



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2019 30 stp**

Fakultet for miljøvitenskap og naturforvaltning

# **Luftburen laserskanning for identifisering av ansamlinger med grov død ved**

**Gustaf Lindsköld**

Master i skogfag

## **Förord**

Denna masteruppsats inom studieprogrammet Skogfag är skriven på Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU) under våren 2019. Denna uppsats har gett mig möjligheten att utvecklas och givit mig viktiga erfarenheter som jag kommer ha stor nytta av i framtiden.

Jag vill ge ett stort tack till min huvudhandledare Hans Ole Ørka på NMBU, som har varit ett stort stöd och bidragit med många viktiga idéer och lösningar under hela processens gång.

Många personer har hjälpt mig under arbetets gång och jag vill tacka min handledare Per Westerfelt på Skogforsk i Uppsala som har skapat detta spännande projekt åt mig och bidragit med mycket hjälp och kunskap under processens gång. Ett stort tack riktas även till Skogforsk som har bidragit med finansiering som gjort denna uppsats möjlig.

Tills sist vill jag tacka alla studiekamrater och närstående för de fantastiska studieåren jag har fått uppleva här under mina två år på NMBU.

Norges miljø- og biovitenskapelige universitet

Ås, maj 2019

Gustaf Lindsköld

## Abstrakt

Död ved är viktigt för många arter både som föda och boplatser. Totalt 39% av de rödlistade arterna som lever i skogen är beroende av död ved. Kulturskog innehåller mindre volym död ved och klenare död ved jämfört med naturskogar. Hänsynsområden upptäcks i fält och fjärranalys är ett hjälpmedel som kan användas som stöd. I denna studie undersöktes det om uppskattad diameter i brösthöjd (DBH) från lidar, marktäcke uppskattad från fjärranalys och ståndort inom mindre ytor på avverkningsanmälda områden kan användas för att hitta områden med större volymer av död ved och grov död ved. Resultaten visade att det inte går att använda DBH för att hitta ytor med höga volymer av död ved men däremot var det möjligt att hitta grov död ved. Marktäcke visade ingen signifikant skillnad mellan provytorna för volym död ved eller grov död ved. Provytor med ståndorter av grästyp och örttyp visade att de innehöll grova diametrar och höga volymer av död ved jämfört med lägre ståndorter. Det betyder att utifrån resultaten kan DBH från lidar användas för att hitta grov död ved och ståndort kan användas som stödjande faktor.

## **Abstract**

Dead wood is important for many species both as food and as nest sites. In total 39% of the forest living, red list species is dependent by dead wood. Managed forest contains smaller volumes of dead wood and more dead wood of smaller diameters compared to old growth forests. Conservation areas are discovered in the forest and as a supportive tool, remote sensing can be used. This study investigated if diameter at breast height (DBH) derived from lidar, dominating tree species and vegetation type could be used to find large volumes of dead wood and dead wood with large diameter. The results showed that it was not possible to use DBH to find smaller areas with high volumes of dead wood, but it could be used to find dead wood with large diameter. Dominating tree species did not show any significance for volume dead wood or dead wood with large diameter between sample plots. Sample plots containing vegetation type grass and herb showed results that it contained CWD and high volumes of dead wood compared to vegetation classified as lower types. This suggests that DBH derived from lidar could be used to find dead wood with large diameter and vegetation type could be used as a supporting factor.

# Innehållsförteckning

1	Introduktion	1
2	Bakgrund	2
2.1	Klassificering av död ved	2
2.2	Abiotiska och biotiska störningar skapar död ved	3
2.3	Konkurrens	3
2.4	Död ved och dess funktion	4
2.5	Fjärranalys	5
2.6	Luftburen laserskanning	5
2.7	Fjärranalys och biodiversitet	5
3	Material och metoder	7
3.1	Studieområde	7
3.2	Luftburen laserskanning	8
3.3	Val av inventeringsytor	8
3.4	Fältmätningar	10
3.5	Beräkning av volym död ved	12
3.6	Dataanalys	12
4	Resultat	13
4.1	Volym död ved	13
4.2	Basdiameter död ved	16
4.3	Levande träd	18
4.4	Typer av död ved	21
5	Diskussion	23
6	Konklusion	26
7	Referenser	27

# 1 Introduktion

Död ved bidrar till större artrikedom i skogen. Arter föredrar olika typer av död ved. Därför påverkar trädslag, dimension och nedbrytningsgrad artrikedomen (Kruys & Jonsson, 1999; Norden et al., 2004). Död ved är rikligt förekommande i urskogar och består till stor del av grövre stammar både stående och liggande (S. G. Nilsson et al., 2002; Siitonen et al., 2000). I kulturskogar däremot lämnar det moderna skogsbruket lite utrymme för att ny död ved ska kunna skapas genom att de grova träden avverkas. Därmed innehåller kulturskogar större andel död ved av klena diametrar och grenar (Siitonen et al., 2000). Brist på död ved minskar förekomsten av arter som kräver död ved. Dock kan sådana arter öka väldigt snabbt när den totala volymen av död ved ökar (Martikainen et al., 2000). Därför är det bra att öka och bevara ytor med död ved eftersom det bidrar till den totala mängden död ved som i sin tur ökar förekomsten av arter som kräver död ved. Men vilken volym av död ved som krävs är svår att avgöra (Ranius & Fahrig, 2006).

Inom skogsbruket ställs det stora krav på de som planerar avverkningsområden eftersom det är deras ansvar att ta vara på artrikedom och lokalisera hänsynskrävande skog. En sådan planering utförs oftast i fält av endast en person. Fältinventering kan ge fel information om den insamlade datan, som i sin tur kan orsaka stora kostnader. Därför finns det behov för hjälpmedel (Eid, 2000). Med lidar kan man beräkna information om beståndet så som stående volym och diameter i brösthöjd med bra noggrannhet (Popescu, 2007). Utifrån den informationen är det möjligt att kartlägga områden som är indirekt viktiga för miljön (Nagendra et al., 2013). Enligt Turner et al. (2003) finns det två sätt att kartlägga biodiversitet med fjärranalys. Det första sättet är direkt fjärranalys av artsamlingar eller enskilda organismer med satelliter eller luftburna sensorer. Det andra sättet är indirekt fjärranalys där man använder parametrar från miljön för att hitta arter med en känd utbredning i ett specifikt habitat, till exempel skogar eller ängar.

Data från nationella skogsdatabaser kan skapa jämförbara indikatorer som visar på hög biodiversitet så som död ved (Chirici et al., 2012). Många länders nationella skogsdatabaser har samma variabler insamlade om deras skog. Det skapar ett bra underlag för uppskattning av biodiversitet i skogen (Winter et al., 2008). Därför är indirekt fjärranalys ett relativt enkelt sätt att uppskatta biodiversitet i skogen.

Många undersökningar har visat att lidar kan användas för att direkt lokalisera områden med död ved (Pesonen et al., 2008; Tanhuanpaa et al., 2015). Dock har dessa studier specialbeställda laserdata med relativt hög punkttäthet över mindre områden. I Sverige finns det gratis tillgång till laserdata med relativt låg punkttäthet som täcker stora delar av Sveriges yta (Skogsstyrelsen, 2019). Med laserdata kan stora områden snabbt och billigt inventeras vilket oftast gör det mer effektivt och lönsamt jämfört med fältinventering eller flygfoton (Bergsens et al., 2015; Eid et al., 2004). Laserdata tillgängliggjort av Lantmäteriet är tillförlitlig och finns lätt tillgängligt vilket gör det till en källa som kan och bör användas.

Målet med denna undersökning var att se om det inom avverkningsmogna bestånd var möjligt att använda fjärranalys för att indirekt hitta höga naturvärden i form av död ved inom mindre ytor som lämpar sig som hänsynsområden. Studien utfördes med stöd av Skogforsk i Uppsala, Sverige. Huvudmålet var att undersöka om man kan hitta områden med höga naturvärden med hjälp av DBH uppskattad från lidar. Marktäcket och ståndort undersöktes också om det kunde användas för att hitta död ved.

## **2 Bakgrund**

### **2.1 Klassificering av död ved**

Död ved är stående eller liggande ved från ett träd som inte har några livsfunktioner. Död ved klassificeras enligt riksskogstaxeringen i fem klasser beroende på dess nedbrytningsgrad. Ved kan klassas som död ved då trädet fortfarande har gröna blad eller barr och kallas då rå ved. Veden klassas som hård död ved när stammens volym består av minst 90 % hård ved och mantelytan är också hård och den är väldigt lite påverkad av nednedbrytande organismer. Något nedbruten ved består av 10–25% av mjuk ved och en jordsond kan tryckas igenom mantelytan men inte hela splintveden. Nedbruten död ved består till 26–75 % av mjuk eller mycket mjuk ved. Mycket nedbruten ved har en stam med 76–100% mjuk eller mycket mjuk ved och en jordsond kan penetrera hela veden (Riksskogstaxering, 2018).

## 2.2 Abiotiska och biotiska störningar skapar död ved

Abiotiska skador är på träd kan uppkomma av stormar och bränder. Biotiska skador orsakas av insekter och svampar som angriper friska eller träd som på något annat sätt har nedsatt försvarsförmåga.

Vind kan orsaka skador på träd och döda dem genom att träden blåser omkull och trädens rötter förlorar kontakt med marken. Vind kan också knäcka stammen så att trädets krona och dess livsuppehållande funktion försvinner (Coutts, 1994). Snö som byggs upp i trädets krona kan knäcka stammen med dess tyngd och med hjälp av vind. Därmed förlorar rötterna kontakt med trädets krona och trädet dör. Därmed skapas död ved av både stam och krona eller endast delar av kronan och grenar (Äijälä et al., 2014). Skogsbränder resulterar i död ved eftersom många arter förutom tallarna (*Pinus Sylvestris*) inte är anpassade för att tåla skogsbränder (Bonan & Shugart, 1989). Andra abiotiska skador som kan uppstå på träden som torka och luftföroreningar är sällan den enskilda orsaken till trädens avgång utan orsakar istället en stress på som lägger en grund för sekundära skadegörare (Witzell, 2017b).

Svampsjukdomar såsom rotticka, honungsskivling (*Armillaria mellea*) och blödsinn (*Stereum sanguinolentum*) är bland vanligaste rötsvamparna som angriper träd i Norden. Som följd av svampangrepp på gran uppstår röta och försvagning av trädets motståndskraft från andra skadegörare. Rottickan har en typ som angriper gran (*Heterobasidion parviporum*) och en typ som angriper tall (*Heterobasidion Annosum*) (Witzell, 2017b).

Barkborrar (*Scolytinae*) angriper främst gamla försvagade träd eller träd som lider av torkstress. Granbarkborrarna kan vid svärmning döda friska levande träd och mörghorren kan även döda försvagade tallar under rätt förutsättningar (Schroeder, 2015; Witzell, 2017a).

## 2.3 Konkurrens

När ett skogsbestånd växer når träden i beståndet till slut oftast en punkt där diameter i brösthöjd (härefter DBH) och grundyta inte kan bibehålla samma tillväxt för de enskilda träden. Tillgången på vatten, näring och solljus blir kritisk och träd konkurreras successivt ut av varandra och dör. Skogsbestånd med hög konkurrens kan med abiotiska påfrestningar såsom



snöbrott och vindfällan påskynda avgången i beståndet (Long et al., 2004; Witzell, 2017b). Med skogliga ingrepp som gallring och röjning får beståndet mindre konkurrens och därmed minskar risken för abiotiska och biotiska skador som kan leda till att träden dör och därmed bidrar det inte till tillförande av död ved i skogen (Äijälä et al., 2014, s. 51, 60, 152; Fridman & Walheim, 2000; Schroeder, 2015)

## 2.4 Död ved och dess funktion

Död ved har en positiv påverkan för den biologiska mångfalden i de boreala skogarna (Fridman & Walheim, 2000; Jong et al., 2005). Ett stort antal insekter och svampar är beroende av död ved någon gång under deras livstid (Grove, 2002; Norden et al., 2004). I Sverige är upp till 39% av de rödlistade arterna som lever i skogen beroende av död ved (Jong et al., 2005). Många andra arter som inte är med bland de rödlistade arterna men som löper risken för det, är också beroende av död ved. Till exempel, en av dessa som ligger i riskzonen är den tretåiga hackspetten (*Picoides tridactylus*). En av orsakerna varför den tretåiga hackspetten är bedömd att vara i riskzonen beror på bristen av död ved som är en viktig födokälla (Artdatabanken). Butler et al. (2004) undersökte gränsvärdet av mängden död ved i skogen och förekomsten av den tretåiga hackspetten (*Picoides tridactylus*). De föreslog ett gränsvärde för mängden stående död ved till 15 m<sup>3</sup>/ha och i ett minst 100 ha stort sammanhängande område, vilket ungefär motsvarar en grundyta på 1,3 m<sup>2</sup>/ha. Rekommendationen kan jämföras med Sveriges nuvarande mängd av stående och liggande död ved på produktiv skogsmark som uppgår till 8,3 m<sup>3</sup>/ha (P. Nilsson & Cory, 2018, s. 82). Det betyder att behovet för stående död ved i de svenska skogarna är stort.

Lagring av koldioxid i död ved är en viktig del i skogens ekosystem eftersom den fungerar som en tillfällig lagringsplats. (Di Cosmo et al., 2013; Koster et al., 2015). Förutom koldioxid lagras och frigörs även näringsämnen från död ved. En grov stam tar längre tid att brytas ner än blad och små kvistar. Detta bidrar till att näringsämnen lagrade i grov död ved släpps ut långsamt efter en störning i skogen vilket ger nästa generation av träd en chans att utnyttja dem (Harmon & Hua, 1991).

## 2.5 Fjärranalys

Med fjärranalys menas mätningar av omgivningen och objekt från avstånd utan fysisk kontakt. Foton som tas från flygplan eller satelliter är exempel på passiv fjärranalys eftersom de endast registrerar strålningen från objektet, till exempel ljuset från solen. Aktiv fjärranalys betyder att en signal sänds ut, reflekteras tillbaka från objektet och registreras. För granskning av skog är aktiv fjärranalys i form av lidar en av de bättre metoderna eftersom det skapar en tredimensionell bild av träden (Reitberger et al., 2009).

## 2.6 Luftburen laserskanning

Med en laserskanner monterad på flygplan samlar man in information om skogen. Detta görs genom att det sänds ut laserpulser från planets undersida som sedan reflekteras tillbaka till flygplanet och registreras, denna metod kallas också lidar (*light detection and ranging*). Med lidar kan skogen modelleras tredimensionellt genom att laserreturernas avstånd och position från flygplanet till mark, vegetation och träd mäts genom den tid det tar för laserpulsen att färdas från planet ner till marken eller vegetationen och sedan tillbaka till planet. Många lidar-sensorer kan också mäta flera returerna från en och samma laserpuls. Detta sker genom att laserpulsen först träffar vegetation till exempel ett träd och delar av pulsen reflekteras från trädet tillbaka till flygplanet samtidigt som den resterande laserpulsen fortsätter ner till marken och reflekteras tillbaka upp till planet. Laserpulserna reflekterade från marken kan sedan filtreras bort så att endast returerna från markvegetationen finns kvar och från den avläsa vegetationshöjden (Reutebuch et al., 2005).

## 2.7 Fjärranalys och biodiversitet

Fjärranalys har kunnat användas för att hitta områden med hög biodiversitet. Med rasterdata från riksskogstaxeringen i kombination med satellitbilder använde Lindberg et al. (2015) uppskattningar av beståndsdata för att identifiera livsmiljöer med stor förekomst av insekter och fåglar. Trädens medelhöjd och stamantal gav bäst förklaring till livsmiljöer med hög förekomst av insekter och fåglar.

Luckor i ett bestånds krontak släpper in mer ljus till markvegetationen och ändrar mikroklimatet för markvegetationen vilket möjliggör för ljuskrävande växter att etablera sig och missgynnar växter som föredrar skuggiga och fuktiga förhållanden. Med en ökning av antalet olika växtarter och större tillgång till ljus och en förändring av mikroklimatet ökar också förekomsten av organismer och insekter som tidigare inte förekom i lika stor utsträckning (Nol et al., 2006; Vance & Nol, 2003). Identifiering av luckor och vindfällan i områden med hjälp av lidar kan då användas för att hitta ytor med dessa mikroklimat (Tanhuanpaa et al., 2015).

Modernare metoder för inventering av trädens grenar och underväxt utförs med lidar (Latifi et al., 2016; Martinuzzi et al., 2009). Froidevaux et al. (2016) undersökte hur skogsbeståndens grenar påverkade fladdermössens aktivitet beroende på hur tätt och vilken höjd grenarna befann sig. De kunde visa på en minskad aktivitet bland fladdermössen i beståndet där det fanns stor spridning av vegetationen vertikalt som försvårar manövreringen i luften.

Stora träd är viktiga ur många aspekter och speciellt viktiga som boplatser för fåglar som föredrar grova träd med håligheter i genomsnitt framför klenare träd med håligheter (Martin et al., 2004). Levande träd med stor DBH är viktiga för många epifyter (Hultengren & Andersson, 2006) och när de övergår till stående död ved bidrar de till viktiga mikrohabitat för kryptogamer och epifyter som är beroende av dessa grova träd (Kruys et al., 1999). Lidar kan användas för att identifiera dessa grova träd (Korhonen et al., 2016; Saynajoki et al., 2008) men det är svårt eftersom trädens diameter också påverkas av beståndets täthet och tidigare skötsel. Liggande död ved är också viktigt för många arter och lidar har kunnat användas för att uppskatta volymen liggande död ved (Pesonen et al., 2008).

Förutom trädens karaktär kan trädslagen också vara en indikator för biodiversitet (Kuuluvainen, 2002) eftersom olika arter föredrar olika levande och döda träd vilket kan påverka förekomsten av t.ex. vilka epifyter och kryptogamer som etablerar sig på den döda veden (Backlund et al., 2016; Heilmann-Clausen et al., 2005; Kuusinen, 1996). Att hitta områden med bestånd som har en blandning av olika trädslag blir då intressant. Med fjärranalys kan man identifiera olika trädslag med god säkerhet och därmed kan fjärranalys användas för att hitta områden med en önskad trädslagsblandning (Dalponte et al., 2012; Yao et al., 2012).

### 3 Material och metoder

#### 3.1 Studieområde

Studieområdet var lokaliserat till barrträdsdominerande skog i Uppsala län (Figur 1). Uppsala län består av 509 000 ha skogsmark och ca hälften är privatägd. Medelboniteten uppgår till 7,3 m<sup>3</sup>sk/ha per år på produktiv skogsmark. I genomsnitt uppskattas volymen död ved till 10,6 m<sup>3</sup>/ha och av det består 4,9 m<sup>3</sup>/ha av gran på produktiv skogsmark (P. Nilsson & Cory, 2018).



Figur 1. Karta över Sverige med Uppsala län markerat i svart (Källa: SCB).

## 3.2 Luftburen laserskanning

I denna studie användes resultat från luftburen laserskanning inom studieområdet. Skanningen utfördes 2011. Från lidar blev medeldiameter (grundytvägd) och marktäcknet etablerat. Det digitala rastret ”Skoglig grunddata - Medeldiameter” ges ut av Skogsstyrelsen och är ett resultat av lidardata och DBH från provytor i fält gjorda av Riksskogstaxeringen (Skogsstyrelsen, 2018). Detta raster finns tillgängligt att ladda ner gratis (Skogsstyrelsen, 2018). Det digitala rastret ”Nationella marktäckedata” (NMD) ges ut av Naturvårdsverket och är en uppgraderad version av ”Svensk marktäckedata”. Rastret visar markanvändningen uppdelad i 24 kategorier där 16 av dessa är klassade som skog. Rastret är ett resultat av luftburen laserskanning kombinerad med satellitbilder och det finns tillgängligt att ladda ner gratis (Ahlkrona et al., 2018).

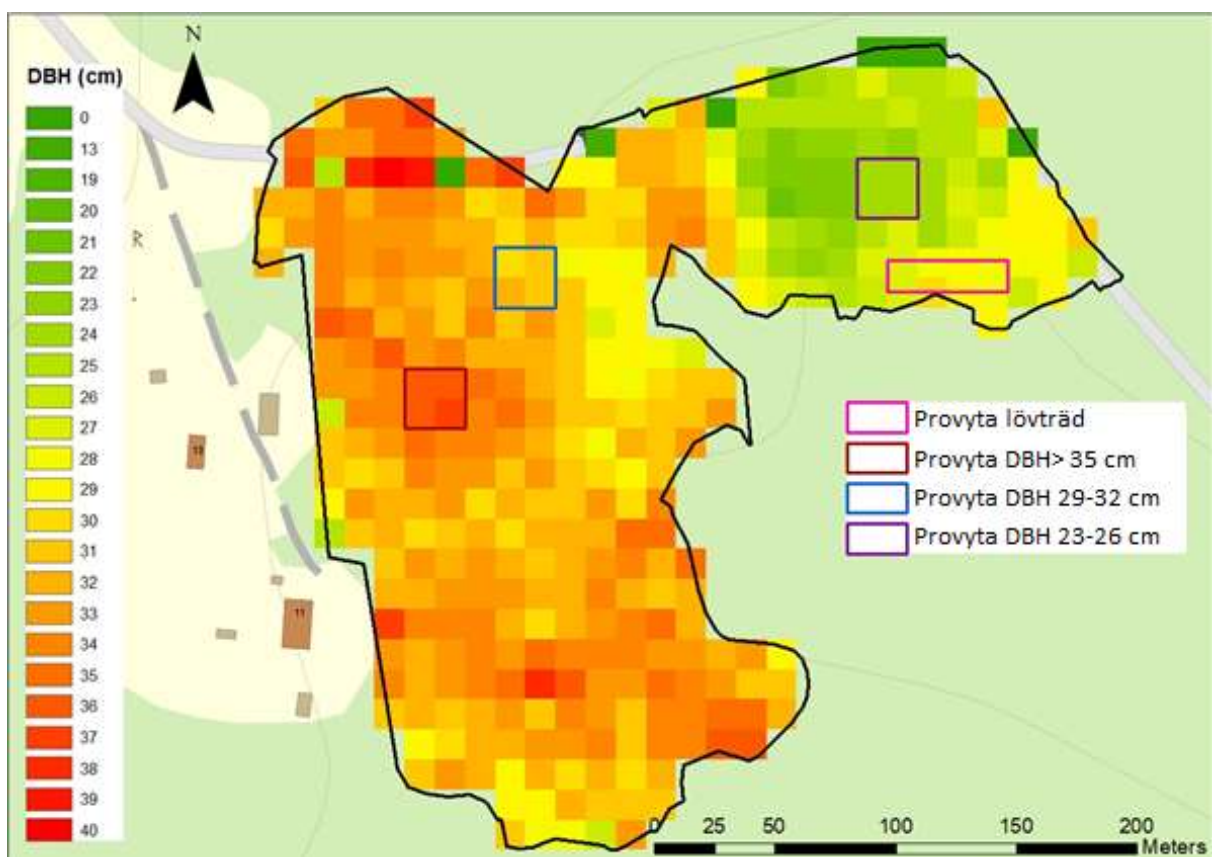
## 3.3 Val av inventeringsytor

Passande bestånd för studien var mogna bestånd som var planerade för avverkning inom en snar framtid. För att hitta dessa passande bestånd användes den digitala kartan ”Avverkningsanmälningar” för Uppsala län i Skogsdataportalen (Skogsstyrelsen, 2016). Ortofoton från lantmäteriet användes för att undersöka att bestånden inte hade blivit avverkade. Eftersom den digitala kartan ”Avverkningsanmälningar” inte är konstant uppdaterad och ortofoton var från 2017 betydde det att några bestånd som valdes utifrån den digitala kartan redan var avverkade och därmed uteslutna. Bestånd klassificerade som ”normal skog”, anmäld för avverkning men inte avverkade valdes.

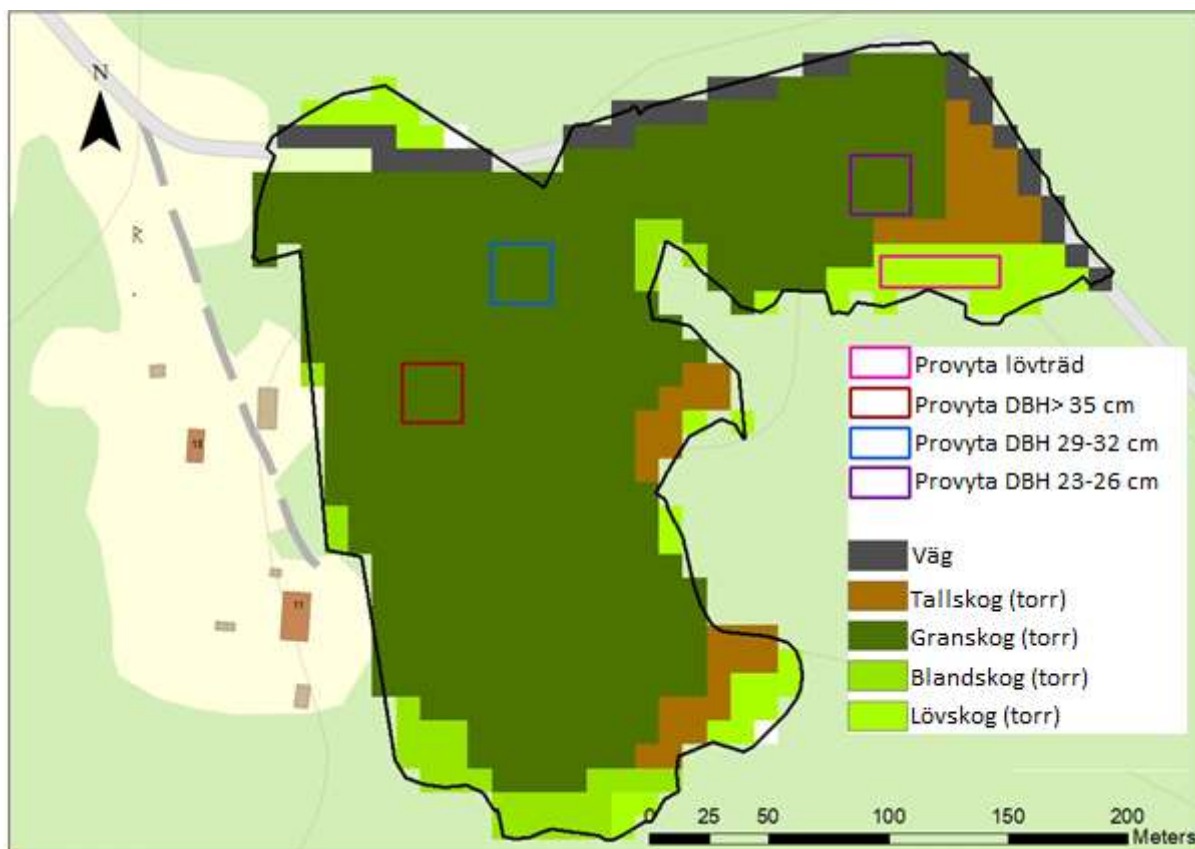
Medeldiameter användes för att hitta områden inom varje bestånd med liten, medel och stor DBH (Figur 2). DBH definierades enligt följande provyteklasser; liten: 23–26 cm, medel: 29–32 cm och stor: >35 cm. Rastret hade en pixelstorlek på 12,5 m där varje pixel visar de tre medeldiametrarna. Provytorna markerades manuellt i GIS och bestod av fyra pixlar, vilket ger en total yta på 625 m<sup>2</sup>. Provytor som valdes efter DBH lokaliserades i områden med barrträd enligt kartlagret NMD. Ytterligare en provyteklass skapades som enligt kartlagret NMD innehöll lövträd (Figur 2). Ingen hänsyn angående DBH togs med vid valet av provytor med lövträd. Kartlagret NMD är ett raster med en pixelstorlek på 10 m<sup>2</sup>. För att få samma

pixelstorlek som ytorna kategoriserade efter DBH, ritades en rektangel som innehöll lite över 6 pixlar (6,25) för hand i GIS (Figur 3).

Kartan NMD kategoriserade också skogen beroende på om den befann sig på fuktig eller torr mark. Alla provytor inom ett bestånd lokaliserades på torr mark om det var möjligt. I några fall när bestånden var till största del fuktig hamnade alla provytor på fuktig mark. På grund av detta fick alla provytor samma förhållanden angående markfuktighet. Målet var att hitta bestånd som alla innehöll fyra kategorier av provytor.



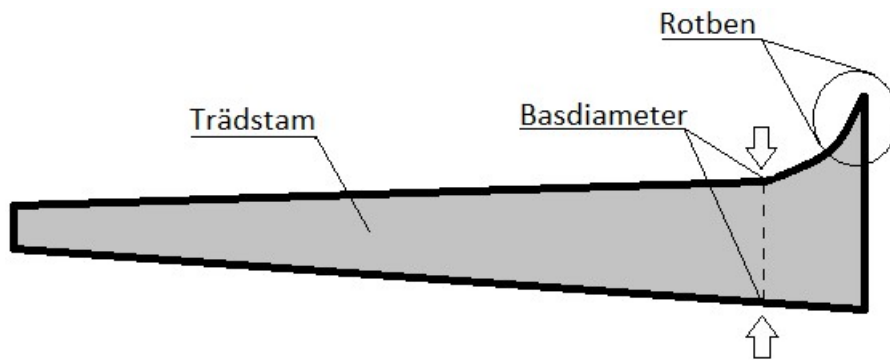
Figur 2. Provytorna som undersöktes i studien med kartlagret medeldiameter.



Figur 3. Provytorna som undersöktes i studien med kartlagret NMD.

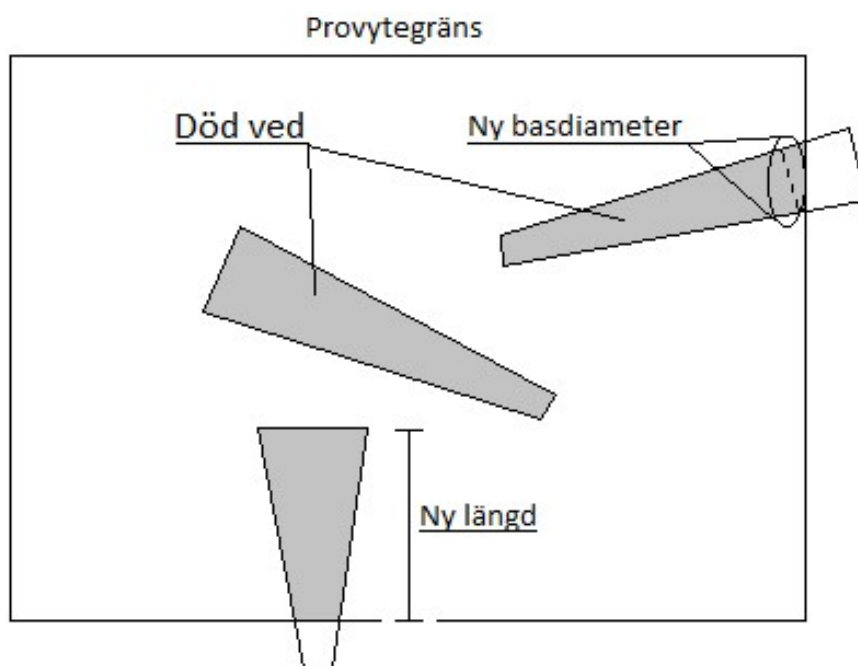
### 3.4 Fältmätningar

Fältinventeringen utfördes i juni 2018. Inom varje bestånd registrerades stamantal och trädslagsfördelning. De tio grövsta träden valdes utifrån visuell bedömning och DBH registrerades för dessa. För att undvika över och underskattningar mäts basdiametrarna på all död ved ovanför rotben och andra deformationer som kan förekomma. DBH och basdiameter mäts genom att klava stammens diameter varpå klavens position roteras 90 grader stammens längdaxel och diametern mäts en gång till. Medelvärdet av dessa två mätningar blir DBH eller basdiameter. Detta gjordes för att undvika felmätningar av stammar med ojämn stamform (Figur 4).



Figur 4. Mät punkt för döda stammars basdiameter (se streckad linje).

För all död ved över 10 cm i basdiameter och över 50 cm i längd registrerades längd med måttband på liggande död ved och höjdmätare på stående död ved och stående eller liggande. För död-veds-objektet registrerades trädslag och om det inte var möjligt att visuellt avgöra så registrerades den som "ospecificerad". Endast den del av stammen som låg innanför provytans gränser mättes (Figur 5). Ståndort och rörligt markvatten bestämdes enligt Skogsstyrelsens handbok (Skogsstyrelsen, 1985).



Figur 5. Mätning av död ved som ligger utanför provytans gränser.



### 3.5 Beräkning av volym död ved

För att räkna ut volymen antogs död-veds-objekten vara stympade koner och toppdiametern räknades ut genom att anta en avsmalning på 1,5 cm per löpmeter. På död-veds-objekt med bark subtraherades basdiametern med barkens tjocklek för att uppskattningen av volym ska vara densamma. Barkens tjocklek utgår från DBH och är uppdelade i 2 cm serier och startar på 10 cm i tabellen (Jonsson et al 1982, s. 209). Därför antogs DBH på död-veds-objektet vara 1,95 cm mindre än basdiametern eftersom avsmalningen blir 1,95 cm per 1,3 m. Inget barkavdrag gjordes på död-veds-objekt med en resulterande DBH under 10 cm efter ett avdrag på 1,95 cm. Död ved av tall fick enligt tabellen bark-typ C-D som representerar tall från södra Sverige med medeltjock bark. Barktjockleken för gran fick bark-typ C som motsvarar medeltjock bark. För björk och alla lövträd användes barktyp B eftersom de mätningarna inte skilt på vårtbjörk (*Betula pendula*) eller Glasbjörk (*Betula pubescens*).

### 3.6 Dataanalys

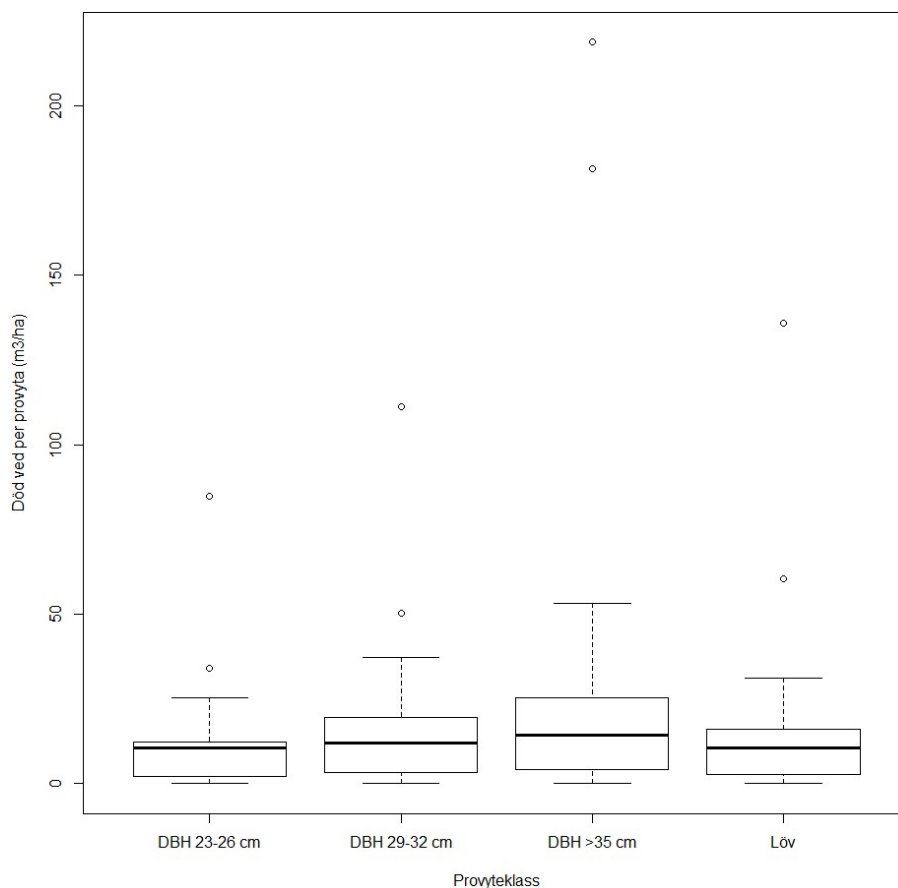
All statistisk analys genomfördes i R (version 3.5.2) (R Development Core team, 2018). Analyser gjordes för att testa om volymen död ved, enskilda död-veds-objekt och basdiametern skilde sig från de olika provyteklasserna och ståndorerna inom provytorna. Utöver detta testades även om trädslagsblandningen skilde sig från provyteklasserna. För alla analyser användes en signifikansnivå på  $p=0,05$ . Volym och basdiametrar av död ved blev testade för normalfördelning med hjälp av ett Shapiro-Wilks normalitetstest. Med observationer som inte var normalfördelade användes Kruskal-Wallis envägs Anova test för två variabler. För att jämföra två och flera olika kategorier användes Wilcoxon test.

## 4 Resultat

Totalt inkluderades 23 av 47 bestånd i studien. Eftersom de bestånd som undersöktes var avverkningsanmälda var 24 stycken redan avverkade när de besöktes i fält. På grund av detta bestämdes det att även bestånd som innehöll minst tre av de fyra provyteklassificeringarna skulle tas med i undersökningen. Alla undersökta bestånd innehöll därför minst tre provyteklasser. Av 23 bestånd hittades 14 bestånd som innehöll alla fyra provyteklasser. Totalt undersöktes 21 provytor med DBH 23–26 cm, 22 provytor med DBH 29–32 cm, 23 provytor med DBH >35 cm och 17 provytor med kategori ”Löv”.

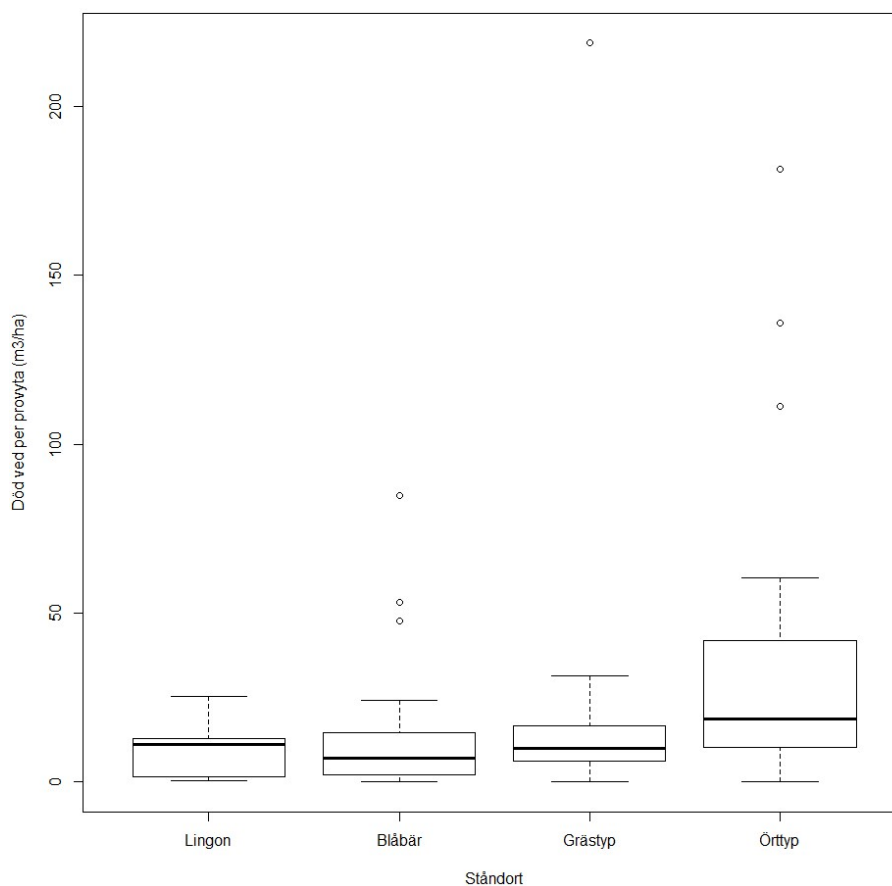
### 4.1 Volym död ved

Det fanns ingen signifikant skillnad mellan provyteklasserna gällande den totala volymen död ved och resultatet visade på ett högt p-värde ( $p > 0,05$ ). Den genomsnittliga volymen död ved för provyteklassen DBH >35 cm var högst av de fyra provyteklasserna med 32,3 m<sup>3</sup>/ha (Tabell 1) och med ett medianvärde på 14,3 m<sup>3</sup>/ha (Figur 6).



Figur 6. Volym död ved per provyta kategoriserad efter provyteklass.

Ståndort visade endast en signifikant ( $p \approx 0,02$ ) skillnad i volym död ved mellan provytor med ståndort örtyyp (lågört och högört) och blåbär. Örtyyp hade  $36,5 \text{ m}^3/\text{ha}$  död ved i genomsnitt av 23 provytor och ett medianvärde på  $18,6 \text{ m}^3/\text{ha}$  (Figur 7, Tabell 1). Provytor med ståndorten grästyp hade den enskilt högsta volymen död ved med  $218,6 \text{ m}^3/\text{ha}$  och hade i genomsnitt  $26,5 \text{ m}^3/\text{ha}$  död ved (Tabell 1). Blåbär hade  $84,7 \text{ m}^3/\text{ha}$  död ved som högsta värde. Ståndorten lingon hade på en av sina 6 provytor  $25,2 \text{ m}^3/\text{ha}$  död ved som högsta värde (Figur 7).



Figur 7. Volym ( $\text{m}^3/\text{ha}$ ) död ved per provyta fördelat efter ståndort.

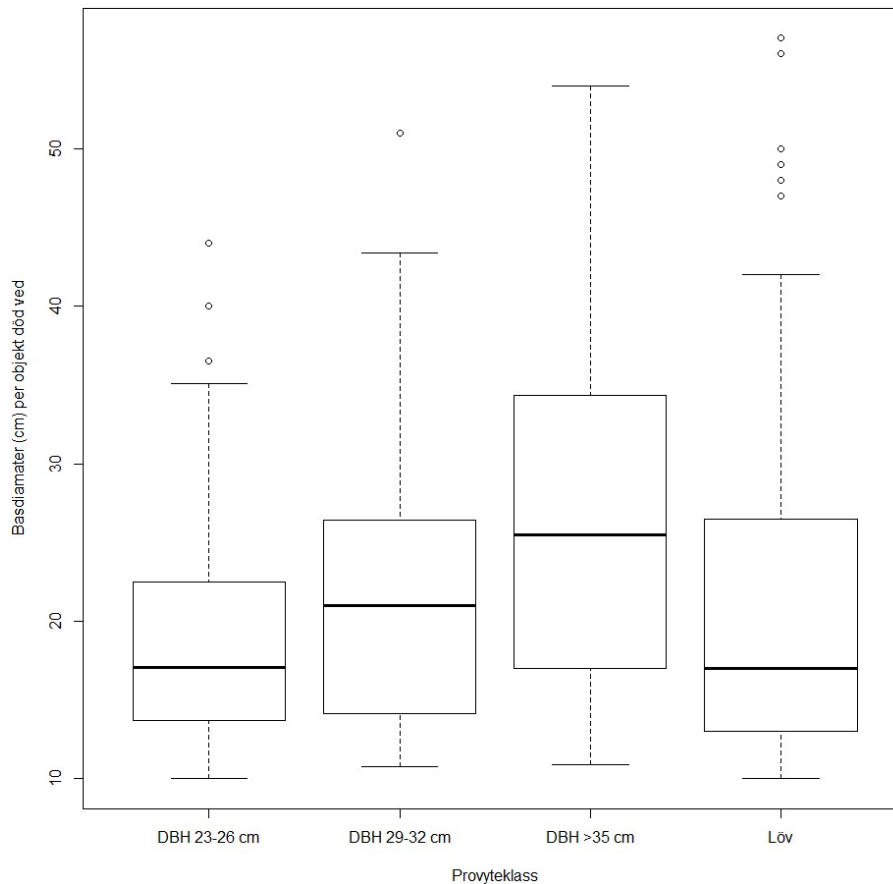
12% av provytorna ”Löv” hade >70% lövträd som hade 2  $\text{m}^3/\text{ha}$  död ved som lägst och 135,8  $\text{m}^3/\text{ha}$  och som högst. Provyteklass DBH 23–26 cm hade en provyta med >70% lövträd som innehöll 12,3  $\text{m}^3/\text{ha}$  död ved. Lägst genomsnittlig volym död ved hade provytor där över 70% av stamantalet bestod av tall (Tabell 1).

Provyteklass	$\text{m}^3/\text{ha}$	Ståndort	$\text{m}^3/\text{ha}$	Stamantal	$\text{m}^3/\text{ha}$
DBH 23-26 cm	13,3	Lingon	25,2	Tall (>70%)	7,58
DBH 29-32 cm	17,7	Blåbär	12	Gran (>70%)	35,3
DBH >35 cm	32,3	Grästyp	26,5	Barrträd (>70%)	14,2
Löv	20,3	Örtyt	36,5	Löv (30-70%)	39,1

Tabell 1. Genomsnittlig volym död ved.

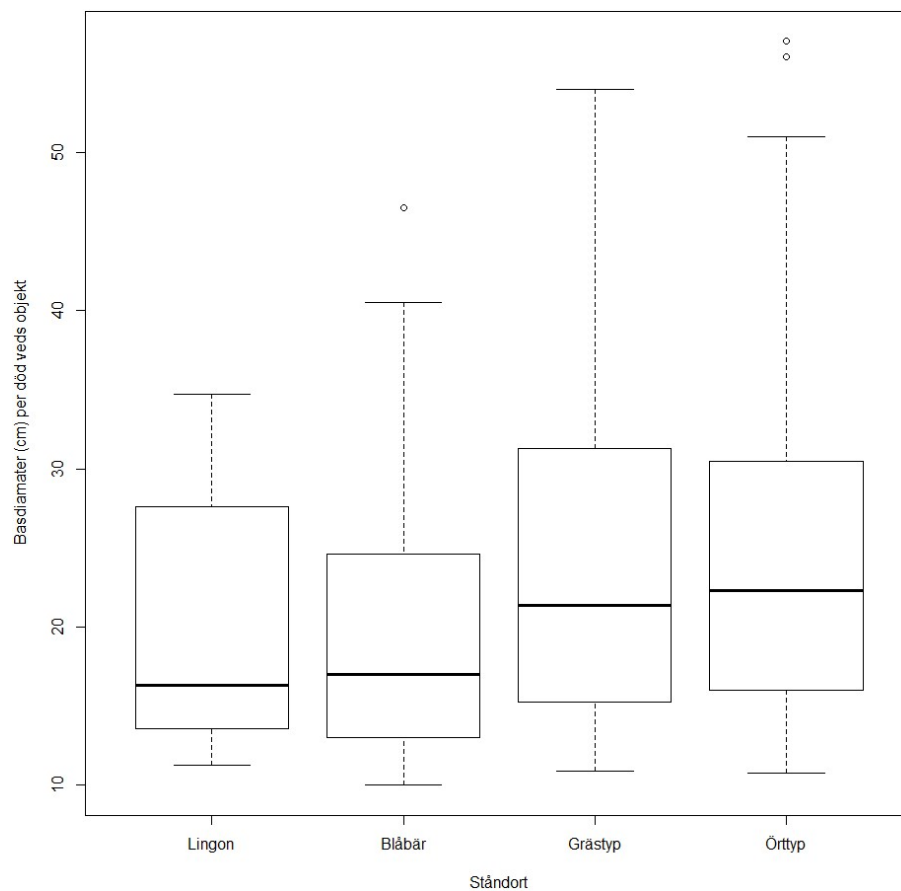
## 4.2 Basdiameter död ved

Det var en statistik signifikant skillnad ( $p < 0,001$ ) för basdiametern på den döda veden i den grövsta provyteklassen DBH >35 cm, jämfört med de övriga tre provyteklasserna (Figur 8). ”Löv” och DBH 29–32 cm hade ingen statistiskt signifikant skillnad ( $p > 0,05$ ) men för DBH 23–26 cm och DBH 29–32 cm så var P-värdet lågt men inte signifikant ( $p \approx 0,1$ ).



Figur 8. Låddiagram med basdiametern från död ved inom varje provyteklass.

Den döda vedens basdiameter var signifikant större för ståndorten grästyp ( $p \approx 0,004$ ) och örttyp ( $p < 0,001$ ) jämfört med ståndorten blåbär. Lingon hade ett lågt p-värde men inte signifikant ( $p \approx 0,11$ ) vid jämförelse av den döda vedens basdiameter med DBH 29–32 cm och DBH >35 cm. Örttyp skilde sig signifikant från blåbär ( $p < 0,001$ ) och lingon ( $p \approx 0,019$ ). Det var ingen signifikant skillnad för den döda vedens basdiameter mellan grästyp och örttyp ( $p > 0,05$ ) och inte heller mellan lingon och blåbär ( $p > 0,05$ ). Medianvärdet var högst för örttyp (22,3 cm) och lägst för lingon (16,3 cm) (Figur 9).



Figur 9. Låddiagram med basdiametern för död ved fördelat på ståndort.

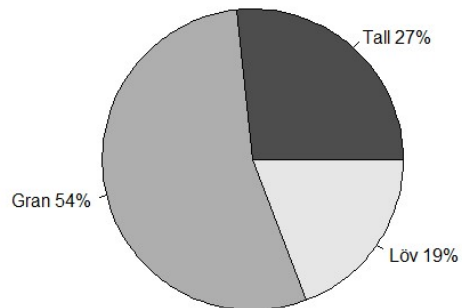
### 4.3 Levande träd

Barrträd var dominerande på provytorna DBH 29–32 cm och DBH >35 cm (Figur 10B, C). Provyteklasserna DBH 23–26 cm (Figur 10A) och ”Löv” (Figur 10D) hade ett mycket högre stamantal av lövträd totalt på sina provytor jämfört med DBH 29–32 cm (Figur 10B) och DBH >35 cm (Figur 10C). Provytorna ”Löv” (Figur 10A) hade 26 % lövträd och därmed högst antal lövträd i genomsnitt. DBH 23–26 cm hade i genomsnitt näst mest med 19 % lövträd. Lövträdens grundyta var inte signifikant ( $p < 0,05$ ) för någon av provyteklasserna men genomsnittlig grundyta var högst för provytan ”Löv”. Medeldiameter för de 10 grövsta levande träden var signifikant ( $p \approx 0,000$ ) olika mellan alla provyteklasser. DBH >35 cm hade i genomsnitt högst medeldiameter med 40,8 cm (Figur 11).

Provytorna visade på en signifikant skillnad på andelen lövträd mellan provytorna ”Löv” och båda provyteklasserna DBH 29–32 cm ( $p \approx 0,02$ ) och DBH >35 cm ( $p \approx 0,01$ ). Det fanns ingen signifikant skillnad i antal lövträd mellan provytorna ”Löv” och DBH 23–26 cm ( $p > 0,05$ ) (Figur 12). 23% av provytorna ”Löv” hade inga lövträd och 18% av provytorna innehöll mindre än 10 % lövträd. Endast 18% av provytorna ”Löv” bestod av 70% lövträd och 23% bestod av 30–70% lövträd.

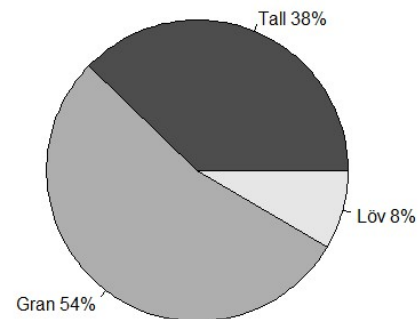
A-

**DBH 23-26 cm**



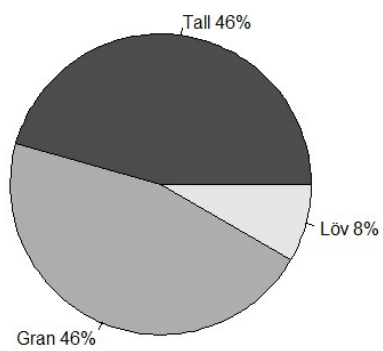
B-

**DBH 29-32 cm**



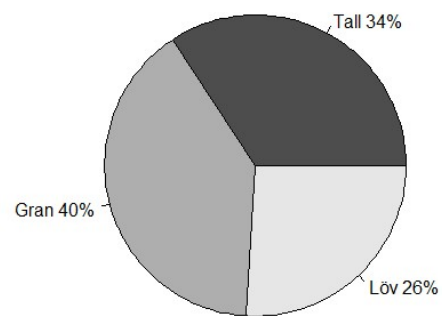
C-

**DBH >35 cm**



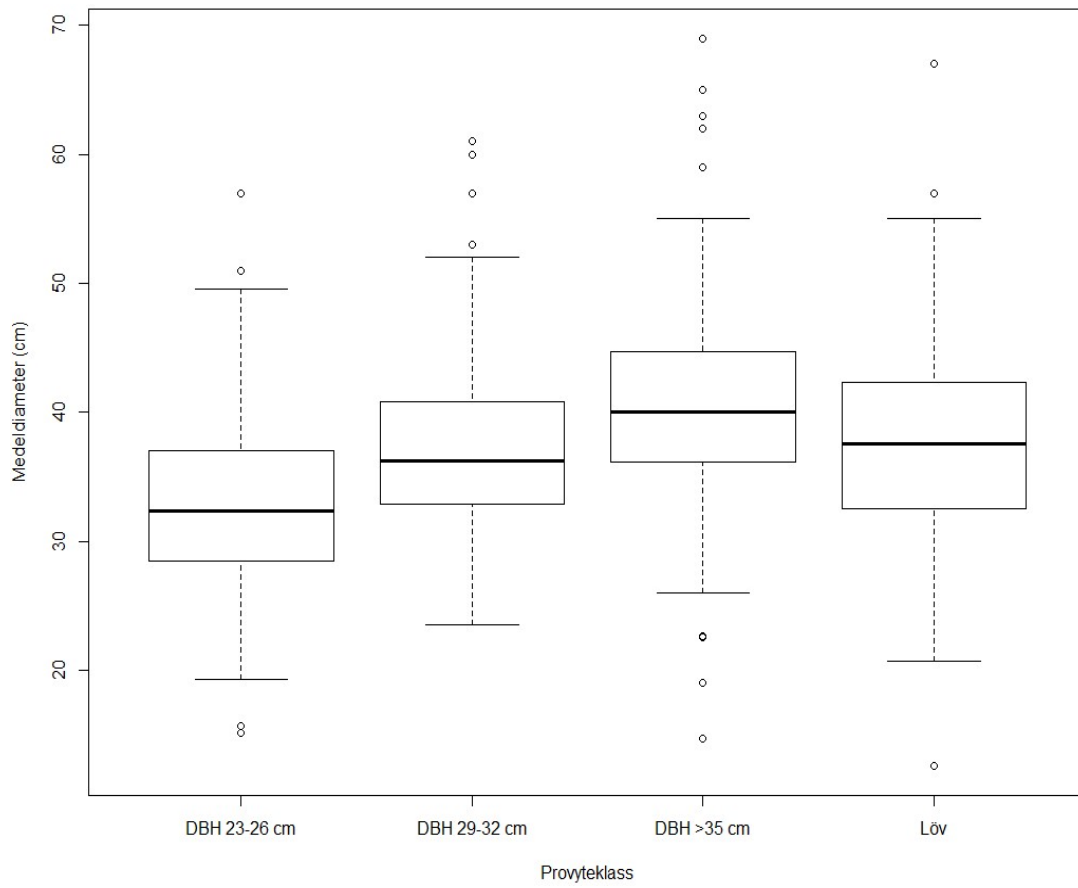
D-

**Löv**

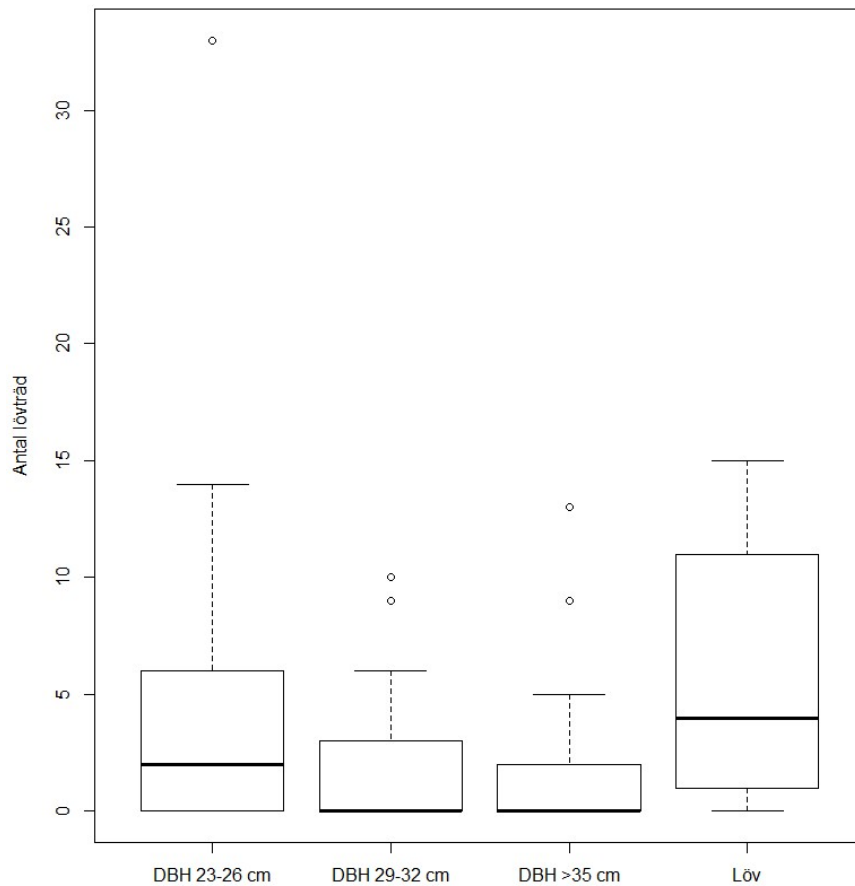


Figur 10. Trädslagsfördelning totalt antal stammar för provyteklasser A) DBH 23–26 cm, B) DBH 29–32 cm, C) DBH >35 cm och D) "Löv".





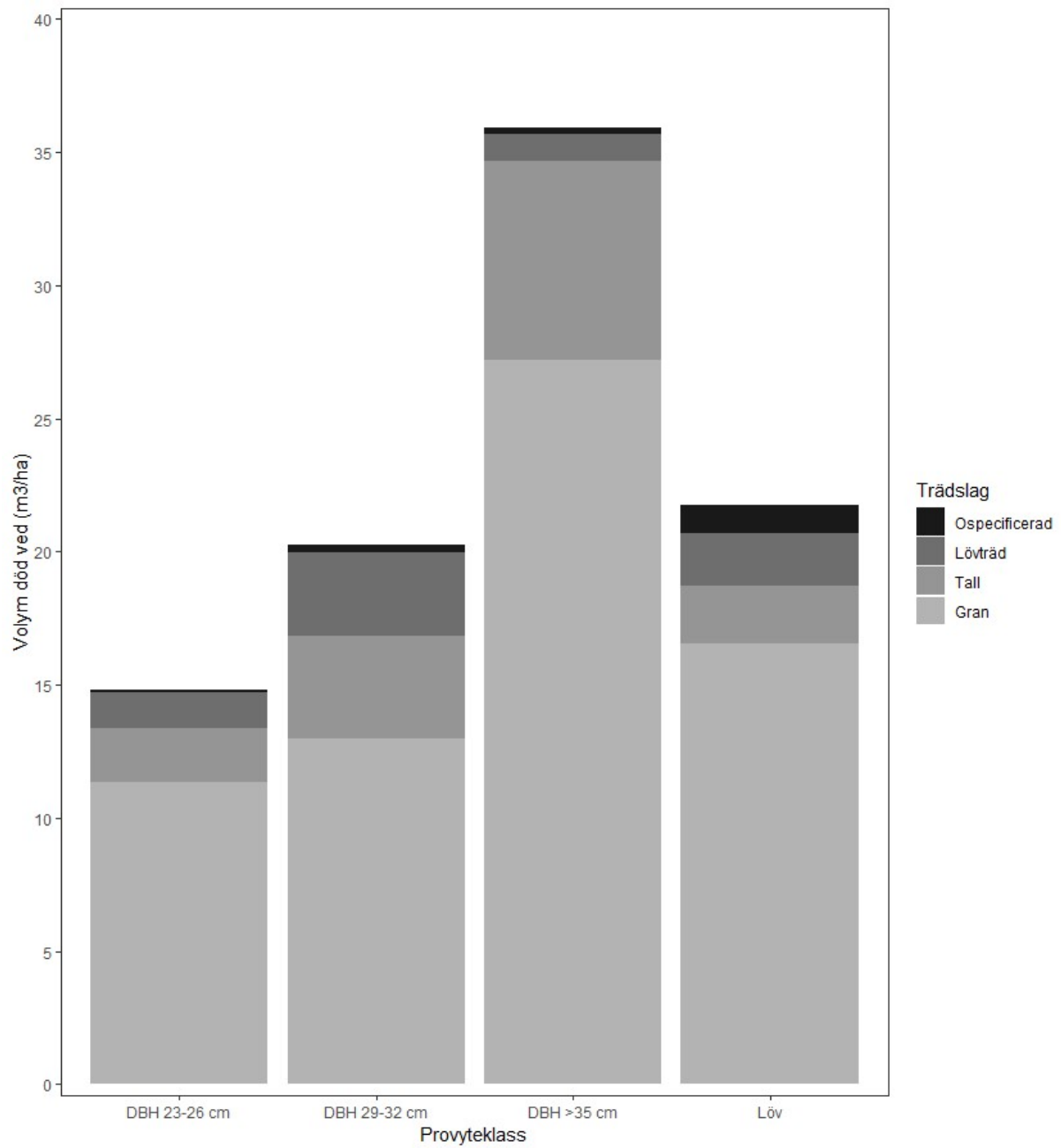
Figur 11. Medeldiameter för de 10 grävsta levande träden per provyta.



Figur 12. Låddiagram med antalet lövträd inom varje provyteklass.

#### 4.4 Typer av död ved

Död granved stod för den högsta totala volymen död ved inom provyteklasserna i genomsnitt med tall som den näst högsta (Figur 13). Det fanns ingen signifikant skillnad mellan provyteklasserna vilket träslag den döda veden bestod av ( $p > 0,05$ ). Volymen stående eller liggande död ved visade inte någon signifikant skillnad mellan provyteklasserna eller ståndorterna ( $p > 0,05$ ).



Figur 13. Volym död ved för varje trädslag i genomsnitt per provyteklass.

## 5 Diskussion

Det var inte möjligt att påvisa en högre volym död ved inom provytorna beroende på levande träd DBH eller marktäcknet. Marktäcknet och trädens medeldiameter inom provytorna är inte en faktor som kan förklara volymen död ved. Det visar att det kan finnas andra faktorer som bättre kan förklara förekomsten av volymen död ved. Rouvinen et al. (2002) fann bland annat i Häme, sydvästra Finland att även om skogen utsatts för mänsklig påverkan var det skillnad i volymen död ved. Skyddade områden innehöll högst volym död ved ( $67,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) men skog som utsatts för blädning innehöll betydligt mer död ved ( $46,3 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) än skog som var utsatt för regelbunden skötsel ( $6,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ ). Skogsskötsel har en stor påverkan på förekomsten av död ved (Ekbom et al., 2006) men enligt studien av Rouvinen et al. (2002) påverkar vilken typ av avverkning och hur långt tillbaka i tiden skogen utsatts för avverkning.

Tolkas resultaten utifrån medelvolymer död ved visar denna studie att en yta med högre DBH kan innehålla mer död ved än ytor med lägre DBH. Om än inte signifikant så var det tydligt att provyteklassen  $\text{DBH} > 35 \text{ cm}$  hade den största genomsnittliga volymen död ved. Död ved med  $\text{DBH} 5\text{--}9 \text{ cm}$  stod för ca 15% av volymen död ved för mogna bestånd i sydvästra Finland i en studie av Siitonen et al. (2000). Det betyder att en stor del av volymen inte registrerades i denna studie vilket kan ha påverkat resultatet för volymen död ved. Basdiametern på död ved var minimum 10 cm i denna studie, det betyder att en del av död-veds-objekten som mätts in hade en DBH under 10 cm beroende på stammens avsmalning (Näslund, 1947). Beroende på hur kraftig avsmalning den döda veden har haft, betyder detta att en stor del av den klena döda veden har tagits med, speciellt i provytorna  $\text{DBH} 23\text{--}26 \text{ cm}$ . Det kan ha bidragit till att  $\text{DBH} > 35 \text{ cm}$  med en liten andel klen död ved inte får en lika stor skillnad i volymen död ved jämfört med  $\text{DBH} 23\text{--}26 \text{ cm}$  och  $\text{DBH} 29\text{--}32 \text{ cm}$  som innehöll mer klen död ved.

Död ved med grov diameter kan förklaras utifrån DBH uppskattad från lidardata. Ytor med en genomsnittligt hög DBH innehåller enligt resultaten grövre död ved. Det betyder att en stor DBH kan vara en indikator som kan tas i beaktande för att hitta grov död ved. Enligt studien producerar områden med grova levande träd grövre död ved vilket stämmer överens med tidigare resultat i en studie av Siitonen et al. (2000). De fann att naturskog som innehöll ett stort antal tallar med  $\text{DBH} > 40 \text{ cm}$  och lövträd med  $\text{DBH} > 30 \text{ cm}$  också innehöll en mycket större andel grov död ved jämfört med skött skog utan dessa grövre tallar och lövträd. Eftersom denna

studie visar på grövre död ved i ytor med grova levande träd men är skötta och som inte har samma karaktär som en naturskog, visar den på samma resultat som i studien om det endast de levande trädens diameter tas i beaktande.

Ståndorten i avverkningsmogna bestånd kunde bättre förklara volymen död ved och basdiametern på död ved jämfört med provyteklasserna. Markvegetationen kan användas för att uppskatta ståndortens produktionsförmåga (Albrektson et al., 2012). Produktionsförmågan och hur stora träden är inverkar på tillförseln av grov död ved (Harmon et al., 1986). I en studie av Spetich et al. (1999) jämförde de naturskog (ålder >150 år) i mellanvästern i USA på platser med låg och hög produktionsförmåga. Resultaten var att naturskog på platser med hög produktionsförmåga hade högre volym död ved i alla diameterklasser och även grövre död ved. Bestånden i denna studie är inte direkt jämförbara med bestånden i Spetich et al. (1999) studie, men utifrån studiens resultat kan det dras en slutsats att skog på platser med hög produktionsförmåga har en indirekt påverkan på förekomsten av en hög volym död ved. Det betyder att ståndorten kan användas som ett stöd för att öka chansen att hitta ytor med både grov död ved och hög volym död ved.

Gran är den i genomsnitt vanligaste döda veden i Uppsala län med ca 50% på produktiv skogsmark (P. Nilsson & Cory, 2018). I denna studie bestod död ved av gran långt över 50% i genomsnitt för alla provyteklasser. Eftersom denna studie undersökte avverkningsmogna områden kan en bidragande orsak vara att gran oftast har en högre bonitet och därmed är chansen att bestånd av gran slutavverkas oftare (Albrektson et al., 2012; Long et al., 2004).

Resultaten för volymen död ved kan bättre uppskattas. Det gör att provytor med mycket död ved med rotdelar kan vara överskattade. Eftersom volymen död ved endast är baserad på basdiameter och en antagen avsmalning per meter för alla mätta diametrar och trädslag är chansen för över och underskattningar oundvikliga. Det beror på att stammens avsmalning varierar beroende på många faktorer som bland annat DBH och trädslag (Edgren & Nylinder, 1949). För stående och liggande stammar med intakt längd bör det istället användas DBH, längd och trädslag med kuberingstabeller från till exempel Näslund (1947) för att uppskatta volymen och jämföra grovleken. För att uppskatta volymen på avbrutna stamdelar kan volymen uppskattas med en formel för en konformad cylinder med kapad topp utifrån längd och diameter från stammens båda ändor. Eventuellt en diameter på stammens mitt kan också inkluderas och räkna ut två volymer från stammens halvor som sedan summeras för att beakta avsmalningen.

Nedbrytningsgraden borde också mer noggrant bestämmas enligt Ahlkrona et al. (2018). En blandning av död ved med olika nedbrytningsgrader påverkar förekomsten av arter beroende av död ved (Hammond et al., 2001; Simila et al., 2003). Eftersom endast DBH på de 10 grävsta levande träden mättes inom provytorna och inte på fler träd kan det i denna studie endast antas att mätningarna som utförts varit nära den riktiga provytan till en sådan grad att DBH varit signifikant olika mellan alla provyteklasser kategoriserade efter DBH. För att bättre jämföra lidardata och fältmätningar borde mätning av DBH utförts på fler träd inom provytan för att få jämförbara värden.

Lokalisering av provytor gjordes med handhållen GPS. Positioneringen i skog med GPS påverkas av krontakets struktur och tillgången på satelliter (Erenoglu, 2017). En yta med tät slutna kronor ger högre felpositionering (Sigrist et al., 1999). I denna studie var träden avverkningsmogna som betyder att de också har utvecklade kronor vilket troligtvis i bidrag till positioneringsfel. Positioneringsfel på 5 m påverkar stora provytor (400 m<sup>2</sup>) mindre än små provytor (200 m<sup>2</sup>) vid uppskattning av beståndsdata enligt Gobakken och Naeset (2009). De konkluderar att provytans storlek kan minska positioneringsfellets påverkan något eftersom en stor provyta överlappar en stor del av provytans riktiga position i fält. Det betyder att provytorna i denna studie på 625 m<sup>2</sup> troligtvis fått endast små feluppskattningar om felpositionering var 5 m. Med 8 års mellanrum mellan laserskanning och fältmätning finns det också risk för förändringar i området. Det kan öka skillnaden mellan uppskattade beståndsdata och verkligheten. En kontroll vid fältmätning borde utförts för att se om provytan tydligt utsatts för skötsel eller annan störning efter tidpunkten för laserskanning. Det skulle då kunna förklara skillnader mellan data insamlad i fält och data uppskattad från lidar och eventuellt förekomsten av extremt hög volym död ved.

## 6 Konklusion

I denna studie användes grundtevägd medeldiameter från lidardata och marktäckedata för att hitta ytor med höga naturvärden i form av död ved. Provyteklassen med högst DBH enligt lidardata hade i genomsnitt högst volym död ved och signifikant grövst död ved. Provytor klassade som "Löv" enligt marktäckedata innehöll högst antal lövträd men visade inte på en signifikant högre volym död ved eller grövre död ved. Resultaten visar att lidar kan användas för att hitta grov död ved. Detta betyder att grovleken på död ved är möjlig att bestämma utifrån lidardata men inte volymen död ved. Fler faktorer måste kombineras för att hitta områden med höga volymer av död ved.

## 7 Referenser

- Ahlkrona, E., Cristvall, C., Jönsson, C., Matisson, A. & Olsson, B. (2018). *Nationella marktäckedata basskikt*. Naturvårdsverket. Hentet fra <http://www.miljodataportalen.naturvardsverket.se>
- Äijälä, O., Koistinen, A., Sved, J., Vanhatalo, K. & Väisänen, P. (2014). *Råd i god skogsvård* Skogsbrukets utvecklingscentral Tapio.
- Albrektson, A., Elfving, B., Lundqvist, L. & Valinger, E. (2012). *Skogsskötsel grunder och samband* (Skogsskötselserien). [www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien](http://www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien): Skogsstyrelsens förlag.
- Artdatabanken. I. Hentet fra <http://artfakta.arterdatabanken.se/taxon/100109>
- Backlund, S., Jonsson, M., Strengbom, J., Frisch, A. & Thor, G. (2016). A Pine Is a Pine and a Spruce - Is a Spruce The Effect of Tree Species and Stand Age on Epiphytic Lichen Communities. *Plos One*, 11(1), 18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147004>
- Bergseng, E., Orka, H. O., Naesset, E. & Gobakken, T. (2015). Assessing forest inventory information obtained from different inventory approaches and remote sensing data sources. *Annals of Forest Science*, 72(1), 33-45. <https://doi.org/10.1007/s13595-014-0389-x>
- Bonan, G. B. & Shugart, H. H. (1989). ENVIRONMENTAL-FACTORS AND ECOLOGICAL PROCESSES IN BOREAL FORESTS. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 20, 1-28. <https://doi.org/10.1146/annurev.es.20.110189.000245>
- Butler, R., Angelstam, P., Ekelund, P. & Schlaeffer, R. (2004). Dead wood threshold values for the three-toed woodpecker presence in boreal and sub-Alpine forest. *Biological Conservation*, 119(3), 305-318. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2003.11.014>
- Chirici, G., McRoberts, R. E., Winter, S., Bertini, R., Brändli, U.-B., Asensio, I. A., ... Marchetti, M. (2012). National Forest Inventory Contributions to Forest Biodiversity Monitoring. *Forest Science*, 58(3), 257-268. <https://doi.org/10.5849/forsci.12-003>
- Coutts, M. P., Gardiner, B. A., Pyatt, D. G. & Quine, C. P. (1994). *Forests and Wind: Management to Minimise Damage. Bulletin 114*.
- Dalponte, M., Bruzzone, L. & Gianelle, D. (2012). Tree species classification in the Southern Alps based on the fusion of very high geometrical resolution multispectral/hyperspectral images and LiDAR data. *Remote Sensing of Environment*, 123, 258-270. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.03.013>
- Di Cosmo, L., Gasparini, P., Paletto, A. & Nocetti, M. (2013). Deadwood basic density values for national-level carbon stock estimates in Italy. *Forest Ecology and Management*, 295, 51-58. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.01.010>
- Edgren, V. & Nylinder, P. (1949). Funktioner och tabeller för bestämning av avsmalning och formkvot under bark för tall och gran i norra och södra Sverige. *Meddelanden från Statens skogsforskningsinstitut (0369-2167)*, 38:7, 81. Hentet fra <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-e-1084>
- Eid, T. (2000). Use of uncertain inventory data in forestry scenario models and consequential incorrect harvest decisions. *Silva Fennica*, 34(2), 89-100. Hentet fra [WOS:000166725700002](http://WOS:000166725700002)
- Eid, T., Gobakken, T. & Naesset, E. (2004). Comparing stand inventories for large areas based on photo-interpretation and laser scanning by means of cost-plus-loss analyses. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 19(6), 512-523. <https://doi.org/10.1080/02827580410019463>



- Ekbohm, 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. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2005.10.038>
- Erenoglu, R. C. (2017). Reliability of GPS/GNSS-based positioning in a forestry environment. *Journal of Forestry Research*, 28(3), 605-614. <https://doi.org/10.1007/s11676-016-0332-0>
- 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. [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(99\)00208-x](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(99)00208-x)
- Froidevaux, J. S. P., Zellweger, F., Bollmann, K., Jones, G. & Obrist, M. K. (2016). From field surveys to LiDAR: Shining a light on how bats respond to forest structure. *Remote Sensing of Environment*, 175, 242-250. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2015.12.038>
- Gobakken, T. & Naesset, E. (2009). Assessing effects of positioning errors and sample plot size on biophysical stand properties derived from airborne laser scanner data. *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 39(5), 1036-1052. <https://doi.org/10.1139/x09-025>
- Grove, S. J. (2002). Saproxylic insect ecology and the sustainable management of forests. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 33, 1-23. <https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.33.010802.150507>
- Hammond, H. E., Langor, D. W. & Spence, J. R. (2001). Early colonization of Populus wood by saproxylic beetles (Coleoptera). *Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 31(7), 1175-1183. <https://doi.org/10.1139/cjfr-31-7-1175>
- Harmon, M. E., Franklin, J. F., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., ... Cummins, K. W. (1986). ECOLOGY OF COARSE WOODY DEBRIS IN TEMPERATE ECOSYSTEMS. *Advances in Ecological Research*, 15, 133-302. [https://doi.org/10.1016/s0065-2504\(08\)60121-x](https://doi.org/10.1016/s0065-2504(08)60121-x)
- Harmon, M. E. & Hua, C. (1991). COARSE WOODY DEBRIS DYNAMICS IN 2 OLD-GROWTH ECOSYSTEMS - COMPARING A DECIDUOUS FOREST IN CHINA AND A CONIFER FOREST IN OREGON. *Bioscience*, 41(9), 604-610. <https://doi.org/10.2307/1311697>
- Heilmann-Clausen, J., Aude, E. & Christensen, M. (2005). Cryptogam communities on decaying deciduous wood - does tree species diversity matter? *Biodiversity and Conservation*, 14(9), 2061-2078. <https://doi.org/10.1007/s10531-004-4284-x>
- Hultengren, S. & Andersson, M. (2006). *Sammanställning över lavar som indikerar höga naturvärden på gamla och grova träd i södra Sveriges kulturlandskap* (Kompendium för Nationell Inventering av Landskapet i Sverige (NILS) ). SVERIGES LANTBRUKSUNIVERSITET - Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik.
- Jong, J. d., Almstedt, M., Dahlberg, A. & Hysing, E. (2005). *Död ved i levande skogar* (Naturvårdsverket).
- Korhonen, L., Salas, C., Ostgard, T., Lien, V., Gobakken, T. & Naesset, E. (2016). Predicting the occurrence of large-diameter trees using airborne laser scanning. *Canadian Journal of Forest Research*, 46(4), 461-469. <https://doi.org/10.1139/cjfr-2015-0384>
- Koster, K., Metslaid, M., Engelhart, J. & Koster, E. (2015). Dead wood basic density, and the concentration of carbon and nitrogen for main tree species in managed hemiboreal forests. *Forest Ecology and Management*, 354, 35-42. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2015.06.039>
- Kruys, N., Fries, C., Jonsson, B. G., Lamas, T. & Stal, 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. <https://doi.org/10.1139/cjfr-29-2-178>
- 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-Revue Canadienne De Recherche Forestiere*, 29(8), 1295-1299. <https://doi.org/10.1139/cjfr-29-8-1295>
- Kuuluvainen, T. (2002). Natural variability of forests as a reference for restoring and managing biological diversity in boreal Fennoscandia. *Silva Fennica*, 36(1), 97-125. <https://doi.org/10.14214/sf.552>
- Kuusinen, M. (1996). Epiphyte Flora and Diversity on Basal Trunks of Six Old-Growth Forest Tree Species in Southern and Middle Boreal Finland. *The Lichenologist*, 28(5), 443-463. <https://doi.org/10.1006/lich.1996.0043>
- Latifi, H., Heurich, M., Hartig, F., Muller, J., Krzystek, P., Jehl, H. & Dech, S. (2016). Estimating over- and understorey canopy density of temperate mixed stands by airborne LiDAR data. *Forestry*, 89(1), 69-81. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpv032>
- Lindberg, E., Roberge, J.-M., Johansson, T. & Hjältén, J. (2015). Can Airborne Laser Scanning (ALS) and Forest Estimates Derived from Satellite Images Be Used to Predict Abundance and Species Richness of Birds and Beetles in Boreal Forest? *Remote Sensing*, 7(4), 4233-4252. <https://doi.org/10.3390/rs70404233>
- Long, J. N., Dean, T. J. & Roberts, S. D. (2004). Linkages between silviculture and ecology: examination of several important conceptual models. *Forest Ecology and Management*, 200(1-3), 249-261. Hentet fra <Go to ISI>://WOS:000224682400019
- Martikainen, P., Siitonen, J., Punttila, P., Kaila, L. & Rauh, J. (2000). Species richness of Coleoptera in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. *Biological Conservation*, 94(2), 199-209. [https://doi.org/10.1016/s0006-3207\(99\)00175-5](https://doi.org/10.1016/s0006-3207(99)00175-5)
- Martin, K., Aitken, K. E. H. & Wiebe, K. L. (2004). Nest sites and nest webs for cavity-nesting communities in interior British Columbia, Canada: Nest characteristics and niche partitioning. *Condor*, 106(1), 5-19. <https://doi.org/10.1650/7482>
- Martinuzzi, S., Vierling, L. A., Gould, W. A., Falkowski, M. J., Evans, J. S., Hudak, A. T. & Vierling, K. T. (2009). Mapping snags and understory shrubs for a LiDAR-based assessment of wildlife habitat suitability. *Remote Sensing of Environment*, 113(12), 2533-2546. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.07.002>
- Nagendra, H., Lucas, R., Honrado, J. P., Jongman, R. H. G., Tarantino, C., Adamo, M. & Mairota, P. (2013). Remote sensing for conservation monitoring: Assessing protected areas, habitat extent, habitat condition, species diversity, and threats. *Ecological Indicators*, 33, 45-59. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.09.014>
- Näslund, M. (1947). Funktioner och tabeller för kubering av stående träd. Tall, gran och björk i södra Sverige och i hela landet. . *Meddelande från statens skogsforskningsinstitut*, 36(3).
- Nilsson, P. & Cory, N. (2018). SKOGSDATA 2018 I. [www.slu.se/skogsstatistik](http://www.slu.se/skogsstatistik): Johan Fransson. Hentet fra <https://www.slu.se/centrumbildningar-och-projekt/riksskogstaxeringen/>
- Nilsson, S. G., Niklasson, M., Hedin, J., Aronsson, G., Gutowski, J. M., Linder, P., ... Ranius, T. (2002). Densities of large living and dead trees in old-growth temperate and boreal forests. *Forest Ecology and Management*, 161(1-3), 189-204. [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(01\)00480-7](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(01)00480-7)
- Nol, E., Douglas, H. & Crins, W. J. (2006). Responses of syrphids, elaterids and bees to single-tree selection harvesting in Algonquin Provincial Park, Ontario. *Canadian Field-Naturalist*, 120(1), 15-21. <https://doi.org/10.22621/cfn.v120i1.239>

- Norden, B., Ryberg, M., Gotmark, F. & Olausson, B. (2004). Relative importance of coarse and fine woody debris for the diversity of wood-inhabiting fungi in temperate broadleaf forests. *Biological Conservation*, 117(1), 1-10. [https://doi.org/10.1016/s0006-3207\(03\)00235-0](https://doi.org/10.1016/s0006-3207(03)00235-0)
- Pesonen, A., Maltamo, M., Eerikäinen, K. & Packalèn, P. (2008). Airborne laser scanning-based prediction of coarse woody debris volumes in a conservation area. *Forest Ecology and Management*, 255(8-9), 3288-3296. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2008.02.017>
- Popescu, S. C. (2007). Estimating biomass of individual pine trees using airborne lidar. *Biomass & Bioenergy*, 31(9), 646-655. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2007.06.022>
- R Development Core team. (2018). R: A Language and Environment for Statistical Computing (Version 1.1.419). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Hentet fra <https://www.r-project.org/>
- Ranius, T. & Fahrig, L. (2006). Targets for maintenance of dead wood for biodiversity conservation based on extinction thresholds. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21(3), 201-208. <https://doi.org/10.1080/02827580600688269>
- Reitberger, J., Schnorr, C., Krzystek, P. & Stilla, U. (2009). 3D segmentation of single trees exploiting full waveform LIDAR data. *Isprs Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 64(6), 561-574. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.04.002>
- Reutebuch, S. E., Andersen, H. E. & McGaughey, R. J. (2005). Light detection and ranging (LIDAR): An emerging tool for multiple resource inventory. *Journal of Forestry*, 103(6), 286-292. Hentet fra <Go to ISI>://WOS:000232416300005
- Riksskogstaxering. (2018). *Fältinstruktion 2018* (Riksinventeringen av skog). SLU Institutionen För Skoglig Resurshushållning, Umeå.
- Rouvinen, S., Kuuluvainen, T. & Karjalainen, L. (2002). Coarse woody debris in old *Pinus sylvestris* dominated forests along a geographic and human impact gradient in boreal Fennoscandia. *Canadian Journal of Forest Research*, 32(12), 2184-2200. <https://doi.org/10.1139/x02-144>
- Saynajoki, R., Packalèn, P., Maltamo, M., Vehmas, M. & Eerikäinen, K. (2008). Detection of aspens using high resolution Aerial Laser Scanning data and digital aerial images. *Sensors*, 8(8), 5037-5054. <https://doi.org/10.3390/s8085037>
- Schroeder, M. a. K., Simon. (2015). Var är risken störst för att granbarkborre ska döda träd? *Fakta. Skog (1400-7789)*, s. 4. Hentet fra <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:slu:epsilon-e-3127>
- Sigrist, P., Coppin, P. & Hermy, M. (1999). Impact of forest canopy on quality anti accuracy of GPS measurements. *International Journal of Remote Sensing*, 20(18), 3595-3610. <https://doi.org/10.1080/014311699211228>
- 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. [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(99\)00148-6](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(99)00148-6)
- Simila, M., Kouki, J. & Martikainen, P. (2003). Saproxylic beetles in managed and seminatural Scots pine forests: quality of dead wood matters. *Forest Ecology and Management*, 174(1-3), 365-381. [https://doi.org/10.1016/s0378-1127\(02\)00061-0](https://doi.org/10.1016/s0378-1127(02)00061-0)
- Skogsstyrelsen. (1985). *Fälthäfte i Bonitering*. Skogsstyrelsen, Jönköping.
- Skogsstyrelsen. (2016). Skogsdataportalen. Hentet fra <http://skogsdataportalen.skogsstyrelsen.se/Skogsdataportalen/>
- Skogsstyrelsen. (2018). *Skogliga grunddata – produktbeskrivning*. <https://www.skogsstyrelsen.se/>: Skogsstyrelsen. Hentet fra <https://www.skogsstyrelsen.se/globalassets/sjalvservice/karttjanster/geodatatjanster/pr>

[oduktbeskrivning-och-teknisk-beskrivning/skogliga-grunddata--produktbeskrivning.pdf](#)

- Skogsstyrelsen. (2019). Skogsdataportalen för att ladda ner geodata. I: Skogsstyrelsen. Hentet fra <http://skogsdataportalen.skogsstyrelsen.se/Skogsdataportalen/>
- Spetich, M. A., Shifley, S. R. & Parker, G. R. (1999). Regional distribution and dynamics of coarse woody debris in midwestern old-growth forests. *Forest Science*, 45(2), 302-313. Hentet fra <Go to ISI>://WOS:000080325200017
- Tanhuanpaa, T., Kankare, V., Vastaranta, M., Saarinen, N. & Holopainen, M. (2015). Monitoring downed coarse woody debris through appearance of canopy gaps in urban boreal forests with bitemporal ALS data. *Urban Forestry & Urban Greening*, 14(4), 835-843. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2015.08.005>
- Turner, W., Spector, S., Gardiner, N., Fladeland, M., Sterling, E. & Steininger, M. (2003). Remote sensing for biodiversity science and conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 18(6), 306-314. [https://doi.org/10.1016/s0169-5347\(03\)00070-3](https://doi.org/10.1016/s0169-5347(03)00070-3)
- Vance, C. C. & Nol, E. (2003). Temporal effects of selection logging on ground beetle communities in northern hardwood forests of eastern Canada. *Ecoscience*, 10(1), 49-56. <https://doi.org/10.1080/11956860.2003.11682750>
- Winter, S., Chirici, G., McRoberts, R. E., Hauk, E. & Tomppo, E. (2008). Possibilities for harmonizing national forest inventory data for use in forest biodiversity assessments. *Forestry*, 81(1), 33-44. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpm042>
- Witzell, J. (2017a). *Skogsskötselserien nr 12, Skador på skog, del 1* (Skogsskötselserien). [www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien](http://www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien): Skogsstyrelsens förlag.
- Witzell, J. (2017b). *Skogsskötselserien nr 12, Skador på skog, del 2* (Skogsskötselserien). [www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien](http://www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien): Skogsstyrelsens förlag.
- Yao, W., Krzystek, P. & Heurich, M. (2012). Tree species classification and estimation of stem volume and DBH based on single tree extraction by exploiting airborne full-waveform LiDAR data. *Remote Sensing of Environment*, 123, 368-380. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2012.03.027>



**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway