uppmätte vid försök små men inte signifikanta effekter av fällor och drar därför slutsatsen att granbarkborrefällor inte kan skydda bestånd från barkborreskador.

Enkla och svåra beslut, beslutsstöd och valmöjlighet

För skogsägare med kunskap och möjlighet att själv tillvarata vindfällda granar innan kvalitetsförsämring på virket och förökning av granbarkborrar så visar genomförda analyser att det nästan alltid är en ekonomiskt bra åtgärd, i synnerhet om det finns risk för utbrott av granbarkborreskador. Vid besvärliga lägen och väldigt få träd kan barkning vara ett alternativ vid riskabla förhållanden. Bekämpning via sök och plock av stående nyligt angripna träd bör också användas när det är riskabla förhållanden, men det är mycket svårt att hitta alla träd och mer begränsad effekt på att stoppa spridning.

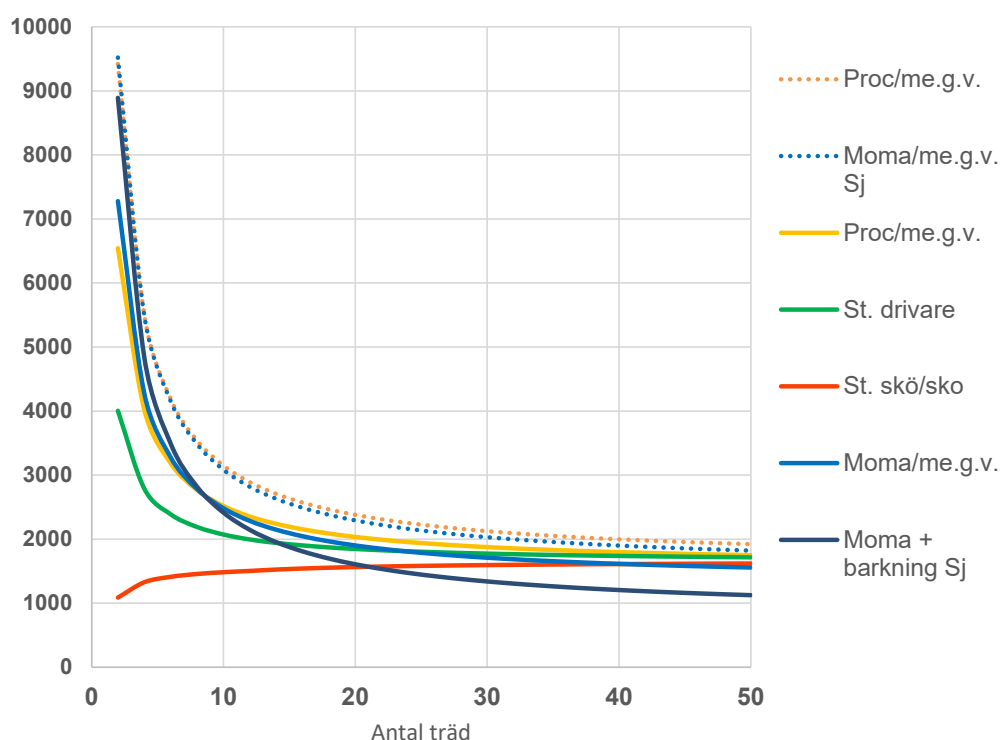
För skogsägare utan egen terrängtransportutrustning men med kompetens att använda motorsåg blir barkning ett mer intressant alternativ, särskilt vid mindre volymer. En effektivare och mindre ansträngande barkningsteknik, eller annat som hindrar granbarkborrens förökning, kanske enbart rotkapning/syrtorkning, är dock önskvärd. Om terrängtransport kan upphandlas till en begränsad start- och flyttkostnad så blir kalkylen inklusive granbarkborrebekämpningseffekter positiv även vid relativt små volymer, särskilt vid riskabla förhållanden.

För skogsägare som måste köpa hela tjänsten och nyttja konventionell storskalig teknik är risknivån för granbarkborreskador mycket avgörande för vilket alternativ som är ekonomiskt bäst. Denna rapport ger vägledning vid olika risknivåer för fortsatt spridning. Tyvärr vet ingen säkert hur riskabla de kommande åren blir, men historiken lokalt och

utveckling i angränsande områden vid hotande spridningsförlopp kan ändå ge viss ledning. Om entomologer kunde presentera historiska risknivåer och användbara framtida prognoser för olika skogstyper och delar av landet, kanske enligt principen med R-värden, skulle beslut om rätt åtgärd underlättas avsevärt.

Utifrån dagens troligen bästa underlag för områden med hög risk i Sverige (Kärvemo m.fl. 2014) så visar beräkning att tillvaratagande skulle ha varit mycket lönsamt med alla system. Observera att underlaget baseras på att låta vindfällda granar ligga kvar och inte göra något på 5 år.

Intressant är att lönsamheten per m^3fub kan vara ännu bättre vid små volymer trots mycket högre drivningskostnad. Underlaget för skadeförlopp (bekämpningseffekt) är dock osäkert och att inte göra något på 5 år vid omfattande spridning inte så realistiskt.



Figur 21. Netto, $\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$, av virkesvärde 500 $\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$ samt bekämpningseffekt efter 5 år enligt modell från Kärvemo m.fl (2014), träd på 10 % av 1 ha, medelstam 0,3 m^3fub , dödade träd värderade till 250 $\text{kr}/\text{m}^3\text{fub}$.

Vid förmodat riskabla förhållanden liknande det varit i stora delar av sydöstra Sverige under det senaste decenniet är tillvaratagande av färskas vindfällna ofta långsiktigt lönsamt även om det direkta drivningsnettot är kraftigt negativt även om man inte väntar så länge som 5 år med åtgärder. Förtida slutavverkning av helt eller delat bestånd med skadade träd är ofta det alternativ som står till buds och kan vara det bästa, särskilt om beståndet även i övrigt är avverkningsmoget.

Men många gånger skulle det vara bättre för skogsägaren om det fanns möjlighet att köpa tjänsten med ett skonsamt uttag av endast skadade träd i tid. Här finns idag brister och ett behov av att utveckla ökade möjligheter att kunna beställa ändamålsenliga drivningstjänster anpassade till små volymer.

Referenslista

- Bergstrand, K-G, Gårdh, R. & Nilsson, N. 1987. Underlag för prestationsmål för motormanuell gallring. Skogsarbeten, Stencil.
- Bergquist, J., Edlund, S., Fries, C., Gunnarsson, S., Hazell, P., Karlsson, L., Lomander, A., Näslund, B-Å., Rosell, S. & Stendahl, J. 2016. Kunskapsplattform för skogsproduktion Tillståndet i skogen, problem och tänkbara insatser och åtgärder. Skogsstyrelsen Meddelande nr 1 2016
- Björklund N, 2009. Utvärdering av barkning av vindfälld gran som en bekämpningsåtgärd mot granbarkborre, Institutionen för Ekologi, SLU.
- Blennow, K. 2013. Skador och effekter av storm – en kunskapsöversikt. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, publikation nr MSB534
- Brunberg, T. 1995. Underlag för produktionsnorm för stora engreppsskördare i slutavverkning. SkogForsk, Redogörelse nr 7.
- Brunberg, T. 1997. Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring. SkogForsk. Redogörelse nr 8.
- Gullberg, T. 1997. Tidsåtgångsmodell för skotning. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik. Uppsatser och resultat nr 297.
- Gullberg, T. 2003 A. Tidsåtgångsmodeller för drivning vid alternativ skogsbrukssätt. Högskolan Dalarna, institutionen för Matematik, Naturvetenskap och Teknik. Rapport nr 18.
- Gullberg, T. 2003 B. Ekonomisk analys av drivningskostnad för olika maskinsystem vid alternativa skogsbruksmetoder. Högskolan Dalarna, institutionen för Matematik, Naturvetenskap och Teknik. Rapport nr 19.
- Hedgren, P.O., Schroeder, M. & Weslien, J. 2002. Enstaka vindfällna ökar inte risken för barkborreskador. SkogForsk Resultat nr 23.
- Hedgren, P.O 2003. Granbarkborren (*Ips typographus*) och naturvården. Entomologisk Tidskrift 124 (3): 159-165.
- Hedgren, P.O., Schroeder, M. & Weslien, J. 2003. Tree killing by *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) at stand edges with and without colonized felled spruce trees. Agricultural and Forest Entomology 5(1):67 – 74
- Kärvemo, S., Rogell, B. & Schroeder, M 2014. Dynamics of spruce bark beetle infestation spots: Importance of local population size and landscape characteristics after a storm disturbance. Forest Ecology and Management 334: 232-240
- Larsson, P-E., Isacson, G., Rosenberg, O., Weslien, J-O, & Örlander, G. 2021. Projekt "Granbarkborre 2020" Granbarkborrefällors fångstförmåga och effekter på närliggande skog. Skogforsk, Arbetsrapport 1078-2021
- Lindelöw, Å. & Schroeder, M. 2003. Stormfällning och granbarkborre – hur stor är risken för skador? Fakta Skog 6, 2003.
- Liss, J-E 1979. Syrfällning. Småskogsnytt nr 6 1979. ISBN 91-576-0322-7

- Manner, J., Jonsson, F., Jönsson, P., Björheden, R., & Lundström, H. 2016. Prestation och drivningskostnad för drivarprototypen Komatsu X19 jämfört med ett konventionellt tvåmaskinsystem. Skogforsk, Arbetsrapport nr 916
- Persson, P. 1975, Stormskador på skog – Uppkomstbetingelser och inverkan på skogliga åtgärder. Department of Forest Yield Research, Royal College of Forestry, Stockholm. Research Notes 36.
- Schroeder, M & Weslien, J. 2020 Skyddade områden och risk för angrepp av granbarkborre. Sveriges Lantbruksuniversitet, Fakta Skog nr 3 2020
- SkogsEko nr 4 2021. Törskatedöden hotar den framtida skogstillväxten, Skogsstyrelsen
- SkogsEko nr 1 2019. Fokus Granbarkborre, Skogsstyrelsen
- Sondell, J. 2006. Operation Gudrun – Erfarenheter och förslag till förbättringar. Skogforsk Arbetsrapport nr 617
- Swaine, J.M. 1924. The control of the destructive spruce bark beetle in eastern Canada. Domin. Can., Dept. Agric., Entomol. Branch, Ottawa, ON. Pamphlet No. 48. 28 p.
- Svensson, S-O. 2014. Barkning – ett alternativ för minskning av skogsskador orsakade av granbark-borre? Seminarieuppgift Skoglig grundkurs 1 Högskolan Dalarna
- Torstensson, A. 2022. Skogsägare och entreprenör Påryd, Kalmar län, muntlig kommunikation
- Uppgård, R. 1992. Tidsstudier av vinschprocessorerna Niab, Vimek TP 5-40 och Hypro. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsteknik, Uppsatser och resultat nr 236.
- Weslien, J., Schroeder, M. & Öhrn, P. 2022. Effekt på granbarkborren och dess fiender vid vinteravverkning av dödade granar. Skogforsk, Arbetsrapport 1110-2022

Bilaga 1

Underlag för timkostnader och flyttkostnader

Diesel, kr/l	Moma	Skördare	Skotare	Traktor+	Gripl.v.	Traktor+	Processor	Drivare
14	huggare	stor	stor	mellan	mellan	mellan		stor
	huggarutr							
investering, tot, kr	15000	4000000	2800000	445000	250000	445000	350000	6000000
basmaskin, kr	15000	3125000	2800000	400000		400000		5125000
aggregat/tillsatsutrustning, kr		875000		45000	250000	45000	350000	875000
U-tim/år	1700	1700	1700	600	200	600	400	1700
TU, %	100	85	90	90	90	90	90	85
G15-tim/år (U-tim för moma)	1700	1445	1530	540	180	540	360	1445
Ränta, %	3	3	3	3	3	3	3	3
Avskrivningstid, bas, år	1	8	8	12		12	9	8
Avskrivningstid, aggr, år		4		12	15	12	9	4
Restvärde, %	35	15	20	36	30	36	37	15
Uh-faktor	0,70	0,07	0,05	0,12	0,15	0,15	0,2	0,05
Avskrivning, kr/år	9903	533967	294741	27720	13457	27720	27861	754364
Räntekostnad, kr/år	301	67300	48631	8360	4472	8360	6739	100852
Kapitalkostnad, kr/år	10204	601267	343372	36080	17929	36080	34600	855216
Drivmedel, kr/G15	16	238	238	70		70		238
Rep- och underhåll, kr/G15	11	280	140	53	38	67	70	300
Skatt o försäkring, kr/år	0	25000	16000	1000		1000		25000
Lönekostnad inkl LKP, kr/U-tim	310	310	310	310	310	310	310	310
Tilläggs% pga ob-ersättning	0	0	0	0		0		0
Personalkostnader, kr/år	527000	527000	527000	186000		186000		527000
Timkostnader, kr/G15-tim (U-tim för moma)								
Kapital	6,0	416,1	224,4	66,8	99,6	66,8	96,1	591,8
Personal	310,0	364,7	344,4	344,4	0,0	344,4	0,0	364,7
Driftskostnad	26,5	535,3	388,5	125,3	37,5	138,6	70,0	555,3
Summa	342,5	1316,1	957,3	536,5	137,1	549,9	166,1	1511,9
				Ekipage	673,6	Ekipage	716,0	
Flyttkostnad, 15 km								
Transportsätt	bil	egen	egen	egen		egen		egen
Hastighet, km/tim	60	16	16	25		25		16
Ställtid (slirskydd,instruktion mm), tim	0,5	1,3	1,3	0,75		0,75		1,3
Systemkostnad vid flyttning, kr/G15	342,5	1316,1	957,3	673,6		716,0		1511,9
Kostnad för bil	45							
Totalkostnad, kr/flytt	302	2945	2142	909		967		3383