



# **Självständigt arbete**

## Institutionen för ekologi



## **Död ved i gallrad skog och nyckelbiotoper**

**- en jämförelse av habitatkvaliteter för  
vedlevande lavar och mossor.**

### **Ellen Salomonsson**

SJÄLVSTÄNDIGT ARBETE, BIOLOGI, D-NIVÅ, 30 HP

HANDLEDARE: JÖRGEN RUDOLPHI, INST F EKOLOGI

BITR HANDLEDARE: ALEXANDRO CARUSO, INST F EKOLOGI

EXAMINATOR: GÖRAN THOR, INST F EKOLOGI

***Självständigt arbete 2009:17***

Uppsala 2009

*SLU, Institutionen för ekologi  
Box 7044, 750 07 Uppsala*

**SLU, Sveriges lantbruksuniversitet**  
**NL-fakulteten, Fakulteten för naturresurser och lantbruk**  
**Institutionen för ekologi**

Författare: Ellen Salomonsson

Arbetets titel: Död ved i gallrad skog och nyckelbiotoper - en jämförelse av habitatkvaliteter för vedlevande lavar och mossor.

Title in English: Dead wood in thinned forests and key habitats – a comparison of habitat qualities for wood inhabiting lichens and bryophytes.

Nyckelord: död ved, lavar, mossor, FWD, CWD, stubbar, nyckelbiotop, gallrad skog

Handledare: Jörgen Rudolphi

Examinator: Göran Thor

Kurstitel: Självständigt arbete i biologi

Kurskod: EX0564

Omfattning på kursen: 30 hp

Nivå och fördjupning på arbetet: Avancerad D

Utgivningsort: Ultuna

Utgivningsår: 2010

Program: Naturresursprogrammet – biologi och mark

## ABSTRACT

A high amount of dead wood is one of the most important prerequisites for high biodiversity on forest land in Sweden. Dead wood is most abundant in young forests, thinned forests, woodland key habitats and protected forest land. In old-growth forests most of the dead wood consists of logs and snags, whilst in managed forests a huge proportion of dead wood is made up of logging residues like stumps and FWD, fine woody debris (< 10 cm diameter). All these different types of dead wood may serve as substrates for epixylic bryophytes and lichens. However, few studies have been conducted on the relative importance of these different fractions of dead wood for the occurrence of bryophytes and lichens, especially when considering dead wood on thinned forest land. The aim of this study was to examine the collected wood supply in thinned forests compared to key habitats. In this study, I compared the amount and composition of dead wood in thinned commercial forests and in woodland key habitats. In a total of 14 stands, seven in each category, all types of dead wood (>1 cm diameter) were studied, on a total of 450 m<sup>2</sup> in each stand. Fourteen epixylic bryophytes and lichens were studied to determine what factors influence their occurrence and abundance.

The results showed that, while there were no differences in the volume and in the area of dead wood between thinned forests and woodland key habitats, there was considerable variation between individual stands. What distinguished the former from the latter was the composition of dead wood. Woodland key habitats had, to a greater extent, snags and substrates influenced by litter from deciduous trees. This contributes to a larger variation in wood qualities which in turn can lead to a higher biodiversity. Thinned forests, on the other hand, were characterized by logging residues, whose importance for bryophytes and lichens is still not completely known. As much as 50 % of the dead wood volume in thinned forests consisted of logging residues, while corresponding fractions make up 20 % of the dead wood volume in woodland key habitats. Few species observations were made, which can probably be explained by the fact that many of the studied species are rare, and the investigated area is quite small. Only two species could be analyzed further, *Herzogiella seligeri* and *Xylographa parallella*. For *H. seligeri* no pattern was found. The probability for occurrence of *X. parallella* on a dead wood substrate increases if the substrate is of CWD type and also with decreasing bark cover or with decreasing cover of pleurocarpous bryophytes.

*Keywords:* dead wood, lichens, mosses, FWD, CWD, stump, key habitat, thinned forest

## SAMMANFATTNING

En stor mängd död ved är en av de viktigaste förutsättningarna för hög biologisk mångfald i skogsmark. De dödvedsrikaste successionsstadierna i produktionslandskapet är ungskog, gallrad skog samt nyckelbiotoper och skyddad mark. I naturskog utgörs död ved till stor del av lågor och torrrakor, medan död ved i produktionsskog ofta domineras av avverkningsrester som stubbar och FWD (eng. *fine woody debris*, <10 cm i diameter). Alla dessa fraktioner kan fungera som substrat för vedlevande mossor och lavar, men få studier är gjorda på den relativa betydelsen av dessa olika dödvedsfraktioner, i synnerhet i gallrade skogar. Syftet med studien är att undersöka den samlade tillgången av vedsubstrat i gallrad skog jämfört med nyckelbiotoper. I studien jämförs mängd och sammansättning hos död ved mellan gallrad skog och nyckelbiotoper, totalt fjorton bestånd, sju i varje kategori. All död ved över 1 cm i diameter inventerades på en yta av totalt 450m<sup>2</sup> i varje bestånd. Fjorton vedlevande mossor och lavar inventerades också, för att ta reda på vilka faktorer som påverkade dess förekomst och abundans.

Resultaten visar att mängden död ved inte skilde sig mellan gallrade skogar och nyckelbiotoper, varken till volym eller till area, men variationen var stor mellan individuella bestånd. Det som skilde gallrade skogar från nyckelbiotoper var den döda vedens fördelning på olika kvaliteter. Nyckelbiotoper hade ett större inslag av stående död ved och substrat påverkade av lövträdsförna, något som gör att de i dessa avseenden har större variation i vedkvalitet och kan ha bättre förutsättningar för hög artdiversitet. Gallrade skogar karaktäriserades främst av avverkningsrester, vilkas betydelse man ännu inte har tillräcklig kunskap om. Stubbar och FWD utgjorde 50 % av volymen död ved i gallrade skogar, medan motsvarande fraktioner stod för under 20 % i nyckelbiotop. Få artfynd gjordes, vilket troligen beror på att de arter som ingick i studien har en så sparsam förekomst i skogslandskapet att de inte kunde täckas in av studiens begränsade antal bestånd. Endast två arter kunde analyseras: *Herzogiella seligeri* och *Xylographa parallella*. För *H. seligeri* hittades inget mönster. Sannolikheten att *X. parallella* förekommer på ett substrat ökar om det är av CWD-typ, samt med minskande barktäckning eller med minskande pleurokarptäckning.

*Nyckelord:* död ved, lavar, mossor, FWD, CWD, stubbar, nyckelbiotop, gallrad skog

## POPULÄRVETENSKAPLIG SAMMANFATTNING

### ***Döda träd – en bristvara***

Skogens träd är viktiga för många organismer även långt efter sin död. Död ved som lämnas kvar i skogen kan bli skydd, boplats och växtplats för allt från groddjur till svampar. Förutsättningarna för organismer beroende av ved har drastiskt ändrats i och med skogsbrukets modernisering som tog fart i slutet av 1800. Genom att röja, gallra och på andra sätt sköta skogen för en god virkesproduktion dör färre träd på plats, och de flesta träd fälls och tas ut ur skogen långt innan de skulle ha dött en naturlig död. Mängden grov död ved i skogarna har under det senaste århundradet minskat med omkring 90 %. Många av de organismer som är beroende av död ved har därför svårt att överleva och idag klassas flera av dem som hotade och finns på den svenska Rödlistan. När man idag jobbar med naturvård i skogen är död ved en central fråga – hur får vi mer död ved i skogen, hur mycket behövs och spelar det någon roll vilken typ av död ved som lämnas?

### ***Kunskap behövs***

Det finns ganska många studier av död ved men fler behövs. Forskarna har framför allt undersökt s.k. lågor och torrakor, dvs. de typer av död ved som dominerar i naturskog. I den brukade skogen är avverkningsrester, t.ex. stubbar och GROT (grenar och toppar), en stor del av den döda veden. På senare år har forskarna studerat dessa avverkningsrester på hyggen där det är en öppen och exponerad miljö. De har sett att lavar, mossor och insekter kan trivas även på stubbar och GROT. När den uppväxta skogen gallras lämnas också stora mängder stubbar och GROT. Denna miljö är på många sätt annorlunda jämfört med hyggena och här behövs mer forskning för att vi ska få veta mer om organismerna som är beroende av död ved. Hur trivs de på stubbar och GROT i gallrade skogar?

### ***Min undersökning***

Mer kunskap behövs alltså, och därför har jag undersökt lavar och mossor på utslumpade ytor i sju gallrade skogar i nordvästra Uppland. För att jämföra i vilken miljö de vedlevande arterna trivs bäst undersökte jag även nyckelbiotoper som innehåller mycket död ved. Där kan vi nämligen förvänta oss att många vedlevande arter trivs. All död ved, lågor, torrakor, stubbar och GROT i de slumpartade ytorna ingick i mina mätningar. Dessutom studerade jag 14 utvalda mossor och lavar som växer på den döda veden och tittade särskilt på vilka egenskaper hos veden som påverkade mossornas och lavarnas fortbestånd.

Viktiga frågor i min undersökning är: (1) Om man räknar in all död ved, även avverkningsresterna, skiljer sig då mängden död ved mellan gallrade skogar och nyckelbiotoper? (2) Skiljer sig sammansättningen av död ved mellan gallrade skogar och nyckelbiotoper? (3) Vilka faktorer påverkar var de vedlevande mossorna och lavarna växer och hur mycket det finns av dem?

### ***Stubbar och GROT i gallrade skogar***

Min undersökning visar att mängden död ved inte skilde sig mellan de gallrade skogarna och nyckelbiotoperna, varken till volym eller till yta. Det som skilde sig var att den döda veden fördelade sig på olika typer av ved med olika egenskaper. I nyckelbiotoper finner vi mer torrakor och fler livsmiljöer som är påverkade av lövträdsförna. Vi vet att detta kan bidra till mångfalden av mossor och lavar. Det visade sig också att de gallrade skogarna innehöll en stor andel stubbar och GROT. Jag hittade inte tillräckligt många mossor och lavar för att kunna säga något bestämt om vad som påverkar dem.

Min studie visar att hälften av mängden död ved i gallrade skogar består av stubbar och GROT. Det bör vi vara medvetna om och ta reda på mer om vilken betydelse det kan ha för att bevara mångfalden av vedlevande arter.

# Innehållsförteckning

<b>1. Introduktion</b> .....	<b>7</b>
1.1 Varför är död ved intressant? .....	7
1.2 Den döda vedens dynamik över tid.....	7
1.3 En fråga om kvalitet.....	8
1.4 Förbisedda substrat .....	8
1.5 Studiens syfte .....	8
<b>2. Metod</b> .....	<b>9</b>
2.1 Området.....	9
2.2 Val av bestånd.....	9
2.3 Provytor.....	9
2.4 Mätning och beskrivning av död ved.....	10
2.5 Inventering av arter .....	11
2.6 Hantering av insamlad data.....	11
2.7 Statistisk analys.....	12
2.7.1 Parvis jämförelse av mängd död ved .....	12
2.7.2 Ordination av egenskaper hos den döda veden.....	12
2.7.3 Multipel regressionsanalys av artförekomst .....	12
<b>3. Resultat</b> .....	<b>12</b>
3.1 Mängd död ved .....	12
3.2 Beståndstypiska vedegenskaper .....	14
3.3 Artobservationer .....	14
3.3.1 Förekomstanalys och modellbygge.....	15
<b>4. Diskussion</b> .....	<b>16</b>
4.1 Mängd död ved .....	16
4.2 Olika dödvedstypers bidrag till mängden död ved .....	16
4.2.1 Avverkningsrester .....	16
4.2.2 Lågor och stående död ved .....	17
4.2.3 Area – ett annat perspektiv .....	17
4.3 Beståndstypiska vedegenskaper .....	17
4.3.1 Gallrade skogar .....	17
4.3.2 Nyckelbiotoper.....	18
4.4 Arter .....	18
4.4.1 Om artförekomsterna .....	18
4.4.2 <i>Xylographa parallellas</i> substratpreferenser .....	18
4.5 Metodkritik .....	19
4.5.1 Provyternas storlek .....	19
4.5.2 Markhistorik.....	19
<b>5. Slutsatser</b> .....	<b>19</b>
<b>Tack</b> .....	<b>20</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>21</b>

# 1. Introduktion

## 1.1 Varför är död ved intressant?

Sedan moderna skogsbruksmetoder började införas i slutet av 1800-talet har de svenska skogarna genomgått stora strukturförändringar. Förändringen accelererade på 1950-talet då trakthyggesbruket slog igenom på allvar. Johansson m.fl. (2009) sammanfattar förändringarna som att ”*flerskiktade, olikåldrade blandbestånd har ersatts med likåldriga, enskiktade barrmonokulturer*” (s. 6). En typisk skogsbrukspåverkad skog består idag av nära 100 procent barrträd, likåldriga, livskraftiga och jämnt fördelade över ytan. Mest slående är den kraftiga minskningen av gamla, grova, skadade och döda träd som skett sedan slutet av 1800-talet, orsakad av röjning, gallring, minskad brandfrekvens och kortare rotationsperioder (Esseen m.fl. 1997). Denna storskaliga minskning av döda och döende träd bedöms vara det största hotet mot flora och fauna i de boreala skogarna (Siitonen 2001). Av 831 hotade skogsarter på den svenska rödlistan anser man att 50 % huvudsakligen är beroende av död ved (Gärdenfors 2005). För att vända utvecklingen gjorde man 1993 en ändring i Skogsvårdslagen som tillåter Skogsstyrelsen att utfärda föreskrifter kring detaljerad naturhänsyn. Föreskrifterna (§ 30 SKSFS 1993:2) innebär att man vid all avverkning ska ta hänsyn till död ved och särskilt spara grova lövträd, ovanliga trädslag, gamla träd, döende och döda träd. Några år senare antog riksdagen Sveriges 16 miljökvalitetsmål (Prop:1997/98:145; Prop: 2004/05:150) där ett delmål är att öka volymen hård död ved med 40 % fram till 2010 (basår 1998) för att förstärka den biologiska mångfalden. Målet ser ut att nås, tack vare stormfällningar och hänsyn vid förnygringsavverkningar. Idag lever ca 75 % av avverkningarna upp till lagkraven (Andersson 2009), som i skogstyrelsens tolkning innebär att upp till 10 % av virkesvärdet ska lämnas om naturvärden finns (Helena Ringblom, pers. komm.). Andelen godkända hyggen har legat i stort sett konstant sedan 1998. Den ökning i mängd död ved som vi trots detta ser är ett resultat av de avverkningar där man lämnat mer volym än vad lagen kräver. Att mängden död ved ökat är glädjande, men om det räcker för att arternas överlevnad är ovisst. Fortfarande behövs mer kunskap om vad som är avgörande för att bevara skogarnas dödvedsknutna mångfald.

## 1.2 Den döda vedens dynamik över tid

Enligt en sammanställning av tillgänglig forskning kring död ved (Siitonen 2001) ligger volymen grov död ved, CWD (eng. *coarse woody debris*, >10 cm i diameter) i Norden omkring 60-90 m<sup>3</sup>/ha i naturskog och omkring 2-10 m<sup>3</sup>/ha i produktionsskog. Volymen CWD i Sveriges skogslandskap är idag i snitt 8.1 m<sup>3</sup>/ha (Fransson 2009) men visar en tydlig trend av ökande volym från söder till norr, från öster till väster (Fransson 2009; Fridman & Walheim 2000) och även över tid, på så sätt att naturskog och äldre produktionsbestånd innehåller större volymer än yngre (Fridman & Walheim 2000). I naturskog beskriver volymen död ved en U-formad kurva över tid, där volymen är stor direkt efter en störning, sedan bryts ned och så småningom börjar byggas upp igen allteftersom trädskiktet växer till och åldras (Siitonen 2001). I och med att mer trädvolym lämnas vid avverkning börjar även produktionsskogen följa ett liknande mönster, med den skillnaden att produktionsskog sällan når samma höga volymer som naturskog (Ekbom m.fl. 2006). I det brukade landskapet är naturskogen sällsynt och det närmaste naturskog man kommer är dödvedsrika nyckelbiotoper. Dessa är tillsammans med ungskogar och gallrade skogar de dödvedsrikaste bestånden i produktionslandskapet idag (Ekbom m.fl. 2006).

### **1.3 En fråga om kvalitet**

För organismer som är beroende av död ved är det inte bara kvantiteten som har betydelse, utan också kvaliteten (Esseen m.fl. 1997). Kvalitetsfaktorer som ofta undersöks vid inventeringar av död ved är typ av död ved (låga, torraka etc.), trädslag, grovlek, nedbrytningsgrad, barktäckning och solexponering (ex.Ekbom m.fl. 2006; Gibb m.fl. 2005; Söderström 1988b). För att utvärdera naturvärdeskvaliteter i skogsmark används ofta lavar och mossor som indikatorer. De utgör en betydande del av biologisk mångfald i boreala skogar, är på grund av sin ekologi känsliga för förändringar i miljön och går att inventera året om (Esseen m.fl. 1997). Många arter är starkt knutna till död ved: ca 200 lavar och 70 mossor i Sverige anses ha död ved som huvuds substrat (Hallingbäck 1995; 1996). De båda artgrupperna har sinsemellan ofta olika kvalitetskrav på sitt substrat (Caruso & Rudolphi 2009). Exempelvis koloniserar ofta lavar ved i tidiga nedbrytningsstadier, medan mossor dominerar när nedbrytningen gått längre (Humphrey m.fl. 2002; Söderström 1988a). Många studier har jämfört förekomst och artsammansättning av mossor och lavar mellan naturskog och produktionsskog. Man har funnit att död ved i naturskog hyser fler arter på grund av högre frekvens av grov och mer nedbruten ved (Andersson & Hytteborn 1991; Kruys m.fl. 1999) samt andra fuktighetsförhållanden (Andersson & Hytteborn 1991; Söderström 1988b) men att äldre brukad skog också kan vara ett viktigt habitat för vanliga och minskande arter (Gustafsson m.fl. 2004a).

### **1.4 Förbisedda substrat**

Många av de studier som gjorts av död ved har varit koncentrerade på lågor och torrakor, som är de typer av död ved som dominerar i naturskog. Först under 2000-talet har även död ved skapad vid avverkning kommit i blickfånget, och ett antal studier har gjorts för att utvärdera avverkningsresters betydelse för vedlevande arter (Caruso m.fl. 2008; Jonsell m.fl. 2007). Det har visat sig att också kapade stubbar och klena vedfraktioner, s.k. FWD (eng. *fine woody debris*, <10 cm i diameter) kan utgöra betydelsefulla substrat för vedlevande arter (Caruso m.fl. 2008; Jonsell m.fl. 2007). De riktigt klena vedfraktionernas (1- 5 cm i diameter) kvalitet för moss- och lavflora är dock, åtminstone i Norden, till största delen studerade i ungskog (Caruso m.fl. 2008). Detta gäller även kapade lågstubbar (Caruso m.fl. 2008; Caruso & Rudolphi 2009) med få undantag (Andersson & Hytteborn 1991). Ett par studier har dock visat att avverkningsrester kan utgöra en stor andel (omkring 25 - 60 %) av volymen död ved i uppväxt produktionsskog (Siitonen m.fl. 2000; Kruys m.fl. 1999). Vilken betydelse dessa substrat har för den vedlevande lav- och mossfloran är till stor del okänt men situationen skiljer sig troligen från den på hyggen, eftersom ljus- och vindförhållandena är annorlunda (Chen m.fl. 1993; 1999).

### **1.5 Studiens syfte**

I den här studien ville jag undersöka den samlade tillgången av vedsubstrat i gallrad skog jämfört med nyckelbiotoper. Syftet var att få en bild av förutsättningarna för biologisk mångfald i de dödvedrikaste stadierna av områdets uppväxta, grandominerade skog. Jag ville studera den relativa betydelsen av olika dödvedtyper för kvantitet och kvalitet hos den samlade mängden död ved och även för abundans och förekomst av vedlevande arter. Därför inventerade jag alla typer av död ved; stubbar, lågor och torrakor, med minimidiametern 1 cm.



*De frågor jag ville besvara var:*

1. Skiljer sig mängden död ved mellan gallrade skogar och nyckelbiotoper?
2. Skiljer sig sammansättningen av död ved mellan gallrade skogar och nyckelbiotoper?
3. Vilka faktorer påverkar förekomst och abundans av obligat vedlevande mossor och lavar i gallrade skogar och nyckelbiotoper?

## **2. Metod**

### **2.1 Området**

Studien utfördes i västra Uppland, Sverige (50° 43' N, 17° 30' E), inom den hemiboreala vegetationszonen (Ahti m.fl. 1968). Årsmedeltemperaturen i området ligger kring 5-6 °C, nederbörden är 600 mm/år och vegetationsperioden ca 185 dagar (SMHI 2009). Drygt 60 % av landarealen består av skogsmark, varav ca 35 % är klassad som avverkningsmogen skog (Fransson 2009). Andelen formellt skyddad mark är ca två procent. Av den produktiva skogsmarken är 2-3 % klassad som nyckelbiotop. Skogsmarken ägs till hälften av privata markägare medan den andra hälften ägs av bolag, stat och övriga allmänna skogsägare (Skogsstyrelsen Uppsala 2009). Trädslagsfördelningen är 48 % tall, 41 % gran och 11 % löv (Skogsstyrelsen Uppsala 2009). Fältarbetet utfördes maj-september 2009. De gallrade bestånden var i medeltal 4,51 ha (2,01 - 8,69 ha), medan nyckelbiotoperna hade en genomsnittlig yta av 12,6 ha (4,76 - 31,7 ha).

### **2.2 Val av bestånd**

Bestånd att inventera söktes ur Skogsstyrelsens nyckelbiotopsdatabas för nyckelbiotoper och Holmen skogs och Bergviks skogs beståndsdatabaser för gallrade bestånd. Bara bestånd större än två hektar valdes ut, samt bestånd bredare än 70 m, för att kunna placera ut provytorna med minst en trädlängds avstånd till beståndskanten. Kustnära bestånd och bestånd som direkt gränsade mot sjö uteslöts. För nyckelbiotoper gällde därutöver att de skulle bestå av grandominerad skog med naturskogskaraktär, vilket här jämfördes med att i databasen beskrivas som rik på död ved. För gallrade skogar gällde att de skulle ha en granandel om minst 70 % och vara gallrat av typen sistagallring eller andragallring mellan 1994 och 2002. Tidsspännet fastslogs efter besök i fält och sträcker sig från det att stubbarna börjar koloniseras av lavar och mossor till dess att de slutar vara vedobjekt, vilket i denna studie jämfördes med den tidpunkt då stubben blivit konturlös, sönderfallen och övervuxen av markvegetation. Ett fåtal udda bestånd med extrema värden för fuktighet, lutning och ståndortsindex uteslöts. Listan med framsållade bestånd ordnades slumpmässigt och en fältkontroll gjordes sedan före inventeringen för att kontrollera att bestånden verkligen uppfyllde kriterierna. De första sju godkända bestånden av varje typ blev de slutliga bestånden att inventera. I ett fall frångicks slumpordningen för att uppnå en jämn nord-sydlig fördelning av de olika beståndstyperna.

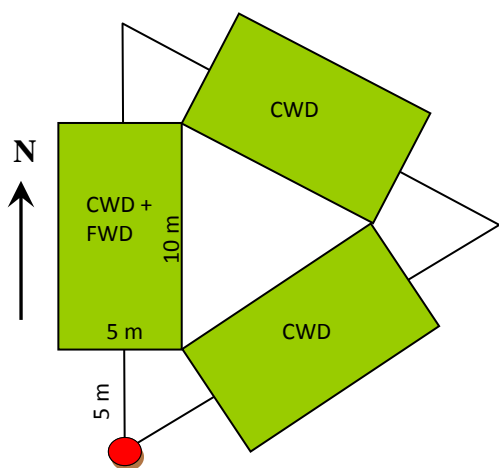
### **2.3 Provytor**

I varje bestånd slumpades tre punkter ut med hjälp av ArcGIS 9. Punkterna söktes upp i fält och vid varje punkt mättes ett provområde upp. Provområdena hade formen av en triangel med 20 m sida, där provytorna om 5x10 m centrerades längs varje triangelsida (se

figur 1). Triangelns första sida utgick alltid rakt norrut från startpunkten. Totalt inventerades 150 m<sup>2</sup> per triangel och 450 m<sup>2</sup> per bestånd.

## 2.4 Mätning och beskrivning av död ved

Inom varje provyta inventerades CWD och klassades i någon av kategorierna stubbe, låga eller stående. Till kategorin stubbar räknades rotstående död ved med höjd upp till 120 cm, medan motsvarande ved över 120 cm klassades som stående. Lågor och stående skildes åt utan svårigheter, då inga mellanting förekom. För stubbar och stående död ved inventerades objekt vars mittpunkt föll inom rutan. För stubbar mättes höjd och stubbsnittsdiаметer. Medelhöjd och medeldiameter tillämpades om variation fanns. För stående objekt mättes höjd och brösthöjdsdiаметer. För lågor togs alla objekt med som hade någon del inom rutan och mått togs av topp- och basdiаметer samt längd. Lågornas mått togs på två sätt, ett för uppskattning av mängd död ved per hektar, ett för beskrivning av substratet som helhet. För mängduppskattningen togs måtten på den del av objektet som var inom ytan. För substratbeskrivningen togs mått på hela lågan.



Figur 1. Provytornas inbördes placering och storlek samt vilken typ av död ved som inventerades i de olika ytorna. CWD = diam. > 10 cm, FWD = diam. < 10 cm. Färgad prick = startpunkt.

För alla objekt angavs trädslag, dominerande nedbrytningsgrad, beskuggning och barktäckning (tabell 1). Dessutom uppskattades täckningen av pleurokarpa (mattbildande) bladmossor, som ett mått på konkurrens (tabell 1). Närvaro av lövträd antecknades också, eftersom förnafallet kan påverka kemin hos närliggande substrat (tabell 1) (Goward & Arsenault 2000; Weibull & Rydin 2005). För stubbar gjordes alla bedömningar på hela stubben inklusive rotben över 5 cm i diámetro. För lågor och stående döda träd gjordes bedömningarna på huvudstam inklusive grenar över 5 cm i diámetro. I sida 1 i triangel 1, sida 2 i triangel 2 samt sida 3 i triangel 3 inventerades även FWD över 1 cm i diámetro. Fastsittande FWD, upp till 5 cm i diámetro, på lågor och stående träd (döda och levande) inventerades ej. FWD-stubbar och stående FWD behandlades som motsvarande CWD-objekt. För FWD-lågor gällde att alla som hade sin grövsta ände inom rutan inventerades. I de fall då antalet FWD-objekt var stort (minimunt 10 objekt per provyta) och objekten likartade beskrevs endast var femte tills antalet beskrivna uppgick till fem. För antal mellan 10-25 beskrevs var femte men antalet beskrivna behövde inte uppgå till fem. Alla objekt räknades. Sådana samlingar benämns häfter ”FWD-högar”.

Tabell 1. Egenskaper som inventerades hos den döda veden och hur de bedömdes.

Egenskap	Förklaring
Nedbrytningsgrad	1 = hård, kniv går endast att trycka in några få mm. 2 = något nedbruten från ytan, kniv penetrerar 1-2 cm. 3 = medelnedbruten, kniv penetrerar 2-5 cm. 4 = det mesta av veden mjuk rakt igenom, hela knivbladet går in i veden. 5 = ved mycket mjuk, faller isär när man lyfter den (Hottola & Siitonen 2008)
Skuggningsgrad	1 = solexponerat större delen av vegetationsperioden, 2 = halvexponerat under vegetationsperioden, 3 = skuggat större delen av vegetationsperioden
Barktäckning	Täckning av bark (%)
Pleurokarptäckning	Täckning av pleurokarpa bladmossor (%)
Lövträd	Närvaro av lövträd/buske > 3 m högt inom 3 m (Ja/Nej)

## 2.5 Inventering av arter

En inventering av 14 utvalda arter gjordes på alla dödvedsobjekt. Följande lavar ingick; *Calicium glaucellum*, *C. trabinellum*, *Cladonia botrytes*, *C. parasitica*, *Lecidea gibberosa* coll. (inkl. *L. symmictella*), *Micarea denigrata* coll. (inkl. *M. misella*), *Mycocalicium subtile*, *Pycnora sorophora*, *Xylographa parallella* och *X. vitiligo*. Följande mossor ingick; *Anastrophillum hellerianum*, *Buxbaumia viridis*, *Herzogiella seligeri* och *Nowellia curvifolia*. Sammanslagningarna av *L. gibberosa* och *L. symmictella* respektive *M. denigrata* och *M. misella* gjordes på grund av svårigheter att skilja arterna åt i fält. Endast strikt vedlevande, s.k. epixyliska arter ingick och följde klassning gjord av Spribile m.fl. (2008) för lavar och Hallingbäck (2009) för mossor. Arterna valdes för att representera både vanligare och ovanligare arter, men alla skulle förekomma inom studieområdet. Abundansen av arterna beskrevs i ytutbredning (cm<sup>2</sup>). Stående död ved inventerades upp till 2 m höjd. Om en art hittades på klen del (diam. < 10 cm) av ett CWD-objekt gjordes en anteckning om detta. Hittades arten på ett FWD-objekt som ingick i en FWD-hög, beskrevs detta objekt, även om det inte var ett av de objekt som skulle ha beskrivits enligt metoden ovan. Artfynd som var svåra att bestämma i fält samlades in för senare identifiering. Nomenklatur följer Hallingbäck m.fl. (2006) för mossor och Santesson m.fl. (2004) för lavar.

## 2.6 Hantering av insamlad data

Volym och area beräknades för varje inventerat substrat. Stubbar behandlades som cylindrar, lågor och FWD som kapade koner. Volym stående död ved beräknades med hjälp av skogligena volymfunktioner. Arean hos den stående döda veden beräknades enligt formeln för en cylinder, där basarean estimerades med formeln  $D_{\text{stubbnsnitt}} = (D_{\text{brh}} + 1.89) / 0.87$  (Henrik von Hofsten, pers. komm.). För varje FWD-hög beräknades medelvärden för varje variabel. Dessa värden fick beskriva medelobjektet i högen. För de vidare analyserna kopierades sedan detta medelobjekt upp till det antal poster som motsvarade antalet objekt i högen. För variablerna skuggning, nedbrytning och lövnärvaro användes inte medelvärden, istället fick de nya posterna värden i samma proportion som stickprovet. Variabeln trädslag behandlades på samma sätt. Alla objekt klassades slutligen i diameterklasser utifrån basarea eller snittarea beroende på typ av död ved. Klasserna var (1) 1-5, (2)  $\geq 5-10$ , (3)  $\geq 10-20$ , (4)  $\geq 20-30$ , (5)  $\geq 30-40$  och (6)  $\geq 40$  cm.

## 2.7 Statistisk analys

### 2.7.1 Parvis jämförelse av mängd död ved

Skillnader i mängd död ved mellan gallrade bestånd och nyckelbiotoper analyserades med 2-sample t-test i Minitab 15. Lika varians antogs.

### 2.7.2 Ordination av egenskaper hos den döda veden

För att åskådliggöra skillnader i sammansättning hos den döda veden i gallrade bestånd och nyckelbiotoper gjordes en multivariat analys i NMS (*non-metric multidimensional scaling*) i ordinationsprogrammet PC-ORD (McCune & Mefford 1999).

Autopilotinställning ("slow and thorough") och Sørensen distance measure användes. Med 60 upprepningar nåddes en två-dimensionell lösning med slutlig "stress" på 7.3. En analys med endast CWD gav efter 74 upprepningar även denna en två-dimensionell lösning med "stress" på 9.3. "Stress" är ett mått på hur väl ordinationen summerar de matematiska avstånden inom stickproven och ligger normalt mellan 10 och 20 för ekologiska data. Med MRPP (*non-metric multi-response permutation*) testades för varje analys skillnaden i dödvedssammansättning mellan gallrade skogar och nyckelbiotoper. Testvariabeln A ger ett mått på skillnaden. Om  $A = 1$  är värden identiska inom de två undersökta grupperna, om  $A = 0$  kan variationen inom grupperna lika gärna förklaras av slumpen.  $A > 0.3$  anses vara ett ganska högt värde för ekologiska data och tyder på skillnad mellan grupperna (McCune & Mefford 1999). Sørensen distance measure användes även här.

### 2.7.3 Multipel regressionsanalys av artförekomst

För två av arterna, *Xylographa parallella* och *Herzogiella seligeri*, kunde jag göra en multipel regressionsanalys av vilka variabler som påverkade sannolikheten för förekomst. För övriga arter fanns för få observationer eller för liten variation i datat. Analysen gjordes med logistisk regression i Proc Genmod i SAS 9.1. Fördelningen antogs vara binär, och typ 3-analys användes för att ta bort effekten av i vilken ordning variablerna stoppades in i modellen. Först gjorde jag en analys med alla miljövariabler inkluderade. Därefter testade jag att bygga en prediktiv modell genom att stegvis utesluta variabler med höga p-värden. I ett första steg uteslöt jag variabler med  $p > 0,1$ , sedan variabler med  $p > 0,05$ . I tveksamma fall provade jag olika kombinationer för att se vilken kombination som gav de lägsta p-värdena. Log likelihood-värden användes också som ledning, där modellen med högre värden bedömdes vara den bästa. I den slutliga modellen återstod endast variabler med p-värden mindre än 0.05. Innan analysen gjordes ett korrelationstest för de ingående variablerna. Korrelation fanns mellan area och volym ( $k=0.932$ ). I analysen uteslöt jag därför volym, för att areamåttet bättre avspeglar vedens funktion för ylevande organismer.

## 3. Resultat

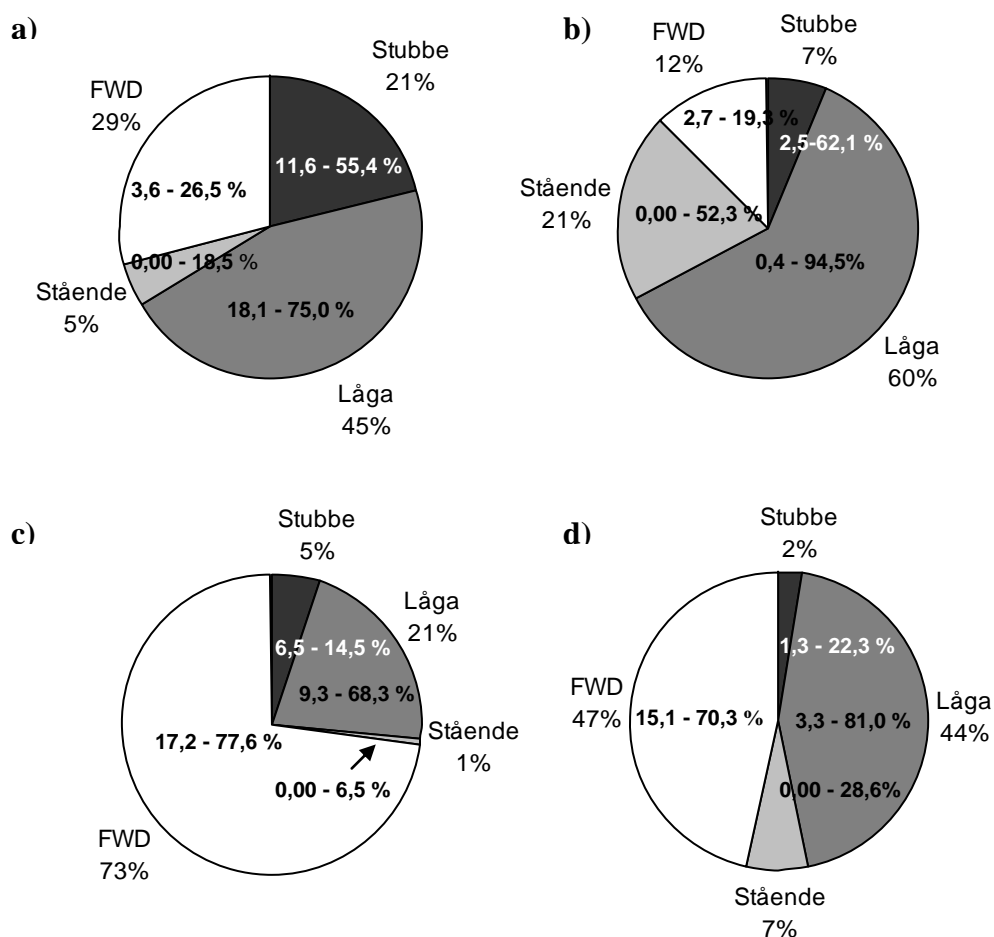
### 3.1 Mängd död ved

Det fanns ingen signifikant skillnad i total volym eller area död ved mellan den gallrade skogen och nyckelbiotoperna (tabell 2). Däremot hade gallrade skogar en signifikant större mängd stubbar (volym, area och antal; tabell 2). Gallrade skogar hade också signifikant fler dödvedsobjekt, både totalt och för CWD och FWD för sig. De olika dödvedstypernas procentuella bidrag till totalmängden död ved i de båda beståndstyperna

visas i figur 2. Av volymen CWD utgjorde stubbar 30 % i gallrad skog och 7 % i nyckelbiotop, lågor 63 % resp. 69 % och stående 7 % resp. 24 %. Volymspannet i gallrad var 7.9 – 27.2 m<sup>3</sup>/ha, i nyckelbiotop 5.7 – 73.2 m<sup>3</sup>/ha. Förhållandet mellan totalmängden död ved i gallrad skog och nyckelbiotop var 0.75, för CWD 0.61.

Tabell 2. Antal, volym och area per ha för den döda veden, totalt och uppdelat på olika typer av död ved. Medelvärden visas med standardavvikelse. N = 14, DF = 12. CWD =  $\phi > 10$  cm, FWD =  $\phi < 10$  cm. Observera att värdena i tabellen ska tolkas som relativa skillnader och inte faktiska skillnader. Signifikanta skillnader ( $p < 0,05$ ) är stjärnmarkerade (\*).

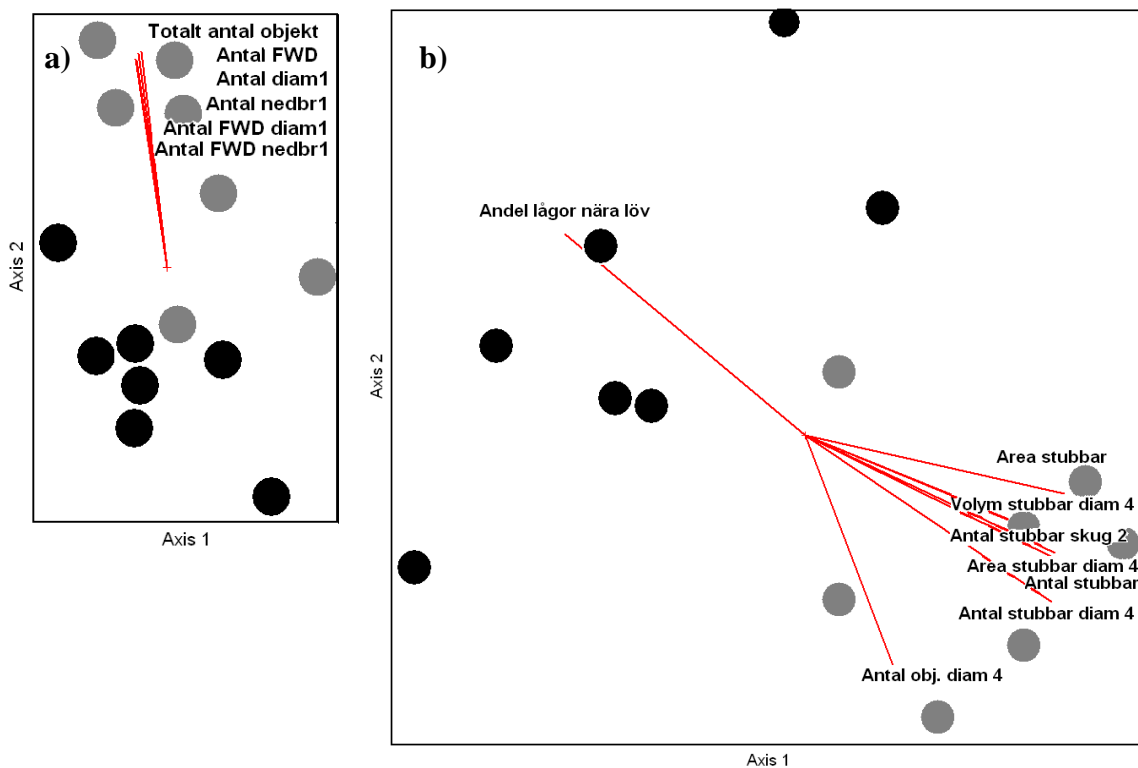
Variabel	Antal/ha			Volym m <sup>3</sup> /ha			Area m <sup>2</sup> /ha		
	Gallr.	Nyckelb.	p-värde	Gallr.	Nyckelb.	p-värde	Gallr.	Nyckelb.	p-värde
CWD	937±281	476±153	0,003*	16,9±7,15	27,9±23,7	0,262	593,0±303	874±707	0,352
stubbe	749±255	178±85	0,000*	5,1±2,15	2,1±1,53	0,010*	115,8±42,4	39,3±24,4	0,001*
låga	171±104	257±188	0,612	10,6±7,70	19,2±24,2	0,388	466,0±318	726±655	0,363
stående	13±17,5	41±56,6	0,226	1,1±1,87	6,6±9,22	0,149	10,9±18,9	108±196	0,216
FWD	12657±7080	5429±2401	0,025*	7,0±3,51	4,0±1,64	0,063	1586±975	767±298	0,055
Total	13590±7243	5905±2495	0,021*	23,8±7,2	31,8±25	0,429	2179±935	1641±954	0,308



Figur 2. Den procentuella fördelningen av volym och area på de olika typerna av dödvedsobjekt: gråa nyanser = CWD( $\phi > 10$  cm), vitt = FWD( $\phi < 10$  cm). Variationen anges i fetstil, i form av max- och minimivärden. a) Volym, gallrade bestånd. b) Volym, nyckelbiotoper. c) Area, gallrade bestånd. d) Area, nyckelbiotoper.

### 3.2 Beståndstypiska vedegenskaper

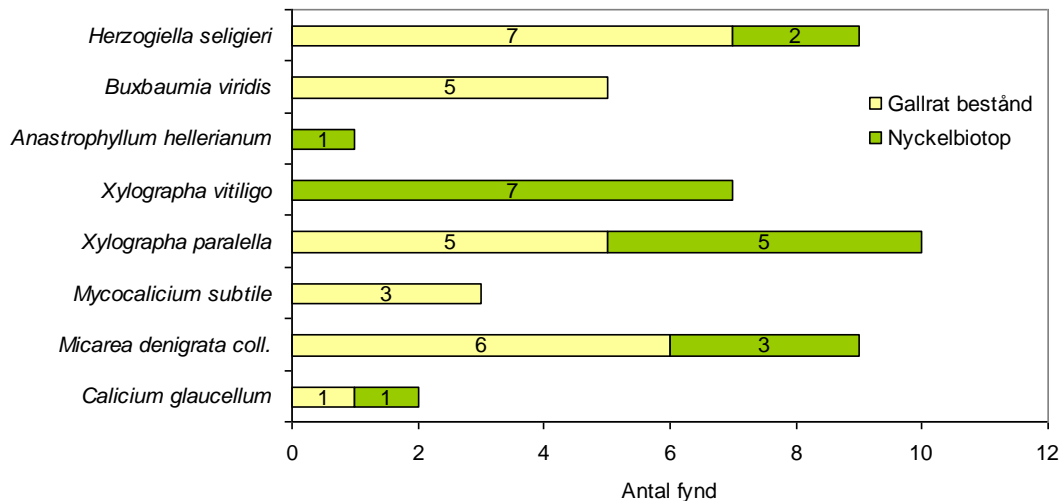
Också ordinationen visar att dödvedssammansättningen skilde sig mellan gallrade skogar och nyckelbiotoper, både med FWD inkluderat (Fig. 3a; MRPP: A = 0.246, p = 0.003) och utan FWD (Fig. 3b; MRPP: A = 0.352, p < 0.001). Ett tröskelvärde för förklaringsgrad,  $r^2$ , för de variabler som skulle inkluderas i figuren sattes till 0.6. De variabler som bidrog till att skilja på gallrade och nyckelbiotoper i ordinationen med FWD inkluderat var alla relaterade till antalet FWD-objekt. Gallrade skogar hade ett större antal FWD-objekt än nyckelbiotoperna. I ordinationen utan FWD var de flesta variabler relaterade till stubbar, med undantag för variabeln ”andel lågor i lövnärhet”. Gallrad skog hade en större mängd stubbar än nyckelbiotoper, medan nyckelbiotoper hade en större andel lågor i lövnärhet än gallrade skogar. Höjdes tröskelvärdet till 0.8 skilde endast andel lågor nära löv och antal stubbar i diameterklass 4.



Figur 3. Ordinationsdiagram (NMS) över dödvedssammansättningen i gallrade skogar och nyckelbiotoper med a) FWD inkluderat och b) utan FWD. Grå prickar representerar gallrade bestånd, svarta representerar nyckelbiotoper. Endast variabler med korrelationskoefficient ( $r^2$ ) > 0.6 visas. FWD =  $\phi < 10$ . Diameterklasser (1) 1-5, (2) >5-10, (3) >10-20, (4) >20-30, (5) >30-40 och (6) >40 cm.

### 3.3 Artobservationer

Av de 14 arter som ingick i studien hittade jag åtta. Antalet fynd av varje art presenteras i figur 4. Inga fynd gjordes av *Calicium trabinellum*, *Cladonia botrytes*, *C. parasitica*, *Lecidea gibberosa*, *Pycnora sorophora* och *Nowellia curvifolia*. Totalt gjorde jag 46 artobservationer, varav 34 på CWD (18 på stubbar, 16 på lågor, 0 på stående) och 12 på FWD. I gallrad skog gjordes 27 fynd, i nyckelbiotop 19.



Figur 4. Antal fynd av varje observerad art, med färgkodning för om fyndet gjorts i gallrad skog eller nyckelbiotop.

### 3.3.1 Förekomstanalys och modellbygge

För *Herzogiella seligeri* föll inga variabler ut som signifikanta för artens förekomst på ett substrat, oavsett kombination. Det innebär att ingen prediktiv modell för *H. seligeris* förekomst kunde byggas. För *Xylographa parallella* var det däremot möjligt (tabell 4). I den slutliga modellen ingår tre variabler som alla har p-värden under 0.05; CWD/FWD, barktäckning och nedbrytning (tabell 5a). Sannolikheten att *X. parallella* förekommer på ett substrat ökar om substratet är av CWD-typ. Sannolikheten ökar också med minskande barktäckning och med minskad nedbrytning. Variabeln nedbrytning kunde ersättas med variabeln pleurokarptäckning (tabell 5b) utan att p-värdena för de ingående variablerna ändrades med mer än 0,0125 enheter. Log likelihood-värdena skilde sig inte heller nämnvärt åt. Sannolikheten att *X. parallella* förkommer på ett substrat ökar då med minskad pleurokarptäckning.

Tabell 4. Resultat av multipel regressionsanalys av förekomst av *Xylographa parallella* i Generalized linear model procedure (Proc Genmod) i SAS 9.1, alla variabler inkluderade. Log likelihood-värde: -40.9460.

Variabel	Estimat	SE	p-värde
Intercept	-2,7078	1,2312	-
Beståndstyp: G	0,1874	0,6313	0,7482
Beståndstyp: NB	0,0000	0,0000	-
CWD	2,6513	0,8641	0,0947
FWD	0,0000	0,0000	-
Nedbrytning	-0,4116	0,2047	0,1223
Skuggning	-1,3009	0,5246	0,0481
Barktäckning	-0,0443	0,0182	0,0182
Pleurokarptäckning	-0,0260	0,0132	0,1512
Lövnärhet = 1	-0,2552	1,0417	0,7962
Lövnärhet = 2	0,0000	0,0000	-
Area	0,1547	0,0658	0,1875

Tabell 5. Resultat av regressionsanalys av *Xylographa parallella* i *Generalized linear model procedure* (Proc Genmod, SAS 9.1), där grundmodellen (tabell 4) reducerats genom stegvist borttagande av variabler tills endast variabler med *p*-värden under 0,05 återstod. a) Variant 1, med nedbrytning. Log likelihood-värde: -47.6529. b) Variant 2, med pleurokarptäckning. Log likelihood-värde: -47.4008

<b>a</b>				<b>b</b>			
Variabel	Estimat	SE	<i>p</i> -värde	Variabel	Estimat	SE	<i>p</i> -värde
Intercept	-5,2146	0,5927	-	Intercept	-5,5339	0,6619	-
CWD	4,0749	0,5465	0,0257	CWD	3,4418	0,7317	0,0209
FWD	0,0000	0,0000	-	FWD	0,0000	0,0000	-
Barktäckning	-0,0355	0,0124	0,0183	Barktäckning	-0,0311	0,0118	0,0177
Nedbrytning	-0,8151	0,2109	0,0135	Pleurokarptäckning	-0,0393	0,0107	0,026

## 4. Diskussion

### 4.1 Mängd död ved

Det fanns ingen signifikant skillnad i dödvedsmängd mellan gallrad skog och nyckelbiotoper. Kvoten mellan volymen i gallrad skog och volymen i nyckelbiotop var 0.75, och utan FWD 0.61, vilket är större än i andra liknande studier. Motsvarande kvot mellan brukad och skyddad mark (endast CWD) från riksskogstaxeringens inventeringar 2004-2008 ligger på 0.34 i Svealand och enligt andra studier i Sverige exempelvis 0.15 (Andersson & Hytteborn 1991), 0.32 (Gibb m.fl. 2005) och 0.5 (Ekbohm m.fl. 2006). De uppmätta volymerna från min studie kan inte jämföras rakt av med andras på grund av skillnader i metodik men en översiktlig jämförelse kan ändå ge en antydning om vari skillnaderna ligger. Som nämndes i inledningen ligger volymen CWD i Norden omkring 60-90 m<sup>3</sup>/ha i naturskog och omkring 2-10 m<sup>3</sup>/ha i produktionsskog (Siitonen 2001). Riksskogstaxeringens siffror från perioden 2004-2008 anger volymen död ved i Svealand till 6.2 m<sup>3</sup>/ha på brukad produktiv skogsmark, 18.1 m<sup>3</sup>/ha inom skyddad produktiv skogsmark och 6.5 m<sup>3</sup>/ha totalt (Fransson 2009). Gallrade bestånd i min studie hade i relation till dessa siffror en hög volym död ved (16,1 m<sup>3</sup>/ha CWD), medan volymen i nyckelbiotoperna (27.9 m<sup>3</sup>/ha CWD) är hög jämfört med medelvolymen på skyddad mark i Svealand, men låg jämfört med naturskogar. Variationen inom de inventerade bestånden var dock stor. De största mängderna död ved som uppmättes i nyckelbiotop (73.2 m<sup>3</sup>/ha) nådde upp till naturskogsnivåer. Att gallrade bestånd trots variation (7.9 – 27.2 m<sup>3</sup>/ha) hyste så stora mängder beror på att stubbar räknades in.

### 4.2 Olika dödvedstypers bidrag till mängden död ved

#### 4.2.1 Avverkningsrester

Gallrad skog hade inte oväntat en större mängd stubbar per hektar jämfört med nyckelbiotoper. Även mängden FWD-objekt var större i gallrad skog. För FWD var skillnaden signifikant endast för antalet, men nära signifikant även för volym och area (*p*=0.063 resp. 0.055). Stubbar och FWD tillsammans utgjorde i snitt halva volymen död ved i gallrad skog, vilket är mer än vad som observerades av Siitonen m.fl. (2000) där avverkningsrester i mogen produktionsskog i snitt utgjorde 25 %. Att de gallrade



bestånden har en så hög volym död ved i min studie kan till största delen förklaras av att stubbar ingick i beräkningarna (21 % av volymen CWD), vilket de inte gör i riksskogstaxeringen och heller inte i de flesta andra studier. Undantag är studien av Siitonen m.fl. (2000) och även en studie av Andersson och Hytteborn (1991), båda i mogen produktionsskog. Där är volymerna död ved över 5 cm i diameter beräknade till 11 m<sup>3</sup>/ha respektive 14 m<sup>3</sup>/ha, vilket överensstämmer mer med mina resultat. Detta visar att avverkningsrester kan utgöra en betydelsefull del av mängden död ved i gallrad skog.

#### **4.2.2 Lågor och stående död ved**

Varken mängden lågor eller mängden stående död ved skilde mellan gallrad skog och nyckelbiotop. Ser man till relationen mellan volymen lågor och stående död ved var denna 91:9 i gallrad skog. I nyckelbiotop var relationen 74:26. Det senare liknar i hög grad förhållandet i naturskogar, där siffrorna i snitt är 70:30 (Siitonen 2001). Linder & Östlund (1997) beräknar en nittioprocentig minskning av mängden stående död ved i landskapet kopplat till omvandlingen från naturskog till produktionsskog. Stående död ved är särskilt viktig för många lavar (Hallingbäck 1995; Humphrey m.fl. 2002) och de gallrade skogarnas låga andel stående död ved kan därför innebära en artfattigare lavflora.

#### **4.2.3 Area – ett annat perspektiv**

Volym är ett vedertaget mått på död ved, men när det gäller ytlevande organismer är area många gånger ett bättre mått för att uppskatta tillgången på substrat (Kruys & Jonsson 1999). Areamåttet ger också en helt annan bild av hur FWD bidrar till mängden substrat. Den totala arean död ved i gallrad skog var 2179 m<sup>2</sup>/ha, varav 73 % utgjordes av FWD. I nyckelbiotop var arean i medeltal 1641 m<sup>2</sup>/ha och FWD utgjorde 47 %. Ur ett areaperspektiv står alltså FWD för minst omkring hälften av vedytan i både gallrad skog och nyckelbiotop.

### **4.3 Beståndstypiska vedegenskaper**

#### **4.3.1 Gallrade skogar**

Ordinationen visade att de egenskaper hos den totala dödvedmängden i bestånden som mest skilde gallrade skog från nyckelbiotop var antalet FWD-objekt och antalet objekt i diameterklass 1 (1-5 cm). Antal objekt i nedbrytningsklass 1 skilde också, vilket beror på att de flesta FWD-objekt föll inom denna kategori, eftersom FWD sällan når senare nedbrytningsstadier som inventerbara vedobjekt. Resultaten visar att FWD i gallrad skog ofta är under 5 cm i diameter, en fraktion som sällan inventerats i uppväxt skog. Fraktionen är kortlivad som vedsubstrat, och de flesta arter föredrar grövre substrat (Söderström 1988a). Tidigare studier har dock visat att diameterfraktionen 5-9 cm kan vara viktigt för den totala artrikedomen i skogar där mängden CWD är låg (Kruys & Jonsson 1999). Caruso m.fl. (2008) undersökte även ved under 5 cm i diameter och fann 41 lavararter, varav sju anses vara strikt vedlevande arter. De gallrade bestånden karaktäriserades också av ett stort antal stubbar, framför allt i diameterklass 4, dvs. en snittytdiameter mellan 20 och 30 cm, vilket kan vara rimligt med tanke på beståndens ålder. Ordinationen bekräftar bilden av att den döda veden i gallrade skogar framförallt kännetecknas av resterna från gallringen.

### 4.3.2 Nyckelbiotoper

Nyckelbiotoper karaktäriserades av en mindre mängd FWD och stubbar, men också av en högre andel lågor i lövnärhet än vad som observerats i gallrad skog. Detta avspeglar den starka reducering av lövträd som skett i produktionsskogen (Esseen m.fl. 1997). Förnfall från lövträd bidrar till ett högre pH hos näraliggande substrat och kan leda till en annan lav- och mossflora (Goward & Arsenault 2000; Weibull & Rydin 2005). Nyckelbiotoper har i detta avseende större variation i vedkvalitet vilket ger bättre förutsättningar för hög artdiversitet.

## 4.4 Arter

### 4.4.1 Om artförekomsterna

På totalt 2343 inventerade objekt gjorde jag bara 46 fynd av de 14 arterna. Sju av arterna är klassificerade som mindre allmänna eller sällsynta (Hallingbäck 2009a & b), vilket kan betyda att den totala inventerade ytan (0.32 ha i vardera beståndstyp) var för liten för att täcka deras glesa förekomst. Antalet fynd är så litet att det är svårt att uttala sig om fördelningen mellan beståndstyperna, men värt att notera är att skillnaden mellan gallrad skog och nyckelbiotop inte är uppenbar. Antalet fynd var ungefär lika stort i de båda beståndstyperna, och antalet unika arter var identiskt. Av de tre vanligast förekommande arterna i min studie, hör *Xylographa parallella* och *Micarea denigrata* coll. till de oftast observerade arterna i ungskog (Caruso m.fl. 2008) medan *Herzogiella seligeri* är en relativt vanlig signalart (Gustafsson m.fl. 2004b). *Cladonia botrytes*, som är mycket vanlig på avverkningsstubbar i ungskog (Caruso m.fl. 2008) observerades däremot inte, vilket antyder att arten inte är knuten till stubbar som sådana, utan dessutom behöver särskilda miljöbetingelser.

### 4.4.2 *Xylographa parallellas* substratpreferenser

Enligt min modell för att förutsäga förekomsten av *Xylographa parallella* ökar sannolikheten om substratet är av CWD-typ. Dessutom ökar sannolikheten med minskande barktäckningsgrad. Sannolikheten ökar också med minskande nedbrytningsstadium, alternativt med minskande täckning av pleurocarpa bladmossor. Vedlevande mossor och lavar föredrar generellt grövre substrat, på grund av egenskaper som stabilitet, jämnare fuktighet och längre tid till överväxning av markvegetation (Andersson & Hytteborn 1991; Esseen m.fl. 1997). Även om barktäckning och nedbrytning inte var korrelerade enligt det korrelationsstest som gjordes, anses de ofta vara starkt kopplade. Barkstruktur används ofta som en del i att bedöma nedbrytningsgraden hos vedobjekt (ex. Andersson & Hytteborn 1991; Söderström 1988b). Mosstäckning behöver däremot inte vara korrelerat till vare sig barktäckning eller nedbrytning (fältobservation). Därför kan den alternativa modellen där täckning av pleurocarpa bladmossor ersätter nedbrytningsgrad vara bättre. Studier av populationsdynamik hos *X. parallella* växande på stubbar har visat att sannolikheten för utdöende ökar med ökad abundans av mossor, medan sannolikheten att en stubbe koloniserar minskar med ökad nedbrytning (Caruso m.fl. opubl.), ett mönster som liknar resultaten från min modell. Sambanden kan tänkas gälla för många vedlevande lavar som koloniserar när veden är relativt färsk.

## **4.5 Metodkritik**

### **4.5.1 Provytornas storlek**

Mängden död ved varierade mycket mellan enskilda bestånd, både bland nyckelbiotoperna och bland de gallrade skogarna. När bestånden valdes ut lade jag vikt vid att hitta nyckelbiotoper med stor mängd död ved. Fördelningen av död ved ser dock olika ut i en nyckelbiotop jämfört med en gallrad. I ett gallrat bestånd finns i de flesta fall stubbar jämnt fördelade över hela ytan, vilket leder till att mängden död ved på en specifik provyta alltid överstiger en nollnivå. I nyckelbiotoper är den döda veden ofta ojämnt utspridd, och vid flera tillfällen hände det att en eller två av provytorna i ett bestånd helt saknade grov död ved, trots att nyckelbiotopen som helhet hade en påtagligt stor mängd död ved. Detta gör att en del av syftet, att få en bild av förutsättningarna för biologisk mångfald i de dödvedrikaste successionsstadierna, delvis missades, i och med att den döda veden missades. En studiedesign med större provytor hade fångat in en större andel av den döda veden i nyckelbiotoperna, och därmed troligen lett till fler artfynd i dessa bestånd. Vad de gallrade skogarna beträffar, anser jag att metoden gav en rättvis bild.

### **4.5.2 Markhistorik**

En annan faktor som min metod inte tog hänsyn till var beståndens historik. Vid inventeringen var det tydligt att vissa gallrade bestånd tidigare brukats som åkermark, medan andra till och med kunde ha nyckelbiotopskvaliteter. Också bland nyckelbiotoperna fanns skillnader, trots urvalet för ”normalkuperade” och ”normalfuktiga” bestånd. Vissa var bitvis mycket blockiga och har troligen stått i det närmaste orörda av skogsbruket, medan andra kan ha brukats nyligen. Detta bidrog säkert kraftigt till variationen mellan bestånden och frånvaron av skillnader mellan gallrade skogar och nyckelbiotoper. Å andra sidan ger det en bild av situationen i Upplands skogsmark, och visar på vikten av att inte stirra sig blind på skogsmarkens klassifikation.

## **5. Slutsatser**

För att vedlevande arter kontinuerligt ska finnas i landskapet krävs att död ved med rätt kvaliteter finns i skogens alla successionsstadier. I den uppväxande skogen har naturhänsynen vid föregående föryngringsavverkning en stor betydelse för förutsättningarna. Vid avverkning kan stora mängder död ved skapas, men för en kontinuitet av död ved i olika stadier av nedbrytning måste hänsyn tas till den döda ved som redan finns. Kunskap kring den biologiska mångfalden knuten till död ved i uppvuxen produktionsskog är därför ett viktigt verktyg för att ta fram rekommendationer kring generell hänsyn. En slutsats av den här studien är att även skogar som i dagsläget inte har någon hög naturvärdesklassning kan hysa stora mängder död ved, och därför ha goda förutsättningar för att fungera som habitat för vedlevande arter. En beståndsanpassad avverkningsplanering är ett måste, och en förutsättning för att de återstående 25 procenten av skogsmarken ska kunna nå upp till lagens miniminivå för hänsyn.

Småskaliga studier som den här ett viktigt komplement till större studier där man på grund av tidsbegränsning inte kan göra detaljerade mätningar och artinventeringar. Stubbar och FWD är exempel på död ved som hittills sällan ingått i vare sig större mätningar av dödvedsvolymer eller bedömningen av lämnad naturhänsyn vid avverkning, eftersom i stort sett all volym alltid lämnats. Nu när skörd av både stubbar och FWD för

biobrännsländamål är högaktuellt blir situationen en annan. Att få ökad kunskap om dessa avverkningsresters betydelse för artrikedomen blir viktigt. Att jämföra artstudier på stubbar och FWD i uppväxt skog med motsvarande studier i ungskog kan vara ett viktigt led i att utvärdera betydelsen av stubbar och FWD för biologisk mångfald. För att få en bättre bild av de vedlevande arternas utbredning i gallrad skog skulle min studie kunna utvidgas, så att fler artförekomster täcks in och datat på så vis blir mer analyserbart.

Ett ytterligare förslag till vidare studier är att inkludera beståndshistoriken i analysen av de gallrade skogarnas artsammansättning. Har bestånd på gammal jordbruksmark en annan sammansättning av lavar och mossor än bestånd med kontinuitet av skogsmark bakom sig? Hur påverkas arterna av omfattningen hos tidigare virkesuttag? Inverkar brukningshistoriken på vilka arter som har möjlighet att kolonisera beståndet och vilka mekanismer ligger i så fall bakom detta? Svaren på sådana frågor skulle kunna ge viktig information när framtidens naturvårdsstrategi för skogslandskapet ska utformas.

## **Tack**

Jag vill rikta ett stort tack till Jörgen Rudolphi och Sandro Caruso för god handledning under arbetets gång. Tack också till Helena Ringblom, Skogsstyrelsen och Henrik von Hofsten, Skogforsk, för skogliga upplysningar. Sist men inte minst vill jag tacka mina exjobbarkollegor för textkommentarer, diskussioner och praktiska tips.

## Referenser

- Ahti, T., Hämet-Ahti, L. & Jalas, J., 1968. Vegetation zones and their sections in northwestern Europe. *Annales Botanici Fennici*, 5, 169-211.
- Andersson, L.I. & Hytteborn, H., 1991. Bryophytes and Decaying Wood: A Comparison between Managed and Natural Forest. *Holarctic Ecology*, 14(2), 121-130.
- Andersson, M., 2009. Miljöhänsyn vid förnygringsavverkning – resultat från Skogsstyrelsens rikspolytaxinventering (R1), avverkningsår 1999-2007.
- Caruso, A. & Rudolphi, J., 2009. Influence of substrate age and quality on species diversity of lichens and bryophytes on stumps. *The Bryologist*, 112(3), 520-531.
- Caruso, A., Rudolphi, J. & Thor, G., 2008. Lichen species diversity and substrate amounts in young planted boreal forests: A comparison between slash and stumps of *Picea abies*. *Biological Conservation*, 141(1), 47-55.
- Chen, J., Franklin, J.F. & Spies, T.A., 1993. Contrasting microclimates among clearcut, edge, and interior of old-growth Douglas-fir forest. *Agricultural and Forest Meteorology*, 63(3-4), 219-237.
- Chen, J., Saunders, S.C., Crow, T.R., Naiman, R.J., Brososke, K.D., Mroz, G.D., Brookshire, B.L. & Franklin, J.F., 1999. Microclimate in Forest Ecosystem and Landscape Ecology. *BioScience*, 49(4), 288-297.
- Ekbom, B., Schroeder, L.M. & Larsson, S., 2006. Stand specific occurrence of coarse woody debris in a managed boreal forest landscape in central Sweden. *Forest Ecology and Management*, 221(1-3), 2-12.
- Esseen, P., Ehnström, B., Ericson, L. & Sjöberg, K., 1997. Boreal Forests. *Ecological Bulletins*, (46), 16-47.
- Fransson, J., 2009. *Skogsdata 2009 - aktuella uppgifter om de svenska skogarna från Riksskogstaxeringen.*, Umeå: Institutionen för skoglig resurshushållning, SLU.
- Fridman, J. & Walheim, M., 2000. Amount, structure, and dynamics of dead wood on managed forestland in Sweden. *Forest Ecology and Management*, 131(1-3), 23-36.
- Gibb, H., Ball, J.P., Johansson, T., Atlegrim, O., Hjältén, J. & Danell, K., 2005. Effects of management on coarse woody debris volume and composition in boreal forests in northern Sweden. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 20(3), 213.
- Goward, T. & Arsénault, A., 2000. Cyanolichen Distribution in Young Unmanaged Forests: A Dripzone Effect? *The Bryologist*, 103(1), 28-37.
- Gustafsson, L., Appelgren, L., Jonsson, F., Nordin, U., Persson, A., & Weslien, J.-O., 2004a. High occurrence of red-listed bryophytes and lichens in mature managed forests in boreal Sweden. *Basic and Applied Ecology*, 5(2), 123-129.
- Gustafsson, L., Hylander, K. & Jacobson, C., 2004b. Uncommon bryophytes in Swedish forests--key habitats and production forests compared. *Forest Ecology and Management*, 194(1-3), 11-22.
- Gärdenfors, U. red., 2005. *Rödlistade arter i Sverige 2005 - The 2005 Red List of Swedish species*, Uppsala: ArtDatabanken, SLU.
- Hallingbäck, T., 1995. *Ekologisk katalog över lavar*, ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Hallingbäck, T., 1996. *Ekologisk katalog över mossor*, ArtDatabanken, SLU, Uppsala.
- Hallingbäck, T. red., 2009a. *Ekologisk katalog över lavar(nätversionen)*, Uppsala, Sweden: ArtDatabanken, SLU.
- Hallingbäck, T. red., 2009b. *Ekologisk katalog över mossor (nätversionen)*, Uppsala, Sweden: ArtDatabanken, SLU.
- Hallingbäck, T., Hedenäs, L. & Weibull, H., 2006. Ny checklista för Sveriges mossor. *Svensk botanisk tidskrift*, 100, 96-148.
- Hottola, J. & Siitonen, J., 2008. Significance of woodland key habitats for polypore diversity and red-listed species in boreal forests. *Biodiversity and Conservation*, 17(11), 2559-2577.
- Humphrey, J.W., Davey, S., Peace, A.J., Ferris, R. & Harding, K., 2002. Lichens and bryophyte communities of planted and semi-natural forests in Britain: the influence of site type, stand structure and deadwood. *Biological Conservation*, 107(2), 165-180.

- 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.
- Jonsell, M., Hansson, J. & Wedmo, L., 2007. Diversity of saproxylic beetle species in logging residues in Sweden - Comparisons between tree species and diameters. *Biological Conservation*, 138(1-2), 89-99.
- Kruys, N., Fries, C., Jonsson, B.G., Lämås, T., & Ståhl, G., 1999. Wood-inhabiting cryptogams on dead Norway spruce (*Picea abies*) trees in managed Swedish boreal forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(2), 178–186.
- Kruys, N. & Jonsson, B.G., 1999. Fine woody debris is important for species richness on logs in managed boreal spruce forests of northern Sweden. *Canadian Journal of Forest Research*, 29(8), 1295–1299.
- Linder, P. & Östlund, L., 1997. Structural changes in three mid-boreal Swedish forest landscapes, 1885-1996. *Biological Conservation*, 85(1-2), 9-19.
- McCune, B. & Mefford, M., 1999. *PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data, Version 4.*, Gleneden Beach, Oregon, USA: MjM Software Design.
- Prop: 2004/05:150, Svenska miljömål – ett gemensamt uppdrag (Regeringens proposition).
- Prop:1997/98:145, Svenska miljömål. Miljöpolitik för ett hållbart Sverige (Regeringens proposition).
- Santesson, R., Moberg, R., Nordin, A., Tønsberg, T. & Vitikainen, O., 2004. *Lichen-forming and lichenicolous fungi of Fennoscandia*, Uppsala: Evolutionsmuseet.
- Siitonen, J., 2001. Forest Management, Coarse Woody Debris and Saproxylic Organisms: Fennoscandian Boreal Forests as an Example. *Ecological Bulletins*, (49), 11-41.
- Siitonen, J., Martikainen, P., Punttila, P. & Rauh, J., 2000. Coarse woody debris and stand characteristics in mature managed and old-growth boreal mesic forests in southern Finland. *Forest Ecology and Management*, 128(3), 211-225.
- Skogsstyrelsen Uppsala, 2009. Om distriktet - [www.skogsstyrelsen.se](http://www.skogsstyrelsen.se).  
<http://www.skogsstyrelsen.se/episerver4/templates/SNormalPage.aspx?id=31883>  
 [Åtkomstdatum November 27, 2009].
- SMHI, 2009. Normal uppskattad årsnederbörd, medelvärde 1961-1990  
<http://www.smhi.se/klimatdata/meteorologi/nederbord/1.6934> [Åtkomstdatum November 27, 2009].
- Spribille, T., Thor, G., Bunnell, F.L., Goward, T. & Björk, C.R., 2008. Lichens on dead wood: species-substrate relationships in the epiphytic lichen floras of the Pacific Northwest and Fennoscandia. *Ecography*, 31, 741-750.
- Söderström, L., 1988a. Sequence of bryophytes and lichens in relation to substrate variables of decaying coniferous wood in Northern Sweden. *Nordic Journal of Botany*, 8(1), 89-97.
- Söderström, L., 1988b. The occurrence of epixylic bryophyte and lichen species in an old natural and a managed forest stand in Northeast Sweden. *Biological Conservation*, 45(3), 169-178.
- Weibull, H. & Rydin, H., 2005. Bryophyte species richness on boulders: relationship to area, habitat diversity and canopy tree species. *Biological Conservation*, 122(1), 71-79