

Trädens utveckling efter att de har lämnats som naturhänsyn

- tillväxt, mortalitet och strukturell förändring 6-18 år efter avverkning

Retention trees 6-18 years after logging

- growth, mortality and structural changes

Samuel Sjöberg



Examensarbete i biologi 30 hp

Uppsala 2013

Självständigt arbete/Examensarbete / SLU, Institutionen för ekologi 2013:1

Trädens utveckling efter att de har lämnats som naturhänsyn – tillväxt, mortalitet och strukturell förändring 6-18 år efter avverkning

Retention trees 6-18 years after logging
- growth, mortality and structural changes

Samuel Sjöberg

Handledare: Thomas Ranius, Institutionen för Ekologi, SLU
Bitr. handledare: Martin Schmalholz, Stora Enso Skog

Examinator: Lena Gustafsson, Institutionen för Ekologi, SLU

Omfattning: 30 hp

Nivå och fördjupning: A1E

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi – magisterarbete

Kurskod: EX0564

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2013

Omslagsbild: Samuel Sjöberg

Serietitel: Självständigt arbete/Examensarbete / SLU, Institutionen för ekologi

Löpnummer: 2013:1

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: Naturhänsyn; Skogsavverkning; Hänsynsytor; Tillväxt; Trädmortalitet; Död ved

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och lantbruksvetenskap
Institutionen för ekologi

ABSTRACT

Today green tree retention, together with leaving dead wood, is a common practice with the aim to reduce negative impacts on biodiversity and environment due to clear-felling. To better understand whether this conservation practice also makes a long-term difference, it is important to know what happens to these trees after harvest. Few studies have made an assessment of what happens to retention trees over a longer time period. In this study I inventoried retention trees that were left at clear-cuts six, twelve and eighteen years ago. I carried out a re-inventory of 57 retention patches (divided into free-standing tree groups, small swamp forests and edge zones) and free standing dead trees, spread over 25 previous clear-cuts in central Sweden. The first inventory was made by the landowner (Bergvik skog; formerly Stora Skog/Stora Enso Skog). Tree growth and mortality inside the retention patches have been investigated by estimating the amount of dead wood, removed trees and survival of trees. The change of standing dead wood outside patches was also investigated. The results showed that the annual tree mortality was 9.8% in six years old retention patches and 1.8% in those twelve years old. There were no differences in the changes of volumes of living trees or dead wood between the age groups (six, twelve and eighteen years). This shows that the changes in volume primarily occur in the first six years and this period might therefore be considered the most sensitive.

The volume of trees that died post-harvest in the six to eighteen years old retention patches was on average $45.7 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$. The main reason was wind (67%). There was more dead wood in exposed retention patches compared to those that grew more protected ($p=0.007$). On the other hand, I found no relationship between mortality and the edge:area relationship of the retention patches. Retention trees had also been removed after harvest. On average, $14.9 \text{ m}^3\text{ha}^{-1}$ dead and living trees were removed from the retention patches after six to eighteen years, and 28% of these trees were alive while the rest (72%) was a direct loss of dead wood. In this study I also show that trees were removed more often if there were seed-trees in the clear-cut. Furthermore, the loss of trees was higher in swamp forests, followed by tree groups and edge zones ($p=0.002$). The number of standing dead trees outside the retention patches decreased, but there were no differences between the age groups. Tree retention therefore contributes to a continuity of live trees in the new generation of forest, and an increase of dead wood in the forest landscape. The number of trees surviving and the volume of dead wood depend on the location of trees in the clear-cut, amount removed and what the trees endures during the first six years after harvest.

Keywords: Green tree retention; Retention patches; Forest management; Tree growth; Tree mortality; Dead wood

SAMMANFATTNING

Idag lämnas levande träd och död ved vid skogsavverkningar med syftet att minska skogsbrukets negativa effekt på biologisk mångfald och miljö. För att kunna bedöma om denna åtgärd gör nytta är det viktigt att veta vad som händer med dessa träd efter att de har lämnats. Få studier har gjorts där man utvärderar vad som hänt med träden över en längre period. I denna studie har naturhänsyn som tagits sex, tolv eller arton år tidigare i form av lämnade träd undersökts. Detta gjordes genom en återinventering av 57 hänsynsytor (uppdelade i trädgrupper, sumpskogar och kantzoner) samt fritt stående döda träd, fördelade på 25 tidigare hyggen i Mellansverige. Den första inventeringen gjordes av markägaren (Bergvik Skog; tidigare Stora Skog/Stora Enso) som en uppföljning av tagen hänsyn (så kallat Grönt bokslut). I hänsynsytorna har tillväxten och mortaliteten undersökts genom att mäta mängden levande träd, död ved och borttagna träd. Utanför hänsynsytorna har förändringen av stående död ved undersökts. Resultatet visade att den årliga mortaliteten har varit 9,8% i sex år gamla hänsynsytor och 1,8% i de som var tolv år. Mellan åldersgrupperna sex, tolv och arton år fanns det ingen skillnad i hänsynsytornas volymförändring av levande och döda träd, vilket visar att volymavgången framförallt sker de första sex åren. Detta innebär att denna period är den känsligaste.

Volymen av träd som dött i de sex till arton år gamla hänsynsytorna var i medel $45,7 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Den främsta orsaken var vindrelaterad (67%) och det fanns mer döda träd i vindutsatta hänsynsytor jämfört med de som växte mer skyddat ($p=0,007$). Däremot gick det inte att fastställa att det dött mer träd i hänsynsytor med mycket kant i förhållande till dess yta. Lämnade träd dör också av att de avverkas. I genomsnitt hade $14,9 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ forslats bort efter sex till arton år och drygt en fjärdedel av denna volym var troligen levande träd, resterande tre fjärdedelar innebar en direkt förlust av död ved. Studien visar att det i högre grad förekommit borttagna träd där det tidigare funnits fröträd på hygget. Vidare påverkades trädens överlevnad av hänsynsytor typ: i sumpskogar var volymavgången högst följt av trädgrupper och kantzoner ($p=0,002$). Stående död ved utanför hänsynsytorna minskade, men det var det ingen skillnad mellan åldersklasserna i hur mycket som hade minskat. Naturhänsynen genererar således levande grova träd över hyggesfasen och i efterkommande ungskog och den bidrar också till en ökning av grov död ved i skogslandskapet. Hur många träd som överlever och hur mycket död ved som skapas beror på var träden lämnas, hur mycket som i efterhand tas bort och vad träden kommer att få utstå de första sex åren.

Nyckelord: Naturhänsyn; Skogsavverkning; Hänsynsytor; Tillväxt; Trädmortalitet; Död ved

1 INNEHÅLL

Abstract	3
Sammanfattning.....	4
2 Introduktion	6
3 Syfte och frågeställning	8
4.1 Urval	9
4.1.1 Första inventeringen	9
4.1.2 Återinventering	9
4.2 Inventeringsmetod	11
4.2.1 Levande träd.....	11
4.2.2 Död ved och borttagna träd inom hänsynsytor	12
4.2.3 Årlig mortalitet	13
4.2.4 Stående död ved utanför hänsynsytor	14
4.2.5 Hänsynsytor.....	14
4.3 Statistiska beräkningar	14
5 Resultat	16
5.1 Volymförändringen av levande träd.....	16
5.2 Död ved och borttagna träd inom hänsynsytor.....	17
5.1 Årlig mortalitet	19
5.2 Stående död ved utanför hänsynsytor	20
6 Diskussion	21
6.1 Mortalitet och volymavgång för kvarlämnade träd.....	21
6.2 Avgörande faktorer för mortaliteten.....	23
6.3 Stående död ved utanför hänsynsytor.....	25
7 Slutsats	26
8 Slutsatser för praktiken	26
9 Tack	27
10 Referenser.....	28
Appendix 1	31
Funktion för att räkna ut bhd på borttagna träd	31
Volymfunktion för träd	31
Volymfunktion för stockar eller delar av träd	31
Funktion för att beräkna årlig mortalitet	31
Appendix 2	32
Ordlista.....	32
Appendix 3	33
Bilder	33

2 INTRODUKTION

*”Det går ett träd omkring i regnet,
skyndar förbi oss i det skvalande grå.
Det har ett ärende. Det hämtar liv ur regnet
som en koltrast i en fruktträdgård.”*
Trädet och skyn, Tranströmer (2011)

Träd i alla dess former, levande och döda, skapar förutsättningar för ett rikt liv (Forsberg 2012) men för att öka produktionen under 1960- till 1980-talet brukades den svenska skogen mycket intensivt, vilket skedde på bekostnad av skogens mångfald (Almstedt Jansson et al. 2011). Sättet att bruka skogen har sedan dess förändrats och under början av 1990-talet antogs en ny skogsvårdslag med ambitionen att produktion och bevarande av biologisk mångfald ska vara två jämställda mål. Från och med slutet av 1990-talet finns möjlighet för skogsföretag att ansluta sig till miljöcertifieringssystem där olika riktlinjer för naturvård finns. Detta har gjort att den generella natur- och miljöhänsynen fått större utrymme i brukandet av skogen (Almstedt Jansson et al. 2011). Idag avsätts resurser och metoder utvecklas för att minimera skogsbrukets negativa effekt på biologiska mångfalden och miljön. Efter den lägsta noteringen på 1980- talet har idag ungskogarna (0-20 år) återigen samma antal levande träd (bhd >15 cm) som på 1950- talet (Kruys et al., opubl.). Mycket av den idag tagna hänsynen görs inom ramarna för certifieringssystemen FSC (Forest Stewardship Council) och PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification). Stora Enso skog och Bergvik Skog har sin verksamhet i centrala Sverige och de är, likt många andra skogsbolag och privata markägare, certifierade enligt dessa. Som ett led i utvärderingen av den tidigare genomförda naturhänsynen och för att bättre förstå vilka funktioner den uppfyller har initiativ tagits till denna studie.

Att lämna träd vid skogsavverkning är en naturvårdsåtgärd som har flera syften. Dels kan träd och hänsynsytor som lämnas fungera som ”livbåtar” för de arter som är missgynnade under hyggesfasen, dels kan länkar skapas över öppna ytor, en ökad strukturvariation skapas och vissa ekosystemtjänster kan fortsätta fungera eller ges möjlighet att bildas (Gustafsson et al. 2010). Ekosystemtjänster innebär ekologiska funktioner till nytta för människan. Exempel på sådana tjänster är en bevarad mångfald i skogen som genererar en genetisk resurs (fler arter för framtida mediciner etc.), en bärproduktion i skogen med bland annat tillhörande pollinering (vilket påverkas av lämnade hänsynsträd och en ökad mångfald av trädarter), samt reglering av skadeinsekter och frostskydd vilket kan öka avkastningen i skogsbruket. Men även rekreativvärdet för människors välbefinnande kan öka av att hänsyn tas (Forsberg 2012; Gamfeldt et al. 2013; Gustafsson et al. 2010; Pengelly &

Cartar 2010). Ett rikare ekosystem tillhandahåller lättare dessa tjänster och har också en större motståndskraft mot icke önskvärda förändringar, så kallad ekologisk resiliens (Forsberg 2012).

Kvarlämnade träd och hänsynsytor kan således ha en positiv effekt på artrikedom och substrattillgång på ett hygge och i efterkommande ungskog. Effekten varierar dock beroende på hur många och var träden är lämnade, trädens ålder och kvalitet samt hur lång tid det gått efter avverkning (Johansson et al. 2009). Idag är hänsynsytor ett vanligt förekommande inslag i den generella hänsyn som tas i samband med slutavverkning. Ordet hänsynsyta är ett begrepp som används för ett mindre skogsparti (i regel 0,01-0,5 ha) med specifika miljövärden som därför har lämnats frivilligt i samband med avverkning (www.skogsstyrelsen.se). I uppsatsen jämförs tre typer av hänsynsytor: trädgrupp, sumpskog och kantzon. Syftet med att lämna en trädgrupp kan vara att bryta stora kala ytor för att förbättra förbindelserna i landskapet. Fragmentering av landskapet och isolering av olika habitat är ett problem för överlevnaden av populationer och stora kala ytor kan utgöra spridningsbarriärer för exempelvis fåglar (Johansson et al. 2009). Sumpskogar är ett exempel på en biotop som ofta är hänsynskrävande. Sumpskogar har ofta en rikare biodiversitet än omkringliggande skog, på grund av att många ekologiska habitat finns på en liten yta och att ytan kan ha haft lång trädkontinuitet, speciellt om området varit skyddat från skogsbränder (Hörnberg et al., 1998). Kantzoner är i denna uppsats ett samlingsnamn för olika typer av skydds- och kantzoner. I regel är dessa avlånga och ska minimera hyggets negativa effekt gentemot den angränsande ytan eller att de i sig själv fungera som en biotop för arter knutna till kantmiljöer (Johansson et al. 2009). Mot vattendrag kan en väl fungerande kantzon förhindra erosion och urlakning av finsediment och näringsämnen till vattnet. Fuktiga kantzonen intill bäckar (bäckskogar) utgör också artrika miljöer för olika kryptogamer, bland annat mossor och vedsvampar. Flödestoppar i vattendrag utjämnas medan ljusinsläpp och vattentemperatur bevaras (Bergquist, 1999).

Kantzons funktion förutsätter i vissa fall att det kontinuerligt finns levande träd, men även i andra hänsynsytor kan behovet av trädkontinuitet vara avgörande, till exempel när missgynnade organismgrupper såsom mykorrhizasvampar eller vissa epifytiska lavar och mossor finns representerade (Nitare, 2006; Löhmus & Löhmus, 2010). Å andra sidan finns det andra artgrupper, till exempel vissa insekter, som är helt beroende av död ved för sin överlevnad och som därför gynnas av att träden dör. Död ved är idag en bristvara och därför en stor orsak till minskad biologisk mångfald (Siitonen 2001). Beroende på vedens position används den av olika arter. I Gävleborgs län (Fig. 1) finns ca 155 rödlistade arter som utnyttjar stående död ved (Jonsson et al., 2010). Beroende på hur dynamiken av den stående döda veden förändras på hygget och i den efterkommande ungskogen gör att flera av dessa arter gynnas eller missgynnas.

3 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING

Det är viktigt att utvärdera hur naturhänsynen inom skogsbruket fungerar. Ett sätt att utvärdera är att undersöka vad som händer med kvarlämnade träd och död ved över tid. Detta för att förstå om syftet, som exempelvis en ökad strukturell diversitet, uppnås genom den tagna naturhänsynen. Genom att veta vad som händer med den sparade hänsynen går det också att förutspå substrattillgång i framtiden och på så sätt förstå hur arter kan gynnas eller missgynnas, eller för att på ett bättre sätt kunna rikta hänsynen beroende på vilket syfte som man vill uppnå. Vidare går det lättare att visualisera ett landskap i framtiden och därmed fatta bra beslut (Jonzén, 2011), bland annat utifrån estetiska skäl i exempelvis stadsnära skogar. Idag finns lite kunskap om vad som händer över lång tid med den naturhänsyn som lämnats. Syftet med den här uppsatsen är att svara på följande frågor:

- Hur utvecklas volymen levande träd över tid i hänsynsytor?
- Hur stor är volymavgången och vilka är orsakerna till denna eventuella minskning?
- Hur stor är den årliga mortaliteten för träd som lämnats i hänsynsytor?
- Förändras mängden stående död ved utanför hänsynsytor?

Tabell 1 Använda begrepp i uppsatsen som relaterar till den naturhänsyn som tas inom skogsbruket.

TERM	BESKRIVNING
Hänsynskrävande biotop	Miljöer med måttliga eller höga naturvärden. Bergvik och Stora Enso definierar biotoperna som exempelvis nyckelbiotoper, naturskogar, olika bergbranter och raviner, olika sumpskogar (med vissa få undantag), surdråg, lövsskogsgrupper, kalkskogar m.m.
Hänsynsträd	Träd som lämnats i naturhänsynssyfte och står enskilt eller i trädgrupper < 0,01 ha.
Hänsynstyp	Olika varianter/typer av tagen hänsyn. I uppsatsen syftar ”typ av hänsynsyta” på de tre varianter av hänsynsyta som undersökts; kantzon, trädgrupp och sumpskog.
Hänsynsyta	En yta med träd, i regel 0,01-0,5 ha, som lämnats frivilligt i samband med avverkning med syfte att gynna miljön eller den biologiska mångfalden.
Hänsynsyta vanlig skog	Likt trädgrupp men med skillnaden att ”hänsynsyta vanlig skog” har en större yta, så pass stor att träden inte går att räkna utifrån.
Höga naturvärden	Kan exempelvis vara en skogsmiljö med strukturell variation och/eller livsutrymme för missgynnade arter.
Kantzon	Ett område som till vegetationen och strukturen är påverkad av närheten till en annan miljö såsom jordbruksmark, en myr, rinnande eller stillastående vatten och impediment.
Miljöhänsyn	Den naturhänsyn som lämnas vid skogsavverkningar inklusive det som inte strikt är naturhänsyn såsom att lämna kulturlämningar orörda, ta hänsyn till friluftslivet och anpassa hyggets form till omgivningen.
Naturhänsyn	Synonymt med generell eller vardaglig hänsyn som tas vid avverkning eller annan skoglig åtgärd ofta i form av lämnade träd och hänsynsytor. Men också genom att anpassa hyggets storlek, undvika skador på mark och vatten m.m.
Sumpskog	Små myrar eller andra blöta partier med ett bottenskikt där minst 50% består av hydrofila arter som exempelvis björn- och vitmossa.
Trädgrupp	En grupp kvarlämnade träd som består av minst tio sammanhängande, för trakten, representativa träd utan att vara en hänsynskrävande biotop eller kantzon.

4 MATERIAL OCH METOD

En återinventering av träd som lämnats i hänsynsyfte utfördes i maj till september 2012 på före detta hyggen som inventerats sex, tolv eller arton år tidigare. Urvalet har gjorts bland hyggen innehållande små väl avgränsade hänsynsytor. Flera olika parametrar har mätts för att synliggöra hur trädvolymen och antalet träd förändrats mellan inventeringarna. I uppsatsen används begreppet volymavgång för den negativa volymförändring av levande träd som skett efter avverkningstidpunkten. Detta inkluderar naturlig mortalitet och borttagna träd, med hänsyn tagen till volymförändringen av levande träd. Utanför hänsynsyterna har stående död ved räknats.

4.1 URVAL

4.1.1 FÖRSTA INVENTERINGEN

Den första inventeringen var en intern kvalitetsuppföljning, så kallat grönt bokslut, i början utfört av den tidigare ägaren av marken Stora Skog (sedermera Stora Enso Skog) och den senaste av den nuvarande markägaren Bergvik Skog. Syftet med det gröna bokslutet har varit att följa upp de direktiv som funnits inom företaget när det gäller hänsyn som skall tas vid avverkning. Detta har gjorts genom att mäta mängden och bedöma relevansen av orörda ytor och kvarlämnade träd som lämnats i form av hänsynskrävande och avvikande biotoper, kant- och skyddszoner samt övriga trädgrupper (Tabell 3). Levande träd, död ved och nyskapade högstubbar som inte har ingått i någon specifik yta har också räknats samt körskador och hantering av kulturlämningar. Mindre förändringar av metoden har skett under åren 1994 till 2006 men inget som påverkar resultaten i denna studie. Inventeringen har skett årligen på ett antal utlottade trakter jämt spridda över företagets olika distrikt. Trakterna har avverkats under perioden mars året innan till och med februari inventeringsåret (Bergvik Skog 2012). Idag är Bergvik Skog markägare och Stora Enso har avtal att bruka skogen på delar av deras markinnehav. Boksluten med inventeringsresultaten fanns arkiverat på Bergvik Skogs kontor i Falun¹.

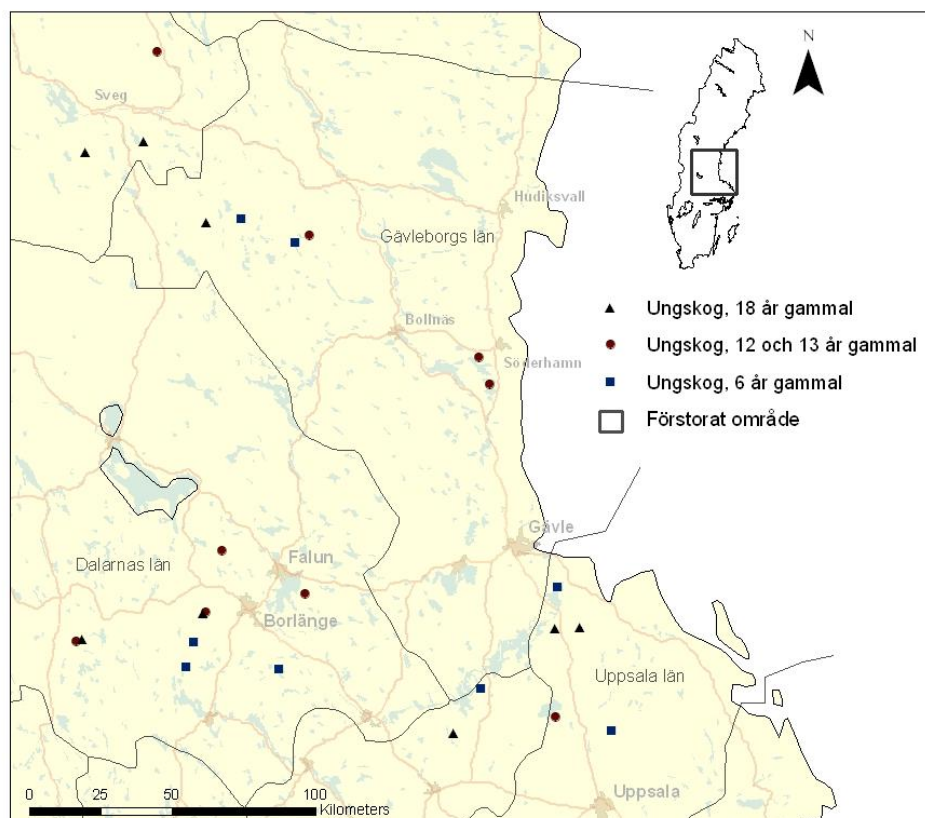
4.1.2 ÅTERINVENTERING

Utifrån de gröna boksluten valdes lämpliga ungskogar ut för en återinventering. Med lämpliga menas utifrån kriterierna och prioriteringarna nedan och att det geografiskt var möjligt att hinna genomföra inventeringarna inom vald tidsram. För att få en viss geografisk spridning valdes bestånd från södra Dalarna, norra Uppland, Hälsingland och Härjedalen (Fig. 1). Detta gör att bestånden är spridda i Mellansverige och också representativa för en stor region. Kriterierna för att välja ut en trakt för återinventering var: (1) att hygget (som idag blivit en ungskog) och hänsynsobjekten gick att återfinna i fält, (2) att det inom hygget fanns en sumpskog och en kantzon samt en godkänd

¹ April 2012

trädgrupp alternativt "hänsynsyta vanlig skog", (3) att dessa hänsynsytor var små (< 0,5 ha) och väl avgränsade och (4) att det fanns stående döda träd spridda på hygget. Hyggen innehållande samtliga eller ett flertal av hänsynsobjekten prioriterades. Likaså prioriterades grupper av gröna träd framför "hänsynsyta vanlig skog", och hänsynsytor som innehöll flera olika trädslag prioriterades framför de som innehöll ett trädslag. Där flera likvärdiga objekt av samma hänsynstyp fanns representerade på ett och samma hygge slumpades det fram vilket objekt som återinventerades. Objekten valdes från 1994, 2000 och 2006 års gröna bokslut. Då det fullständiga resultatet från 2000 års gröna bokslut inte gick att hitta kompletterades det med hyggen från 1999.

Sammanlagt återinventerades 57 hänsynsytor spridda på 25 ungskogar i de tre åldersklasserna. I 10 av de 25 ungskogarna fanns alla hänsynsobjekt representerade. En jämn fördelning mellan typerna av hänsynsyta och åldersklass eftersträvades (Tabell 2).



Figur 1 Översiktskarta med de 25 återinventerade ungskogarnas placering i Mellansverige, utmärkta i respektive åldersklass.

Tabell 2 Egenskaper och fördelning på de återinventerade trakterna och deras hänsynsytor. Areal och omkrets användes för att räkna ut kantindex. Trädtätheten räknades ut på ytor där antalet träd fanns noterat vid första inventeringen, likaså är "nettoareal" och "levande träd på nettoarealen" baserat på första inventeringen. De övriga egenskaperna uppmättes vid andra inventerings tillfället.

	Trädgrupper		Sumpskogar		Kantzoner		Totalt			
	Medel	N	Medel	n	Medel	n	Medel	max	min	n
Omkrets (m)	123	18	149	19	330	20	204	1005	50	57
Areal (ha)	0,08	18	0,12	19	0,15	20	0,12	0,58	0,01	57
Kantindex ^a	2051	18	1852	19	3295	20	2421	9667	678	57
Trädthet (antal/ha)	371	14	211	13	284	12	291	846	83	39
Läge ^b	2,6	18	1,8	19	1,4	20	1,9	4	1	57
Volym ^c (m ³ sk)	12,0	15	9,5	19	12,3	18	10,8	63,6	1,1	52
Åldersklass										
6		6		7		6				19
12(13)		7		7		7				21
18		5		5		7				17
Ungskogar ^d										
Nettoareal ^e (ha)							14,3	35,5	1,8	22
Levande träd på nettoarealen (antal*ha ⁻¹)							4,8	15,9	0.0	22

^a Omkretsen delat med arealen vilket ger högre värde på ytor med mycket kant i förhållande till arealen.

^b Se tabell 3

^c Volymen lämnade godkända träd vid första inventeringstillfället. Bara de hänsynsytor (n=52) där en jämförelse mellan inventeringstillfällena gick att genomföra redovisas.

^d De ungsskogar där döda träd och naturliga högstubbar räknades.

^e Ungskogsarealen (bruttoarealen) minus arealen på hänsynsytor och impediment.

4.2 INVENTERINGSMETOD

4.2.1 LEVANDE TRÄD

Vid inventeringen i det gröna bokslutet användes flera olika metoder för att uppskatta volymen levande träd², beroende på hänsynsyntans storlek. I små hänsynsytor har det varit överkomligt att räkna antalet godkända träd (gkt) av varje trädslag och därför har detta gjorts. De räknade träden har sedan multiplicerats med volymen på en för trädslaget och ytan representativ medelstam. För att garantera standardiserad metodik, användes samma tillvägagångssätt vid återinventeringen och urvalet gjordes därför bland små hänsynsytor. För att ett träd ska vara godkänt att inkluderas vid inventeringen till det gröna bokslutet får inte brösthöjdsdiametern (bhd) understiga en viss diameter. Denna minimidiameter varierar beroende på trädslag och traktens bonitet³. Godkända träd (gkt) av barr- och björkträd har en minimidiameter på 15 eller 20 cm i brösthöjd (1,3 m över marken) och godkända övriga lövträd har en minimidiameter på 10 eller 15 cm. Det undre måttet gäller på en trakt med låg bonitet och det övre måttet på en trakt med högre bonitet. Vid andra inventeringen har samma minimimått i bhd för gkt använts och detta innebar att i samtliga trakter utom två har det övre måttet använts (högre bonitet). I varje hänsynsyta som besöktes borrades minst en (ibland två) stammar av varje trädslag (tall, gran, björk, asp och övrigt löv) för att mäta tillväxten vid brösthöjd.

² Personlig kommunikation Ulf Ormestad, 2012-04-24

³ Personlig kommunikation Ulf Ormestad, 2012-04-24

Med tillväxten menas den sammanlagda bredden gånger två på de årsringar som vuxit sedan första inventeringen. Genom att addera tillväxten till traktens minimidiameter för gkt särskiljdes de klenare träden som troligen vuxit in, och blivit godkända bara i andra inventeringen, från de grövre träd som var godkända redan vid första inventeringen. En medelstam för varje trädslag valdes bland de grövre träden, det vill säga träden med bhd \geq minimidiameteren för gkt + tillväxten. Volymen på medelstammen beräknades med hjälp av Brandels (1990) volymfunktion för enskilda träd med hänsyn till breddgrad (Appendix 1). Samma sak gjordes för de klenare träden, det vill säga de träd med en bhd i intervallet mellan minimidiameteren för gkt och minimidiameteren för gkt + tillväxten. Volymfunktionen för björk användes för alla lövträd.

Som exempel kunde tillväxten på tall i en hänsynsyta med högre bonitet vara 2 cm. Vid båda inventeringstillfällena hade godkända tallar en bhd \geq 20 cm. De grövre tallarna, som ingick i första inventeringen, borde vid återinventeringen vara minst 22 cm i bhd och de klenare tallarna, som vuxit in i beståndet, borde vid återinventeringen vara 20 cm \geq bhd < 22 cm.

För att förstå orsakerna till volymförändringen av levande träd som har skett mellan inventeringarna användes två olika volymer vid analyserna. Vid den ena analysen jämfördes volymen av gkt vid första inventeringen och volymen av gkt vid återinventeringen. Vid den andra analysen jämfördes volymen av gkt vid första inventeringen med volym vid återinventeringen där volymtillväxten som skett mellan inventeringarna exkluderades. Detta gjordes genom att ta bort alla klena träd (se ovan) och på medelstammen av kvarvarande träd minskades bhd med tillväxten. Höjden minskades generellt med 1 dm per år som gått mellan inventeringarna, vilket är den ungefärliga årliga höjdtillväxt man kan förvänta sig för en 100-årig tall (Albrektson et al., 2008). Fem hänsynsytor kunde inte jämföras med tidigare inventering på grund av för stor osäkerhet med tidigare inventeringsprotokoll.

4.2.2 DÖD VED OCH BORTTAGNA TRÄD INOM HÄNSYNSYTOR

Död ved och borttagna träd inom hänsynsytor har bedömts. Längd och diameter på alla döda träd som hade en bhd som uppfyllde minimidiameteren för traktens gkt mättes. Där brösthöjdsdiametern inte gick att mäta inkluderades de stockar som i den bredaste änden hade en diameter \geq minimidiameteren för gkt. Dessa var mindre förekommande (67 av 860 döda träd) och då främst på kvarglömda stockar eller annan död ved som uppkommit före eller i samband med avverknings. Volymen av hela träd erhöles genom att mäta bhd och längd och samma volymfunktion som för levande träd användes (Appendix 1). För att också kunna bedöma volymen på borttagna träd mättes diameter och höjd på den kvarvarande stubben. Dessa värden genererade en bhd genom en funktion framtagen av Neil Cory, Skoglig resurshushållning, SLU⁴ (Appendix 1) och höjden antogs utifrån

⁴ Personlig kommunikation Bertil Westerlund, 2012-06-08

stående träd i närheten. På detta sätt kunde volymfunktion för levande träd användas också här. För att räkna ut volymen på stockar eller delar av träd användes formeln för en cylinder.

Volymenheten skogskubikmeter (m^3sk) användes vid volymuppskattning av alla levande träd. I de gamla inventeringsprotokollen är virkesvolymen uppskattad i fastkubikmeter (m^3fub)⁵ vilket innebär att denna volym krävde en omvandling till m^3sk för att resultaten skall kunna jämföras. Detta gjordes med hjälp av verktyget för omvandling av måttenheter på Skogforsk hemsida (www.skogforsk.se). Eftersom den döda veden består av hela eller delar av träd med eller utan bark används volymenheten m^3 generellt på all död ved. Baserat på trädens nedbrytningsgrad, läge och antalet träd som fanns på ytan vid första inventeringen gjordes en bedömning i fält om trädet dött före eller efter avverkningen. I de fall bedömningen var för svår noterades detta istället med ett "?". För att förstå vad som orsakade avgången noterades om veden stod upp, var liggande med eller utan rotvälta, om trädet var ett borttaget vindfällt träd eller borttaget av andra skäl. I de fall hygget återföryngrats med hjälp av fröträd (32% av fallen) noterades om dessa träd var borttagna eller inte, för att slutligen kunna se ifall det är vanligare att träd inom hänsynsytor tas bort i samband med att fröträden tas bort.

Två mått på död ved räknades ut, en volym med bara de träd som bedömts ha dött efter avverkning och en volym med de som dött efter avverkning plus de träd som var svårbedömda. Det verkliga värdet bör ligga mellan dessa två värden. Då skillnaden var relativt liten redovisas här bara ett snittvärde. Volymandelen döda träd används i statistiken för att jämföra olika hänsynsytor. Denna volymandel är beräknad som: volymen döda gkt / (volymen levande + döda gkt). Volymen är den som observerades vid andra inventeringen, och de döda träd som dött före avverkningen har exkluderats.

4.2.3 ÅRLIG MORTALITET

Genom att jämföra antalet levande träd som fanns vid första inventeringen med antalet levande och döda träd som fanns vid andra inventeringen kunde en årlig mortalitet räknas ut för tall, gran, björk och löv (övrigt löv och björk). Årlig mortalitet är andelen av träden som dör per år. Denna beräkning gjordes bara på de ytor där trädantalet, inom ett eller flera trädslag, vid första och andra inventeringen stämde exakt med varandra (sammanlagt 24 hänsynsytor). Vid inventeringarna 1994 angavs endast volymen, och inte antalet levande träd, därför gick de heller inte att använda till dessa beräkningar. Beräkningen gjordes enligt formeln i Appendix 1 och för att se om mortaliteten förändrades över tid beräknades den årliga mortaliteten i de två åldersgrupperna 6 år respektive 12-13 år. För att testa om skillnaden i årlig mortalitet mellan åldersgrupper och trädslag var signifikant gjordes en uträkning för varje förekommande trädslag i varje hänsynsyta.

⁵ Personlig kommunikation Ulf Ormestad, 2012-04-24

4.2.4 STÅENDE DÖD VED UTANFÖR HÄNSYNSYTOR

Varje stående dött träd och naturlig högstubbe som inte ingick i någon hänsynsyta räknades vid båda inventeringstillfällena och trädslaget noterades som tall, gran eller löv. För att räknas som träd krävdes att minst 75 % av stammen stod upp och att en del av kronan fanns kvar, i annat fall var det en högstubbe. Detta är samma riktlinjer som användes vid första inventeringen⁶. För att vara tidseffektiv valdes dock naturliga högstubbar < 5 m bort vid återinventeringen och likaså återinventerades inte heller kapade högstubbar. I 3 av 25 bestånd hade återväxten blivit för hög och tät att det inte gick att genomföra någon inventering alls av den stående död ved. Bhd som gällde för godkända träd på trakten gällde också dessa träd och stubbar. Antalet döda träd vid första inventeringstillfället jämfördes med antalet vid andra inventeringstillfället och förändringen testades statistiskt mot år efter avverkning, antal levande träd vid första inventeringen samt ungskogens nettoareal. Utifrån vad som fanns vid första inventeringstillfället har totala antalet (döda träd och naturliga stubbar) vid andra inventeringstillfället jämförts mellan åldersgrupperna. Med levande träd vid första inventeringen menas de spridda träd som inte ingick i någon hänsynsyta och med nettoareal menas den hyggesareal (bruttoarealen) som fanns noterat på gamla inventeringsprotokollet minus arealen av hänsynsytor och impediment.

4.2.5 HÄNSYNSYTOR

Med hjälp av en handhållen GPS (av modellen Garmin 60CSx) mättes arealen och omkretsen på varje hänsynsyta. Areal och omkrets användes för att räkna ut ett jämförbart index som visade hänsynsytans kantmängd i förhållande till ytan. Utifrån en fyrskalig gradering bedömdes också hur exponerad hänsynsytan var för vinden. Skalan var från skyddat, det vill säga i en svacka eller i bra skydd av annan skog, till mycket utsatt som innebar en höjd eller kulle långt från närmaste skog (Tabell 3). När det gäller kantzoner där ena sidan vätte mot en sjö, åker eller annan konstant öppen yta bedömdes bara sidan som vätte mot det tidigare hygget. Två av kantzonerna angränsade mot vattendrag, fem mot sjö, två mot jordbruksmark och resterande elva mot myr.

4.3 STATISTISKA BERÄKNINGAR

För att göra de statistiska beräkningarna användes statistikprogrammet SPSS version 19. I jämförelsen av inventeringsresultaten mellan första och andra inventeringen användes parat t-test och vid behov har resultaten log-transformerats före analysen. Linjär regression eller en envägs-Anova (i SPSS: GLM (general linear model) Univariate Analysis)) användes vid analys av volymförändring av levande träd, volymandelen döda träd samt den årliga mortaliteten. De två

⁶ Personlig kommunikation Ulf Ormestad, 2012-04-24

sistnämnda transformerades genom $\arcsin\sqrt{\quad}$. Syftet med alla transformationer var att komma närmare normalfördelning.

Tabell 3 Inventeringsmetodik och vad som inventerades vid de olika inventeringstillfällena. Första inventeringen har skett 1994, 1999/2000 eller 2006 i syfte att göra ett grönt bokslut. Andra inventeringen har skett 2012 i syfte att följa upp vad som hänt med de träd som lämnats. Vid första inventeringen har också kulturhänsyn, körskador, bäcköverfarter och hyggets storlek och form bedömts.

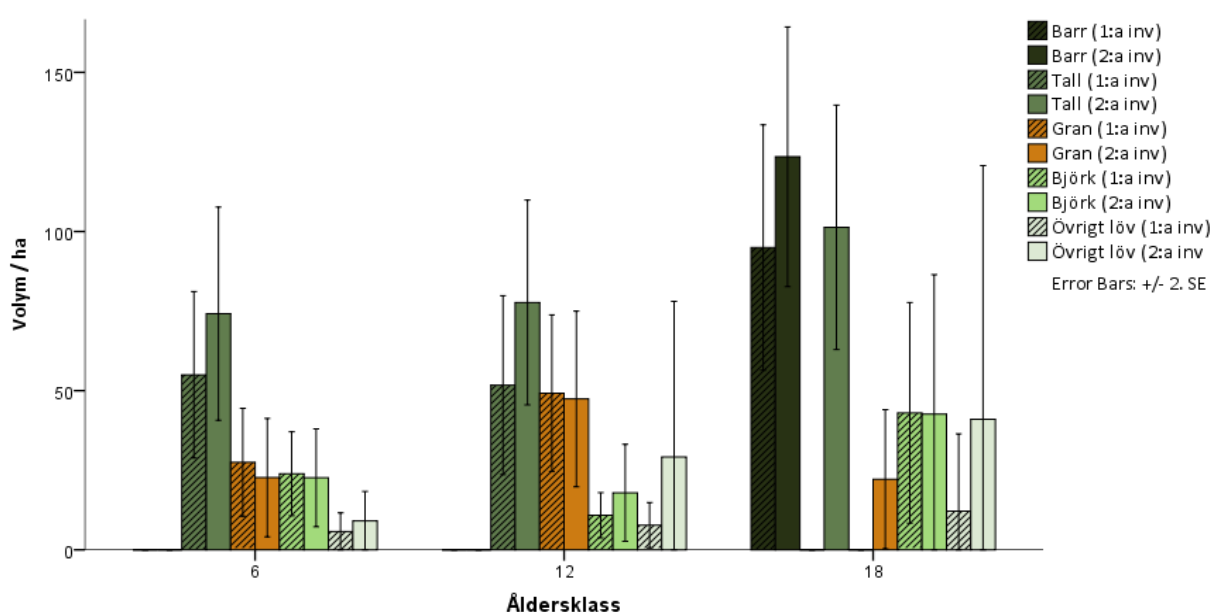
	1:a inventering (grönt bokslut)	2:a inventering
Sparade ytor		
Övergripande typ	Impediment Avvikande biotop (däribland olika typer av sumpskogar) Hänsynsyta vanlig skog Gröna träd – levande träd som lämnats spridda eller i grupp (minst 10 träd) Kantzons/skyddszon	Sumpskog Trädgrupp (gröna träd alternativt hänsynsyta vanlig skog) Kantzons (inklusive skyddszon)
Underordnande typ	Olika varianter av kategorierna ovan	-
Areal	Ja (ha)	Ja, (ha)
Omkrets	-	Ja, (m)
Läge	-	Fyrgradig skala som beskriver hänsynsytans vindexponering i landskapet där 1 = skyddat och 4 = mycket utsatt.
Levande träd	För trakten godkända träd i volym för respektive tall och gran (1994; barr), björk samt övrigt löv (2006; uppdelat i asp och övrigt löv). Också antalet träd noterat 1999/2000 och 2006.	Volym och antal i respektive trädslag (tall, gran, björk, asp och övrigt löv) och i två dimensionsklasser: klenare- och grövre godkända träd ^a
Volymuppskattning	Olika metoder har använts beroende på hänsynsytans storlek. Vid små ytor har volymen på en medelstam i respektive trädslag multiplicerats med antalet stammar. (m ³ fub)	Medelstam för respektive trädslag och dimensionsklass (m ³ sk)
Tillväxt	-	Bredden på årsringarna som har vuxit mellan inventeringstillfällena x 2 (cm)
Döda träd	-	För varje träd/del av träd noterades volym, trädslag, nedbrytningsgrad. En bedömning om trädet dött före eller efter avverkning gjordes samt huruvida trädet stod, var liggande med- eller utan rotvälta. (m ³)
Borttagna träd	-	Stubbens höjd och diameter mättes. Om stubben var högre än normalt, lutade eller om det fanns andra spår på att trädet varit vindfällt så noterades det som "borttaget vindfällt träd". Fanns inte dessa spår noterades det som "övrigt borttaget". (m ³ sk/m ³)
Övriga funktioner		
Gröna träd	Levande, ej gruppställda, träd som för trakten har en godkänd bhd.	-
Döda träd (utanför de sparade ytorna)	Total volym och antalet av lågor, naturliga stubbar och stående träd. 1994-2000 indelat i tall, gran, löv och 2006 ej indelat i trädslag.	Antal av stående träd och naturliga stubbar > 5 m i respektive trädslag: tall, gran och löv.
Nya högstubbar	Antal och volym i respektive trädslag; tall, gran och löv.	-

^ase inventeringsmetodik av levande träd sidan 12.

5 RESULTAT

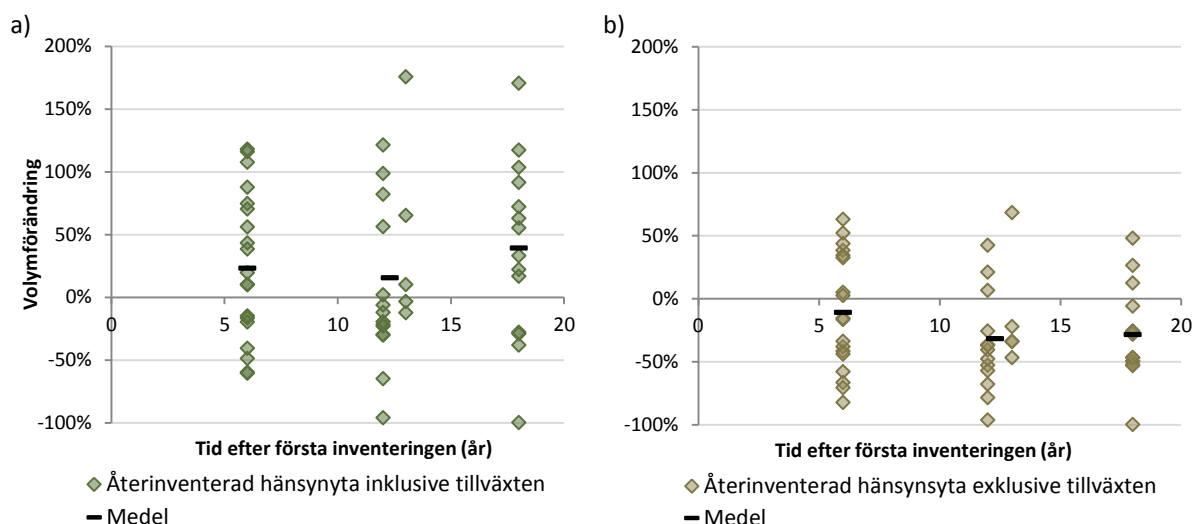
5.1 VOLYMFÖRÄNDRINGEN AV LEVANDE TRÄD

Volymförändringen av levande träd inom hänsynsytorna visade en stor variation, från -100% till +176% (Fig. 2 och 3a). I genomsnitt ökade volymen med 27% mellan första och andra inventeringen vilket motsvarade $30 \text{ m}^3 \text{sk} \cdot \text{ha}^{-1}$. Den observerade medelökningen var dock inte signifikant ($p=0,180$; parat t-test). Inte heller var det någon skillnad mellan åldersklasserna eller mellan de olika typerna av hänsynsyta ($p=0,904$ respektive $p=0,075$; GLM Univariate Analysis).



Figur 2 Medelvolymer per hektar i respektive trädslag vid första inventeringen (1:a inv) som skedde 1994, 1999/2000 samt 2006 och vid återinventeringen 2012 (2:a inv). Åldersklassen är antal år som gått mellan inventeringarna och vid inventeringen 1994 noterades tall och gran gemensamt som barrträd.

Om man räknar bort all typ av volymtillväxt har det skett en signifikant minskning inom hänsynsytorna ($p<0,001$; parat t-test; Figur 3b), denna minskning var i genomsnitt 23%. Fortfarande fanns ingen signifikant skillnad mellan åldersklasserna ($p=0,137$; GLM Univariate Analysis) men det fanns en skillnad mellan hänsynsyornas olika typer ($p=0,044$; GLM Univariate Analysis) som visar störst minskning i sumpskogarna och minst i kantzoner. Oavsett om tillväxten räknats bort eller inte fanns inget samband mellan volymförändring och kantindex, hänsynsyntans exponering eller trädthet (linjär regression).



Figur 3 Skillnaden i volym (%) mellan första och andra inventeringen. Återinventeringen är gjord med 6 till 18 års mellanrum i 52 hänsynsytor i 25 ungskogar i Mellansverige. (a) Den uppvisade förändringen av volym inom hänsynsytorna baserat på godkända träd, och (b) förändringen efter att tillväxten som har ägt rum mellan inventeringarna (i form av grövre, högre och fler träd) har beräknats och dragits bort.

5.2 DÖD VED OCH BORTTAGNA TRÄD INOM HÄNSYNSYTORNA

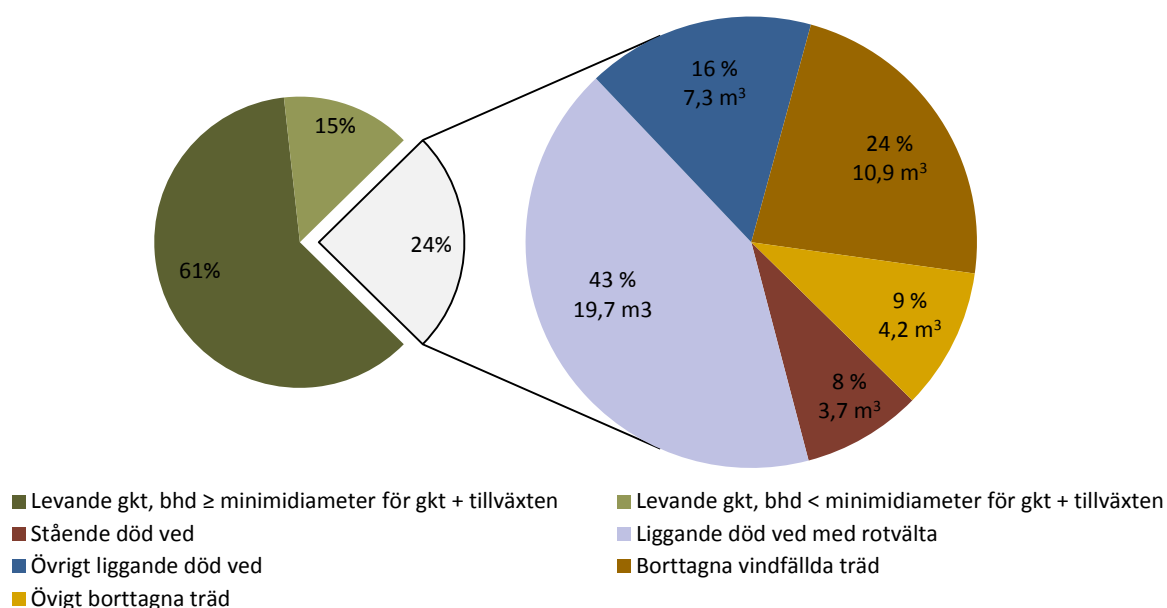
Medelvolymen av uppmätt död ved, inklusive borttagna träd, var 60,0 ($\pm 70,7$; SD) m^3 per ha och hänsynsyta (Fig. 4). Av denna döda ved hade 45,8 ($\pm 54,8$; SD) $m^3 \cdot ha^{-1}$ uppkommit efter avverkningen vilket innebär att 24% (± 25 ; SD) av hänsynsyntans volym, vid andrainventeringen, dött efter att hänsynsytan skapats (Tabell 4, Fig. 4). Variationen var dock stor och varierade mellan 0-100%.

Tabell 4. Mängden döda träd i m^3 per hektar och volymandel, fördelat på trädslag och typ av hänsynsyta i medel \pm SD. (Volym)andelen beräknas som döda gkt / (döda gkt + levande gkt). Träd som dött före avverkning har exkluderats och all volym är den som observerats vid andrainventeringen. "Andel av totala" är baserad på alla 57 hänsynsytor och visar att döda tallar är det som förekommit med störst volym. Medan "Volymandel" är baserad på de hänsynsytor där trädarten förekommit och beräkningarna är gjorda specifikt för varje trädslag vilket visar att de trädslag som i störst utsträckning dött är kvarlämnade granar och aspar.

	Volym ($m^3 \cdot ha^{-1}$)	Andel av totala (%)	n	Volymandel (%)	n
Tall	18,8 \pm 32,7	10,0 \pm 13,0	57	21,5 \pm 27,7	54
Gran	18,2 \pm 32,9	9,0 \pm 16,2	57	26,0 \pm 29,9	47
Björk	7,8 \pm 21,7	4,5 \pm 12,2	57	21,3 \pm 33,5	42
Asp	0,6 \pm 4,4	0,08 \pm 0,3	57	26,0 \pm 41,2	10
Övrigt löv	0,3 \pm 1,2	0,07 \pm 0,2	57	9,6 \pm 23,5	22
Totalt	45,8 \pm 54,8		57	23,6 \pm 24,9	57
Trädgrupp	76,5 \pm 74,6		18	28,2 \pm 21,6	18
Sumpskog	48,9 \pm 39,2		19	34,3 \pm 30,1	19
Kantzön	14,6 \pm 22,2		20	8,5 \pm 12,1	20

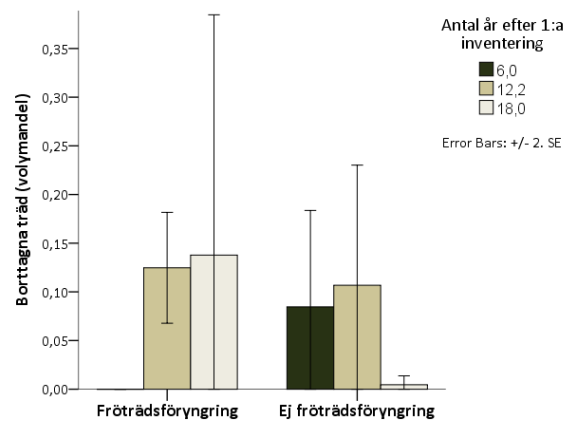
Proportionen döda träd inom respektive trädslag var högre för gran och asp än tall och björk. Minst volymandel fanns inom övrigt löv (Tabell 4)

Mellan åldersgrupperna fanns ingen signifikant skillnad i proportionen döda träd ($p=0,804$; GLM Univariate Analysis). Däremot fanns samma mönster som i volymförändringen av levande träd, det vill säga en signifikant skillnad mellan hänsynsyornas typ. Flest träd hade dött i sumpskogarna följt av trädgrupper och kantzoner ($p<0,001$; GLM Univariate Analysis; Tabell 4). Ytorna som växte utsatta hade också en högre volymandel döda träd än de som växte mer skyddat ($p=0,009$; linjär regression). Av de hänsynsytor som ingick i studien växte 21 av 57 skyddat och endast 3 av 57 växte mycket utsatt. Att mängden kant på en hänsynsyta skulle påverka hur många träd som dött gick inte att se och inte heller hänsynsyntans trädthet visade någon påverkan ($p=0,112$ respektive $p=0,252$; linjär regression).



Figur 4 Fördelningen av levande och döda träd i genomsnitt i de sex till arton år gamla hänsynsytor. Den mindre cirkeln visar fördelningen av levande grova och klena gkt samt den totala andelen döda gkt som skapats efter avverkningen. Den större cirkeln visar medelvolymer och den strukturella fördelningen av dessa döda träd uppdelat i: stående död ved, liggande död ved med rotvälta och utan rotvälta samt borttagna vindfällda träd och övrigt borttagna träd.

Av träden som dött efter avverkning utgjorde vindfällda träd den största delen (67%) och de bestod av liggande träd med rotvälta (43%) och borttagna vindfällda träd (24%; Fig. 4). Träd som plockats bort utan att ha varit vindfällda (övrig bortagna träd) utgjorde ca 9% och dessa träd har troligen också dött på grund av att de avverkats. Medelvolymen av allt som plockats är alltså 33% av volymavgången vilket motsvarar $14,9 (\pm 40,4; SD) \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ hänsynsyta. Träd hade tagits bort i 18 (32%) av de 57 inventerade hänsynsytor. I ungskogar som haft fröträd förekom att träd plockats bort i 55% av hänsynsytor och i ungskogarna som aldrig haft fröträd hade träd plockats bort i 23% av hänsynsytor. Denna skillnad var signifikant ($p=0,016$; Pearson chi-två), däremot var det ingen signifikant skillnad i uttagen volymandel mellan fröträdsföryngrade ungskogar och de utan fröträd (fig. 5), inte heller var det någon skillnad mellan åldersklasserna ($p=0,333$ respektive $p=0,557$; GLM Univariate Analysis).



Figur 5 Andelen borttagen volym av levande och döda träd inom hänsynsytor i ungskogar som återföryngrats med och utan hjälp av fröträd. Fördelat på åldersklasserna 6 år ($n=3$; 16), 12 ($n=7$; 14) och 18 ($n=8$; 9).

5.1 ÅRLIG MORTALITET

I beräkningen av mortalitet inkluderades de 260 träd som med säkerhet kunde härledas till den första inventeringen. Av dessa var 100 tallar, 106 granar, 47 björkar och 7 övrigt löv. Träden var fördelade på 9 hänsynsytor i åldersgruppen 12-13 år (12,3; medel) och 15 från åldersgruppen 6 år. Dock fanns inte alla trädslag representerade i alla ytor. Gemensamt för ytorna var att storleken (ha) var relativt liten ($0,06 \pm 0,07$; medel \pm SD) och att de antal träd som gick att härleda ofta var få per yta ($5,53 \pm 5,76$; medel \pm SD).

Den årliga mortaliteten var 9,8% i den yngre åldersgruppen (sex år) och 1,8% i den äldre (12 - 13 år). Skillnaden mellan de två åldersgrupperna var signifikant men inte skillnaden mellan trädslagen ($p=0,007$ respektive $p=0,485$; GLM Univariate Analysis; Tabell 5).

Tabell 5: Årlig mortalitet beräknat på träd lämnade i 24 hänsynsytor i 13 ungskogar spridda i Mellansverige. Mortaliteten är beräknad på antalet observerade träd i respektive trädslag och i två åldersklasser.

	6 år efter avverkning			12-13 år efter avverkning		
	Årlig mortalitet (%)	Total mortalitet (%)	n ^a	Årlig mortalitet (%)	Total mortalitet (%)	n ^a
Tall	6,8	34,6	78	1,6	18,2	22
Gran	15,9	64,5	31	2,1	22,7	75
Björk	14,0	59,5	37	0,9	10,0	10
Löv^b	12,0	53,7	41	0,7	7,7	13
Totalt	9,8	46,0	150	1,8	20,0	110

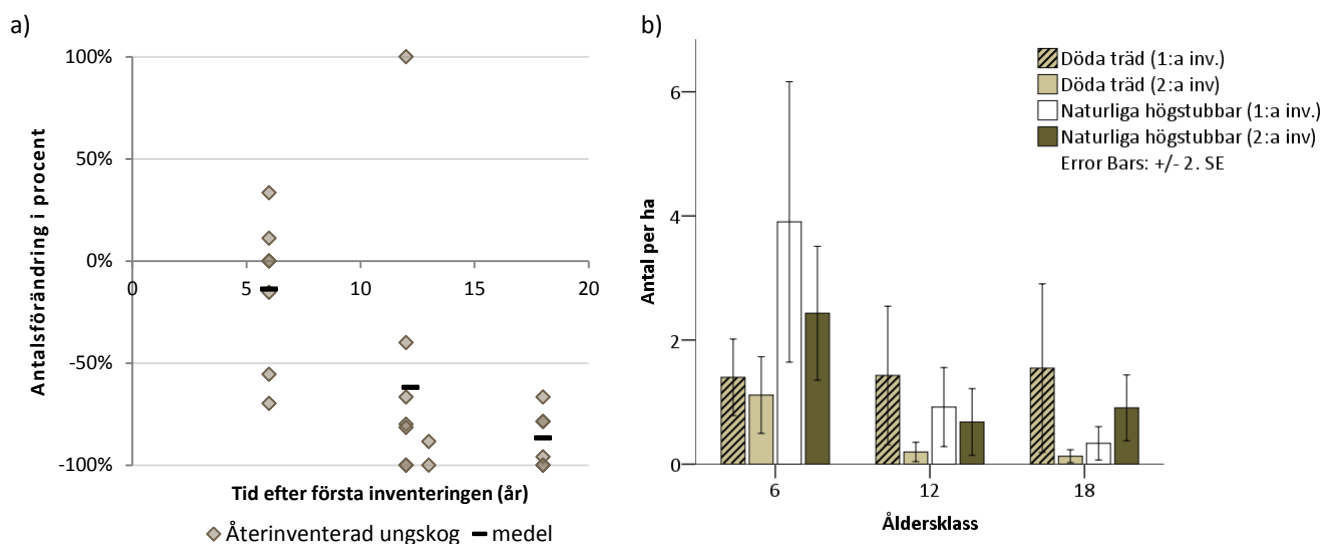
^aAntal träd

^bLövträd inklusive björk

5.2 STÅENDE DÖD VED UTANFÖR HÄNSYNSYTOR

Antalet döda träd hade minskat mellan första och andra inventeringen och det var en större minskning i de äldre ungskogarna än i de yngre ($P=0,031$; GLM Univariate Analysis; Fig. 6a). Förändringen av det totala antalet döda träd och naturliga högstubbar skiljde sig däremot inte mellan åldersklasserna ($p=0,963$; GLM Univariate Analysis). Vidare påverkade inte traktens nettoareal eller mängden levande träd den observerade minskningen av döda träd ($p=0,169$ respektive $p=0,637$; linjär regression).

Tall är det trädslag som vid andra inventeringen förekom mest som döda träd och naturliga högstubbar (1,3 per ha), följt av löv (0,3 per ha) och gran (0,2 per ha). Det totala antalet som lämnats vid avverkningen i de olika åldersklasserna skiljer sig åt; flera döda träd och högstubbar per ha har lämnats vid avverkningarna som skett mer nyligen än de som skett längre bak i tiden ($p=0,024$; GLM Univariate Analysis). Framförallt är det antalet högstubbar som står för skillnaden (Fig. 6b).



Figur 6 a) Förändringen av antalet döda träd utanför hänsynsytor på hyggets nettoareal (bruttoareal minus hänsynsytor och impediment), som noterats vid återinventeringen av 22 före detta hyggen. b) Medelantalet naturliga högstubbar och döda träd som observerats på hyggen vid första inventeringen (1:a inv.) och återinventeringen (2:a inv.). Observera att alla naturliga högstubbar har räknats vid första inventeringen medan naturliga högstubbar med en minimihöjd på 5m räknats vid andra inventeringen. Åldersklasserna 6 ($n=7$), 12-13 ($n=9$) och 18 ($n=6$) representerar det antal år som gått mellan inventeringstillfällena.

6 DISKUSSION

6.1 MORTALITET OCH VOLYMAVGÅNG FÖR KVARLÄMNAD TRÄD

Den årliga mortaliteten är högre på träd i hänsynsytor som är sex år gamla (9,8 % per år) i jämförelse med de som är tolv år gamla (1,8 % per år). Detta mortalitetsmönster med högre avgångar tidigt efter avverkning bekräftas av andra studier gjorda på kvarlämnade träd (Jönsson et al., 2007; Rosenvald et al., 2008; Sahlin & Ranius, 2008). Jönsson et al. (2007) observerade fem hänsynsytor i olika storlekar i en och samma trakt under 18 år i två perioder. Den årliga mortaliteten var 9,1-14,0% under de första fem åren och 1,5-5,3% under de resterande åren i tre av hänsynsytorna (0,12, 0,24 och 0,5 ha), beräknat på samma sätt som i denna studie. Trakten var vindutsatt och i den minsta hänsynsytan (0,06 ha) dog alla träd under den första perioden. Enligt deras studie minskade mortaliteten med en ökad storlek på hänsynsytan. Av praktiska skäl inventerade jag bara små hänsynsytor (0,12 ha i medel på alla hänsynsytor och 0,06 ha i medel på hänsynsytor med årlig mortalitetsberäkning). Därför kan man anta att mortaliteten är lägre om alla hänsynsytor inkluderas. Rosenvald et al. (2008) konstaterar att mortaliteten minskar med tiden och att den årliga mortaliteten i genomsnitt var 6,8 och 8,2%, fem och sex år efter avverkningen. Studien undersökte kvarlämnade träd på estländska hyggen där de flesta träd var fristående. Vidare har den årliga

mortaliteten på aspar i Mellansverige uppmätts till 6,3% (0-4 år efter avverkning) och 1,1% (5-15 år efter avverkning) av Sahlin & Ranius (2008). Även de äldre hyggena har således en högre årlig mortalitet än de 0,2-0,8% som har konstaterats i slutet skog (Eid & Tuhus, 2001; Eid & Øyen, 2003; Ozolincius et al., 2005; Jönsson et al., 2007; Ranius et al., 2003.) Att det inte finns någon skillnad mellan åldersklasserna när det gäller förändringen av levande träd eller mängden död ved och borttagna träd visar också att den stora volymförändringen sker innan hänsynsytan är sex år gammal. Första tiden efter avverkningen är således en känslig period för trädets överlevnad

Bland de inventerade ytorna visar volymandelen döda träd (0-100%) och volymförändringen av levande träd (-100 till +176%) stor variation. Eid och Øyen (2003) konstaterar att träd mortalitet är ett fenomen som är ovanligt, slumpmässigt och oregelbundet och Ozolincius et al. (2005) att orsakerna ofta är komplexa där olika orsaker samverkar. Fler studier konstaterar att den årliga mortaliteten inte är jämn över åren utan varierar mellan olika tidsperioder (Linder, 1998; Jönsson et al., 2011). Orsakerna kan vara extrema väderförhållanden, insektsutbrott eller andra mer eller mindre slumpmässiga faktorer (Ozolincius et al., 2005). Skillnaden i den totala mortaliteten mellan åldersklasserna (Tabell 5) och den stora variationen mellan hänsynsytor (Fig. 3; Tabell 4) kan visa på olika känslighet under extrema år och att mindre extrema faktorer, såsom exempelvis mindre extremt väder eller förändrade grundvattenförhållanden gör större skillnad på träd i yngre hänsynsytor. Dessa mindre extrema fenomen uppträder troligen också mer lokalt.

Om man bortser från all volymtillväxt som har skett mellan inventeringarna har volymen levande träd minskat med i genomsnitt 23%. Genom att titta på andelen döda träd som dött efter avverkningen så är den i genomsnitt 24%. Dessa två parametrar, som visar en minskning av trädvolymen som lämnats sex till arton år tidigare, går att jämföra med Jönsson et al. (2007) som konstaterar att hälften av alla träd i deras studie dött efter 18 år, samt Rosenvald et al. (2008) där 42% och 38% av volymen tillhör träd som dött efter fem och sex år. Mina båda uträknade siffror underskattar troligen den verkliga minskningen. Flera ytor visar fortfarande en volymökning av de levande träden trots avdraget av volymtillväxten (Fig. 3b) Anledningarna till detta, förutom att själva tillväxten troligen underskattats, är att hänsynsyornas gränser kan ha skiljt sig åt mellan inventeringarna. Detta problem kunde framförallt uppstå i kantzoner där gränser kunde vara svårbedömda. Volymandelen döda träd är en andel av totala volymen, där hänsyn till trädens tillväxt som har skett mellan inventeringarna inte tagits. Om tillväxten (på levande träd samt den som skett på döda träd innan de dog) exkluderats hade volymandelen döda träd troligen ökat. I genomsnitt har 10,8 m³sk levande träd per hänsynsyta lämnats i de hänsynsytor som har inventerats (Tabell 2). Enligt skogsstyrelsens statistik baserad på hela Sverige är den lämnade trädvolymen 13,1 m³sk per avverkad hektar mellan åren 1999 och 2008,

där den största delen är lämnad i någon form av hänsynsyta (Skogsstyrelsen & Naturvårdsverket, 2011).

6.2 AVGÖRANDE FAKTORER FÖR MORTALITETEN

Det var skillnad i volymavgång mellan hänsynsytor av olika typ och med olika placering på hygget. I sumpskogarna fanns en högre andel döda träd (Tabell 4) följt av trädgrupp och kantzon och samma mönster bekräftas i volymminskningen av levande träd. Hautala & Vanha-Majamaa (2006) menar att kombinationen av överliggande torvlager på en stenig mark och grunda rotsystem förklarar varför det finns en högre mortalitet i kvarlämnade sumpskogar jämfört med trädgrupper i deras studie. Detta skulle göra träden mer känsliga för att bli vindfällda. Rosenvald et al. (2008) observerade inte samma mönster och resonerar att detta kan bero på att ytorna på våtmark var påverkade av dikning. Dessutom iakttog de att kvarlämnade träd som vuxit upp i nära anslutning till en öppen yta inte dog i samma utsträckning som övriga träd därför att de i ett tidigare stadium blivit mer utsatta för vind och därför har blivit mer stormfasta. Eftersom minst volymavgång skett i kantzonerna i min studie kan man anta att samma slutsats går att dra här. Kantzonerna har också i medel ett högre kantindex (Tabell 2) vilket troligen påverkat att det inte fanns något samband mellan kantindex och volymförändringen av levande och döda träd. Av den volymavgång som har skett efter avverkningsen är i genomsnitt 67% vindrelaterad, och då har inte träden som ramlat omkull på grund av stambrott inkluderats, vilket innebär att den totala andelen bör vara högre. Den totala andelen döda träd ökar också ju mer exponerat hänsynsytan växer vilket visar att vinden är en viktig orsak till den naturliga avgången på kvarlämnade hänsynsytor. Detta bekräftas av andra studier (Hautala & Vanha-Majamaa, 2006; Jönsson et al., 2007; Lavoie et al., 2012; Rosenvald et al., 2008). Rosenvald et al. (2008) visar en lägre mortalitet på hyggen med högre täthet av kvarlämnade träd. Trädtätheten inom hänsynsytor (n=39) påverkade inte mortaliteten, volymförändringen av levande träd eller mängden död ved i min studie. För att se om lämnade fröträd ger ett visst skydd under de första kritiska åren testades förekomsten av dessa mot andelen vindfällda träd. Resultatet visade ett p-värde på 0,120 (GLM Univariate Analysis) vilket innebär att det finns en svag tendens till det. Sammanfattningsvis kan hänsynsytans placering i förhållande till tidigare öppna ytor, såsom sjöar och myrar, minska volymavgången medan placeringen i förhållande till nyligen öppna avverkningsytor ökar avgången. Detta i kombination av olika mark- och vattenförhållanden gör att volymavgången skiljer sig åt mellan hänsynsytor.

Volymen borttagna träd var i genomsnitt 14,9 m³ per hektar hänsynsyta, vilket innebär att man kan förvänta sig att ca 8,4% av volymen gkt i en äldre hänsynsyta (≥6 år) har tagits bort. Knappt tre fjärdedelar av det borttagna är vindfällda träd, vilket framförallt innebär en minskning av död ved och drygt en fjärdedel (4,2 m³ per hektar) av den borttagna volymen tillhör träd som troligen har dött

genom avverkning. Efter att Stora Enso har blivit miljöcertifierat (1996-1998) ska träd som lämnats i naturhänsynssyfte inte avverkas (FSC, 2010). Färska (< 1 år gamla) vindfällda träd ska inte tas bort, och även om dessa inkluderar barrträd där volymen överstiger 5 m³ ska de lämnas, men då ska en dispens sökas hos Skogsstyrelsen för detta (Stora Enso Skog, 2011). Denna studie visar att risken för att träd tas bort ökar om det har förekommit fröträd. Eftersom fröträdsföryngring förutsätter att avverkningsmaskiner besöker trakten en andra gång kan man anta att träden försvinner vid samma tillfälle som fröträden tas bort. Även upparbetning av vindfällda träd i närheten förutsätter maskiner och därför kan även detta öka risken att träd forslas ut ur skogen. Vid två tillfällen hade fröträd lämnats i direkt anslutning till en hänsynsyta, vilket visar att hänsynen också kan bli större än vad som noterats vid första inventeringen. Att föryngra ett hygge med hjälp av fröträd har under senare tid blivit mindre vanligt, mellan 2008 och 2011 har 20% av den avverkade arealen i Sverige återföryngrats med hjälp av fröträd (Skogsstyrelsen, 2012). Stora Enso har slutat använda denna metod, vilket kan förklara varför så få hyggen i åldersklassen 6 år har haft fröträd (1 av 8), och detta skulle kunna innebära att kvarlämnad naturhänsyn inte avverkas i samma utsträckning idag som tidigare. Samtidigt kan den vindrelaterade mortaliteten öka något och "kvarglömda" fröträd bidrar inte längre till att den tilltänkta hänsynsvolymen ökar. Förekomstfrekvensen (32%) av antalet hänsynsytor där träd tagits bort är hälften av den som Larsson & Elander (2004) visar i sin studie gjord i Östergötland. Skillnaden kan bero på att Larson och Elander tittade på hyggen som ägs av privata markägare i en mer tätbefolkad region. Kvarlämnad naturhänsyn fungerar bland annat som en vedkälla för privatpersoner som äger marken (Larsson & Elander, 2004) men det kan också förekomma att privatpersoner tar kvarlämnade träd på mark som inte är deras, antingen illegalt eller med en lös muntlig överenskommelse. Detta har tidigare skett på Stora Ensos marker men är troligen inte så vanligt idag⁷. Av studiens alla noterade stubbar var det ingen som hade spår av manuell huggning

Att uppskatta om ett träd dött före eller efter avverkning är svårt och uppskattningen i denna studie är grov. En viss hjälp kunde fås av antalet träd som levde vid första inventeringen och dess volym. Också lågans läge, dödsorsak och nedbrytningsgrad hjälpte till i uppskattningen. Enligt Storaunet & Rolstad (2002) finns det ett samband mellan tiden när granar faller omkull och dess nedbrytningsgrad men inget samband mellan trädets död och nedbrytningsgrad. Detta beror på att nedbrytningen sker långsamt på stående död ved och att det därför är svårt att förutsäga hur länge trädet har varit dött stående.

⁷ Personlig kommunikation, Ulf Ormestad 2012-10-03

6.3 STÅENDE DÖD VED UTANFÖR HÄNSYNSYTORNA

Minskningen av antal döda träd (Fig. 6a) beror på att det sker en viss nedbrytning av den stående döda veden kontinuerligt. Den observerade förändringen är en balans mellan att ny stående ved skapas av levande träd och att den befintliga veden står kvar eller ramlar omkull. Eftersom inte antalet levande träd påverkar förändringen av antalet döda träd kan man anta att det krävs en större mängd levande träd eller att dessa träd inte dör stående i den utsträckning som behövs för att väga upp antalet som faller och går av. Antalet levande träd som lämnats utanför hänsynsytorna varierade från 0,6 till 15,8 per ha (medel 4,9) vid den första inventeringen, med en viss ökning i yngre åldersklasser. För hela landet är antalet lämnade träd i genomsnitt 8,2 per hektar, baserat på träd (bhd>15 cm) lämnade under perioden 1999 till 2008 (Skogsstyrelsen & Naturvårdsverket, 2011). Att vinden är en viktig faktor som faller stående död ved gick inte heller att bekräfta eftersom det inte fanns något samband med förändringen av döda träd och hyggets storlek, som antas återspegla utsatthet för vind. Jönsson et al. (2007) iakttog inte en successiv minskning av stående död ved med hyggets ålder. Där var minskningen kraftig den första perioden (år 0 till 5 efter avverkning) för att under andra perioden (år 5 till 18) ersättas av en liten ökning. Denna undersökning skedde i hänsynsytor och de flesta träd som dog i andra perioden gjorde det stående. Om man tittar på den förändring som skett av totala antalet (döda träd och naturliga högstubbar) och hur den förändringen skiljer sig åt mellan åldersklasserna, så går det inte att se någon skillnad mellan år sex och arton. Att åldersklasserna inte skiljer sig åt kan bero på att den ved som lätt faller omkull gör detta de första sex åren, och att högstubbar som finns kvar är av den kvalitén att de bryts ner relativt långsamt. Exempelvis faller ett träd omkull snabbare om kvalitén på veden påverkats av att trädet dött av svampangrepp i jämförelse om det torkat eller dött av insektsangrepp, och då bibehållit den hårda veden (Storaunet & Rolstad, 2002). Döda stående granar, undersökta i ett skogsbestånd, stod i genomsnitt 22 år (Storaunet & Rolstad, 2002). Som stående död ved var tall det trädslag som förekom i störst utsträckning i denna studie och den var också i många fall brandpåverkad. Brandpåverkad tallved bryts ner långsamt (Linder 1998) vilket gör att de 12 år som skiljer åldersklasserna åt, kan vara för kort tidsperiod för att ge en skillnad i mängd. Förändringen av naturliga högstubbar under fem meter gick inte att mäta. Om denna förändring sett olika ut i de olika åldersklasserna så skulle detta kunna påverka resultatet när förändringen av totala antalet jämförs mellan åldersklasserna.

Resultatet från första inventeringen visar att mängden stående död ved utanför hänsynsytorna ökat successivt sedan 1994. Det fanns mer stående död ved i åldersklassen 2006 (5,3 st. per ha) än 1999/2000 (2,3 st. per ha) respektive 1994 (1,9 st. per ha). Under perioden 1999 till 2008 visar Skogsstyrelsens statistik att det i genomsnitt över hela landet lämnats drygt tre döda träd (inklusive

naturliga och kapade högstubbar) per hektar (Skogsstyrelsen & Naturvårdsverket, 2011). Att det lämnas mer stående död ved idag än tidigare avspeglar sig också i ungskogarna (Kruys et al., opubl.; Skogsstatistisk årsbok, 2012; Widenfalk & Weslien, 2007). Att det i mitt urval av hyggen har lämnats flera döda träd och stubbar under senare tid skulle kunna bero på att kunskapen har ökat och att skogsentreprenörerna lämnar mer och är mer försiktiga när de avverkar, men det kan också spegla att skogarna som avverkats under senare tid innehåller mer död ved.

7 SLUTSATS

- Hur utvecklas volymen levande träd över tid i hänsynsytor? Hur stor är volymavgången och vilka är orsakerna till denna eventuella minskning?

Resultatet visar att volymutvecklingen över tid i lämnade hänsynsytor varierar mycket. Den observerade medelökningen som skett av hänsynsyornas totala trädvolym (27%) var inte signifikant. Trädvolymen som lämnats vid avverkningarna har däremot minskat signifikant, minskningen är minst 23% efter sex till arton år. Volymavgången beror inte i första hand av hur gammal hänsynsytan är utan andra faktorer är viktigare såsom typ av hänsynsyta och vart de placerats på hygget. Den största delen av de döda träden är vindfällda (67%) och en tredjedel av dessa har tagits bort. 9% har också dött på grund av att de plockats bort medan resterande död ved finns representerad som liggande utan rotvälta eller stående.

- Hur stor är den årliga mortaliteten för träd som lämnats i hänsynsytor?

Den årliga mortaliteten på de kvarlämnade träden gick att räkna ut på en del av ytornas träd och visade 9,8% och 1,8% i de sex respektive tolv år gamla hänsynsytor. Den totala mortaliteten i de olika åldersklasserna visar att träden haft olika förutsättningar för att överleva under de första känsliga åren.

- Förändras mängden stående död ved utanför hänsynsytor?

Antalet stående döda träd minskar kontinuerligt med tiden, men om man inkluderar naturliga högstubbar så syns ingen förändring mellan åldersklasserna sex, tolv och arton år. Orsaken till minskningen, som framförallt sker de första sex åren, är en kombination av få levande träd som skapar ny död ved och en nedbrytning av befintlig död ved.

8 SLUTSATSER FÖR PRAKTIKEN

I de fall det är önskvärt att trädkontinuiteten fortsätter över hyggesfasen är det en fördel att lämna träd som står mer skyddat och gärna på fast mark. Om träden sedan tidigare har varit utsatta för viss vindexponering ökar också chanserna att trädet överlever längre. Det kan i många andra fall vara viktigt att död ved skapas och

därför kan det vara positivt att träden blir stressade och dör stående eller faller omkull för vinden. Detta ökar den strukturella variationen och kan skapa ytor med höga naturvärden. Om denna variation ska bibehållas bör man också låta träden vara kvar och inte plocka bort dem i efterhand.

9 TACK

Tack mina handledare; Thomas för tiden, snabb respons och bra synpunkter och Martin för att du bjöd in mig i denna projektidé och att du funnits tillhands för frågor, funderingar och synpunkter. Tack också Börje Petersson, Bergvik Skog, för grundmaterialet och svar på de frågor jag haft samt Ulf Ormestad för att jag fick tillbringa en dag i fält med dig och ta del av din inventeringskunskap vad gäller det gröna boksslutet. Sist men inte minst Rebecca, Vilma och Nora – flickorna i mitt liv, Tack för att ni fått mig att också tänka på annat.

10 REFERENSER

- Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L., & Valinger, E. (2008) Skogsskötselns grunder och samband. Skogsskötselserien del 1. [online] Tillgänglig: <http://www.skogsstyrelsen.se/Aga-och-bruka/Skogsbruk/Skogsskotselserien/Skogsskotselns-grunder-och-samband> [2012-09-24]
- Almstedt Jansson, M., Ebenhard, T., & de Jong. (red). (2011) Naturvårdskedjan – för effektivare naturvård. CBM:s skriftserie 48. Centrum för biologisk mångfald, Sveriges lantbruksuniversitet, Uppsala.
- Bergquist, B. (1999) Påverkan och skyddszoner vid vattendrag i skogs- och jordbrukslandskapet. Rapport 1999:3. Fiskeriverket.
- Bergvik Skog (2012) Fältmanual för kvalitetsuppföljning i slutavverkning, Bergvik. Version 2012-02-22
- Brandel, G. (1990) Volymfunktioner för enskilda träd – tall, gran och björk. SLU. Institutionen för skogsproduktion, Rapport 26, Garpenberg.
- Eid, T. & Tuhus, E. (2001) Models for individual tree mortality in Norway. *Forest Ecology and Management*, 154, 69-84.
- Eid, T. & Øyen, B-H. (2003) Models for prediction of mortality in even-aged forest. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 18, 64-77.
- Forsberg, M., (2012) Skogen som livsmiljö: En rättsvetenskaplig studie om skyddet för biologisk mångfald. Uppsala Universitet. [online] Tillgänglig: uu.diva-portal.org [2012-12-29]
- FSC (2010) Svensk skogsbruksstandard enligt FSC med SLIMF-indikatorer. FSC. Tillgänglig: <http://se.fsc.org/svensk-skogsbruksstandard.265.htm> [2012-12-16]
- Gamfeldt, L. *et al.* (2013) Higher levels of multiple ecosystem services are found in forests with more tree species. *Nature Communications* 4, 1340
- Gustafsson, L., Kouki, J. & Sverdrup-Thygeson, A. (2010) Tree retention as a conservation measure in clear-cut forests of northern Europe: a review of ecological consequences. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25, 295-308.
- Hautala, H. & Vanha-Majamaa, I. (2006) Immediate tree uprooting after retention-felling in a coniferous boreal forest in Fennoscandia. *Canadian Journal of Forest Research*, 36, 3167-3172.
- Hörnberg, G., Zackarison, O., Segerström, U., Svensson, B.W., Ohlson, M., & Brandshaw, R.H.W. (1998) Boreal swamp forests: biodiversity "hotspots" in an impoverished forest landscape. *BioScience*, 48, 795-802.
- Johansson, T., Hjältén, J., de Jong, J. & von Stedingk, H. (2009) Generell hänsyn och naturvärdesindikatorer – funktionella metoder för att bevara och bedöma biologisk mångfald i skogslandskapet. Världsnaturfonden WWF, Solna.

- Jonsson, M., Ranius, T., Ekvall, H. & Bostedt, G. (2010) Cost-effectiveness of silvicultural measures to increase substrate availability for wood-dwelling species: A comparison among boreal tree species. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 25, 46-60
- Jonzén, J. (2011) Visualisering – ett verktyg för att illustrera långsiktiga konsekvenser av slutavverkning och naturhänsyn. Examensarbete vid Sveriges Lantbruksuniversitet
- Jönsson, M., Fraver, S., Jonsson, B.G., Dynesius, M., Rydgård, M. & Essen, P.-A. (2007) Eighteen years of tree mortality and structural changes in an experimentally fragmented Norway spruce forest. *Forest Ecology and Management*, 242, 306-313.
- Jönsson, M., Fraver, S. & Jonsson, B.G. (2011) Spatio-temporal variation of coarse woody debris input in woodland key habitats in Central Sweden. *Silva Fennica*, 45, 957-967.
- Kruys, N., Fridman, J., Götmark, F., Simonsson, P. & Gustafsson, L. (opubl.) Retaining trees for conservation at clearcutting has increased structural diversity in young Swedish production forests. Manus.
- Larsson, K., & Elander, J. (2004) Hantering av naturhänsyn efter slutavverkning i Östergötland. Examensarbete vid Linköpings Universitet.
- Lavoie, S., Ruel, J.C., Bergeron, Y. & Harvey, B.D. (2012) Windthrow after group and dispersed tree retention in eastern Canada. *Forest Ecology and Management*, 269, 158-167.
- Linder, P. (1998) Structural changes in two virgin boreal forest stands in central Sweden over 72 years. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 13, 451-461.
- Löhmus, A. & Löhmus, P. (2010) Epiphyte communities on the trunks of retention trees stabilise in 5 years after timber harvesting, but remain threatened due to tree loss. *Biological Conservation*, 143, 891-898.
- Nitare, J. 2006. Åtgärdsprogram för att bevarande av rödlistade fjälltaggsvampar (Sarcodon). Naturvårdsverket. Tillgänglig: <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer/620-5609-3.pdf> [2011-10-25]
- Ozolincius, R., Miksys, V. & Stakenas, V. (2005) Growth-independent mortality of Lithuanian forest tree species. *Scandinavian Journal of Forest Research*: 20, 153-160.
- Pengelly, C.J. & Cartar, R.V. (2010) Effects of variable retention logging in the boreal forest on the bumble bee-influenced pollination community evaluated 8-9 years post-logging. *Forest Ecology and Management*, 260, 994-1002
- Ranius, T., Kindvall, O., Kruys, N. & Jonsson, B.G. (2003) Modelling dead wood in Norway spruce stands subject to different management regimes. *Forest Ecology and Management*, 182, 13-29.
- Rosenvald, R., Löhmus, A. & Kiviste, A. (2008) Preadaption and spatial effects on retention-tree survival in cut areas in Estonia. *Canadian Journal of Forest Research*, 38, 2616-2625.

- Sahlin, E. & Ranius, T. (2008) Habitat availability in forests and clearcuts for saproxylic beetles associated with aspen. *Biodiversity and Conservation*, 18, 621-638.
- Siitonen, J. (2001) Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandia boreal forests as an example. *Ecological Bulletins*, 49, 11-41.
- Skogforsk (2012-06-05) Måttenheter – omräkningstal.
<http://www.skogforsk.se/sv/KunskapDirekt/Alla-Verktyg/Mattenheter> [2012-06-15]
- Skogsstyrelssen Skoglig ordlista. <http://www.skogsstyrelsen.se/Upptack-skogen/Skog-i-Sverige/Skoglig-ordlista> [2012-12-15]
- Skogsstyrelsen (2012) Skogsstatistisk årsbok 2012 – Swedish statistical yearbook of forestry. [online] Tillgänglig: <http://www.skogsstyrelsen.se/Myndigheten/Statistik/Skogsstatistisk-Arsbok> [2013-01-28]
- Skogsstyrelsen & Naturvårdsverket (2011) Skogs- och miljöpolitiska mål – brister, orsaker och förslag på åtgärder. Meddelande 2, [online] Tillgänglig: <http://shop.skogsstyrelsen.se/sv/publikationer/meddelanden/> [2013-01-28]
- Stora Enso Skog (2011) Miljöhänsyn vid avverkning, Stora Enso.
- Storaunet, K.O. & Rolstad, J. (2002) Time since death and fall of Norway spruce logs in old-growth and selectively cut boreal forest. *Canadian Journal of Forest Research*, 32, 1801-1812.
- Tranströmmer, T. (2011) Tomas Tranströmmer – Dikter och prosa 1954-2004. Albert Bonniers förlag, tredje tryckningen, Stockholm.
- Widenfalk, O. & Weslien, J-O. (2007) Utveckla ungskogarnas naturvärden. *Resultat från Skogforsk*, nr 20. Skogforsk

APPENDIX 1

FUNKTION FÖR ATT RÄKNA UT BHD PÅ BORTTAGNA TRÄD

$$D = ((d/10) + 0,28/d/10) * \ln(((h/100) + 1)/2,3) * 10$$

D = Brösthöjdsdiameter på bark (cm).

d = Stubbens diameter vid stubbskåret på bark och på lågkant, det vill säga det minsta diametermåttet som finns på stubben (mm).

h= Avståndet från markytan/fröets groningspunkt till stubbskåret (cm)

Funktionen framtagen av Neil Cory, Riksskogstaxeringen, skoglig resurshushållning, SLU, Umeå.

VOLYMFUNKTION FÖR TRÄD

$$V = 10^a * D^b * (D + 20,0)^c * H^d * (H - 1,3)^e$$

V = Volym över stubbe på bark (dm³)

D = Brösthöjdsdiameter (cm)

H = Trädets höjd över marken (m)

Tall i Uppland: a = -1,41472, b = 1,83182, c = 0,07275, d = 2,12777, e = -1,09439

Tall på övriga ytor: a = -1,30052, b = 1,93867, c = -0,04966, d = 1,81528, e = -0,80910

Gran i Uppland: a = -1,07118, b = 2,03843, c = -0,53797, d = 2,84052, e = -1,54774

Gran i övriga ytor: a = -0,78473, b = 2,08374, c = -0,74090, d = 3,11476, e = -1,79579

Björk för alla ytor: a = -0,84627, b = 2,23818, c = -1,06930, d = 6,02015, e = -4,5147218

Funktionen med hänsyn till breddgrad framtagen av G. Brandel (1990).

VOLYMFUNKTION FÖR STOCKAR ELLER DELAR AV TRÄD

$$V = \pi d^2 / 4 * h * 0,1$$

V = volym (dm³)

d = diameter på stockens mitt (cm)

h = stockens längd (m)

FUNKTION FÖR ATT BERÄKNA ÅRLIG MORTALITET

$$M = 1 - (l^{1/t})$$

M = årlig mortalitet

l = andel överlevande träd

t = tiden mellan första och andrainventeringen (år)

APPENDIX 2

ORDLISTA

Döda träd, i denna uppsats hela eller delar av träd som inte lever därför att de dött naturligt eller blivit borttagna.

Fastkubikmeter ($m^3\text{fub}$), volymen under bark på de tillvaratagna stammarna.

Nettoareal, den hyggesareal (bruttoarealen) som noterats på gamla inventeringsprotokollet minus arealen på hänsynsytor och impediment.

Skogskubikmeter ($m^3\text{sk}$), trädstammens volym inklusive topp och bark ovan stubbskäret.

Trakt, ett område med likåldrig skog där en skoglig åtgärd, såsom avverkning, planeras eller genomförts.

Volymandelen döda träd, mängden döda träd i förhållande till den totala volymen levande-, döda-, och borttagna gkt som fanns i hänsynsytan vid andra inventeringen. Träd som dött innan hänsynsytan skapades är inte inkluderad.

Volymavgång, i denna uppsats den negativa volymförändring av levande träd som skett efter avverkningstidpunkten. Vilket inkluderar naturlig mortalitet och borttagna träd, med hänsyn också tagen till volymförändringen av levande träd.

Årlig mortalitet, andelen träd som dör per år. I mina beräkningar som ett snitt över sex respektive tolv år utifrån formeln i appendix 1.

APPENDIX 3

BILDER

Bilder tagna vid återinventeringen sommaren 2012. Foto: Samuel Sjöberg.



Bild 1 Vänster. Sju år gammalt hygge i norra Uppland med häckande lärkfalk i kvarlämnat naturvårdsträd (tallen centralt-höger i bilden), med alsumpskog (med början längst till höger) och kantzonen mot åker (längst bort).

Bild 2 och 3 Nedan. Årsringarnas bredd på en tall (vänster) med en ökad tillväxt efter att trädet lämnats i en trädgrupp för sju år sedan, och en gran (höger) med en minskad tillväxt sedan den lämnats i en trädgrupp för 13 år sedan.



Bild 4 Återinventerad stående död ved och trädgrupp som lämnats vid en avverkning gjord sju år tidigare i södra Dalarna.