

# ARBETSRAPPORT

FRÅN SKOGFORSK NR 747 2011



Utveckling och utvärdering av en standardiserad metod för volymbestämning och stamräkning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat

UPPFÖLJNING AV STAM- OCH VOLYMBERÄKNING

Nazmul Bhuiyan, John Arlinger, Johan J Möller

Ämnesord: Flerträdshantering, stamräkning, StanForD, volymlräkning.

---

## **SKOGFORSK**

### **– Stiftelsen skogsbrukets forskningsinstitut**

arbetar för ett lönsamt, uthålligt mångbruk av skogen. Bakom Skogforsk står skogsföretagen, skogsägareföreningarna, stiftelsen, gods, skogsmaskinföretagare, allmänningar m.fl. som betalar årliga intressentbidrag. Hela skogsbruket bidrar dessutom till finansieringen genom en avgift på virke som avverkas i Sverige. Verksamheten finansieras vidare av staten enligt särskilt avtal och av fonder som ger projektbundet stöd.

## **FORSKNING OCH UTVECKLING**

### **Två forskningsområden:**

- Skogsproduktion
- Virkesförsörjning

## **UPPDRAG**

Vi utför i stor omfattning uppdrag åt skogsföretag, maskintillverkare och myndigheter. Det kan gälla utredningar eller anpassning av utarbetade metoder och rutiner.

## **KUNSKAPSFÖRMEDLING**

För en effektiv spridning av resultaten används flera olika kanaler: personliga kontakter, webb och interaktiva verktyg, konferenser, media samt egen förlagsverksamhet med produktion av trycksaker och filmer.

## Förord

Denna rapport sammanfattar resultat från projektet "Utveckling och utvärdering av en standardiserad metod för volymbestämning och stamräkning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat.

I rapporten beskrivs en modell som har introducerats av maskintillverkarna för volymbereäkning av flerträdshanterade stammar. Modellen har testats och utvärderats tillsammans med 3 olika maskintillverkare, övriga maskintillverkare har deltagit och löpande fått information om projektet.

Projektet har finansierats av medel från FoU programmet Effektivare Skogsbränslesystem (ESS) vid Skogforsk. Programmet finansieras i sin tur av medel från Energimyndigheten, skogsbruket och energisektorn.

De deltagande företagen har varit representerade i en styr-/arbetsgrupp med sammansättning enligt nedan.

Jonas Gustafsson, Sveaskog Förvaltnings AB (lots).

Kim Gunnarsson, Skogsägarna ek. för.

Jon Rudman, Stora Enso.

Marko Alm, Stora Enso.

De maskintillverkande företagen John Deere, Log Max/Eco Log, Dasa och Komatsu har anpassat sina datasystem för att registrera och lagra flerträdshanterade data.

Kontaktpersoner från företagen har varit Erik Kindlund (John Deere), Mikael Eliasson (Log Max/Eco Log), Jörgen Eriksson (Dasa) och Niclas Ericsson (Komatsu). Även Johan Bruun (Ponsse) har deltagit i avslutande projektmöte. Markvärdar har varit Stora Enso, Södra, Sveaskog och Korsnäs.

Framtagandet av prototypprogram för beräkning av flerträdshanterade kvantiteter har skett av en arbetsgrupp vid Skogforsk. Arbetsgruppens har utgjorts av Nazmul Bhuiyan, Johan J Möller och John Arlinger. John Arlinger, Skogforsk, har varit projektledare.

Uppsala 2011

Nazmul Bhuiyan, John Arlinger och Johan J Möller

# Innehåll

|  |    |
|--|----|
| Bakgrund .....   | 3  |
| Allmänna krav .....  | 3  |
| Redovisning.....   | 3  |
| Stamdefinition.....  | 4  |
| Syfte.....   | 4  |
| Material och metod .....   | 4  |
| Data från skördarens produktionsfil.....   | 4  |
| Modell för beräkning av flerträdshanterad volym baserat på första stammens DBH/referensdiameter..... | 5  |
| Datainsamling för resultatutvärdering .....  | 7  |
| Noggrann uppföljning.....  | 7  |
| Avverkade objekt.....  | 8  |
| Maskiner och aggregat .....  | 8  |
| Aggregatlogik – metod för registrering av stammar .....  | 9  |
| Resultat .....   | 10 |
| Stamräkning.....   | 10 |
| Trädslag.....  | 11 |
| DBH/referensdiameter.....  | 12 |
| Enskilt hanterade stammar .....  | 12 |
| Flerträdshanterade stammar .....   | 13 |
| Diametervariation inom buntar.....   | 14 |
| Volym .....  | 16 |
| Längd.....   | 21 |
| Diskussion .....   | 22 |
| Stamräkning.....   | 22 |
| Trädslag.....  | 22 |
| DBH/referensdiameter.....  | 23 |
| Volym .....  | 23 |
| Längd.....   | 24 |
| Utveckling.....  | 24 |
| Slutsats .....   | 25 |
| Personlig kommunikation .....  | 26 |
| Bilaga 1.....  | 27 |
| Bilaga 2.....  | 29 |
| Bilaga 3.....  | 33 |

## Bakgrund

Volymbestämning i skördaraggregat vid *enträdshantering* är väl utprovad och baseras på skördarnas berörande mätning av stammarnas längd (med mätthjul) och diameter (med mätorgan i kvistknivar alternativt matarvalsar). Vid *flerträds-hantering* finns inte samma möjlighet att löpande mäta längd och diameter för enskilda stammar då flera stammar ackumulerats i en stambunt. Olika metoder för volymbestämning har därför utvecklats av de olika skördartillverkarna och ett intensivt utvecklingsarbete pågår. Volymbestämningen baseras då t.ex. på den första stammens brösthöjdsdiameter i en stambunt i kombination med information från mätningarna på enskilt hanterade stammar alternativt på stambuntens längd i kombination med information om enskilt hanterade stammars form. Stamräkningen är central vid volymbestämningen men den definition av stam som används i dagens skogsstandard, och baseras på producerad produkt, måste omdefinieras för att fungera vid flerträds-hantering, framförallt för att också fungera vid ren grotproduktion.

Ingen av de så här långt framtagna metoderna för volymbestämning vid flerträds-hantering har dock visat sig ge en acceptabel volymbestämning och stora avvikelser har konstaterats vid jämförelser mellan skördarmätt och industrimätt volym (J. Gustafsson, Personlig kommunikation). Problematiken har inneburit osäkerhet vid beräkning av entreprenörernas ersättning eftersom denna i flertalet fall baseras på skördarmätta uppgifter om medelstam och totalvolym.

Vidare leder den till osäkerhet i företagens uppgifter om skogslagret och efterföljande svårigheter att planera logistik och flöde mot industrin. Det är därför angeläget att problematiken kring volymbestämning och stamräkning med flerträds-hanterande aggregat snarast får en lösning eftersom de annars riskerar att bromsa den vidare spridningen av tekniken i svenskt skogsbruk.

## ALLMÄNNA KRAV

Skogsbruket i Sverige har ställt upp gemensamma krav (önskemål) för volymbestämning och redovisning av flerträds-hanterade stammar (MTH – multi tree harvesting) enligt följande prioritering:

### Redovisning

#### 1. Stamräkning

Korrekt bestämning av antalet avverkade stammar uppdelat på enskilt hanterade stammar och flerträds-hanterade stammar. Stamräkningen har högsta prioritet för att kunna beräkna rätt medelstam. Totala volymer-na kan i ett första skede erhållas från industriinmätningen.

#### 2. Volymbestämning

Korrekt volymbestämning av totalt avverkad volym uppdelat på enskilt hanterade stammar och flerträds-hanterade stammar. Denna uppgift är viktig för logistikplanering, betalning för avverkningsarbetet och för att erhålla rätt medelstam.

### 3. **Trädslagsbestämning**

Uppdelning av stammar och volymen för MTH-stammarna per trädslag. Detta är viktigt för att få bra underlag för planering mot industrin.

### 4. **Sortimentsbestämning**

Uppdelning av MTH-volymer på olika sortiment (massaved, bränsle, etc.). Sortiment ska gå att styras med kvalitets- eller förvalsknapp. MTH-sortiment ska kunna skapas i apt-fil eller pin-fil (enligt StanForD 2010) som ett specifikt sortiment.

### 5. **Längd**

Längden är i dag inte prioriterad då MTH-buntarna främst ska användas för massaved och energiändamål.

## **Stamdefinition**

För att en enskild stam ska registreras i skördaren behöver den minst uppfylla den kortaste och klenaste tillåtna dimensionen. Vid flerträdshantering finns inga uppsatta begränsningar i storlek utan alla stammar som fällt och avverkas ska registreras. Även små stammar som är mindre än kortaste och klenaste tillåtna tas således med i registreringen.

## **Syfte**

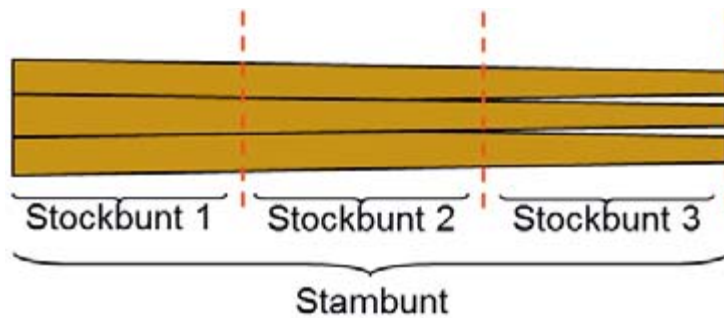
Syftet med studien har varit att utvärdera hur registrering och beräkning av stamdata fungerar vid flerträdshantering. Huvudsyftet var att följa upp volymen men för att nå dit har också stamantal och diametervärden studerats. Den viktigaste aspekten var hur bra volymuppskattningen blir och vilken variation denna modell ger när man använder första stammens DBH/referensdiameter i en stambunt för att beräkna volym.

## **Material och metod**

### **DATA FRÅN SKÖRDARENS PRODUKTIONSFIL**

Grunden för uppföljning av skördarens mätning på stammar och stockar är de data som lagras i skördardatorns produktionsfil – pri-filen. I pri-filen lagras data dels stamvis såsom trädslag, DBH, stamnummer, koordinater etc., och dels stockvis såsom diametrar, längder och volymer. Vid flerträdshantering blir motsvarigheten till denna information lagring av data dels stambuntvis och dels stockbuntvis (figur 1 klargör respektive uppdelning). För stambuntar lagras trädslag och DBH eller referensdiameter (diameter utifrån vilken DBH beräknas i skördaren) för första stammen i buntens samt antalet stammar i buntens. För stockbuntar redovisas i många fall (ej obligatorisk information) hur många stockbuntar som har kapats för varje stambunt samt i skördaren uppskattade diametrar, längder och volymer.



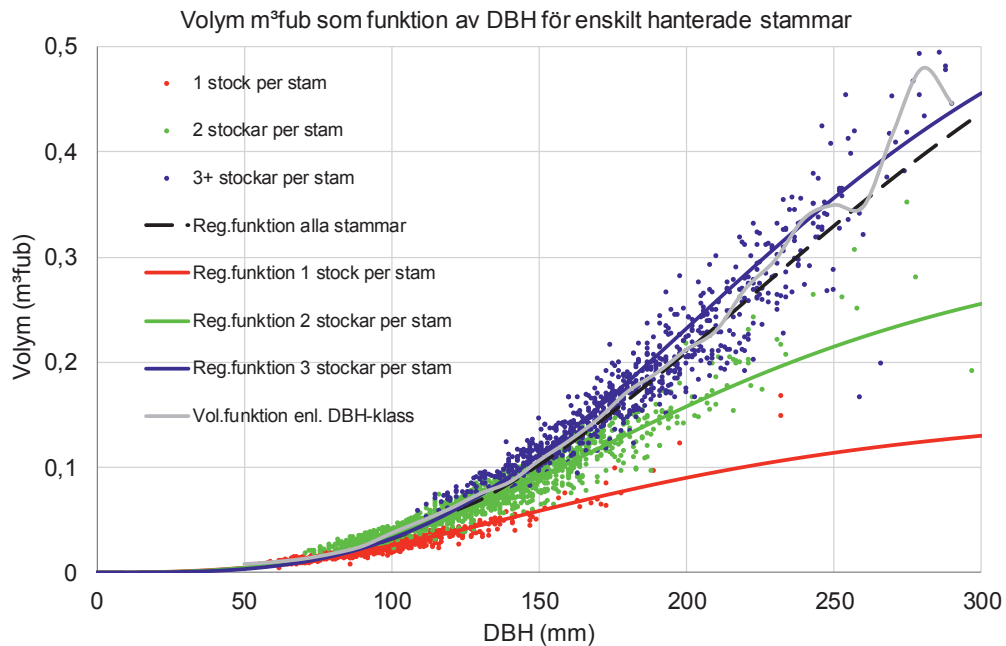


Figur 1.  
Illustration av stambuntar respektive uppdelning i stockbuntar.

## MODELL FÖR BERÄKNING AV FLERTRÄDSHANTERAD VOLYM BASERAT PÅ FÖRSTA STAMMENS DBH/REFERENSDIAMETER

Ett prototypprogram har utvecklats för beräkning av avverkade MTH-volymer baserat på pri-data. Utgångspunkten för den volymbereäkning som sker i programmet är DBH/referensdiameter för första stam i en stambunt samt antal stammar. Metoden bygger på att första stammens volym beräknas utifrån dess DBH/referensdiameter varefter denna volym räknas upp med det antal stammar som har registrerats för stambunten. För att ställa upp ett samband mellan DBH/referensdiameter och nettovolum  $\text{m}^3\text{fub}/\text{m}^3\text{fub}$  används de volymer som finns registrerade för enskilt hanterade stammar. För volymbereäkningen har två olika ansatser provats: dels en volymfunktion som baseras på regressionsanalys, dels en sammanställning av medianvolymer per diameterklass. Beroende på antalet enskilda stammar i avverkningen kan endera ansatsen användas: metoden med medianvolymer kan utnyttjas då tillräckligt många stammar finns för diameterklassindelning, medan regressionsfunktionen kan användas vid lågt stamantal då det i många fall går att ställa upp en någorlunda stabil funktion redan från ett tiotal stammar av olika storlek. Skulle ingen av dessa ansatser kunna tillämpas, t.ex. då data från enskilt upparbetade stammar saknas helt och hållet, kan volymbereäkningen styras till att använda träddata från andra pri-filer alternativt från generellt uppsatta volymfunktioner/volymtabeller. Detta har dock inte implementerats och utvärderats i denna studie då antalet stammar har varit tillräckligt stort.

För den första ansatsen där en volymfunktion sätts upp genom regression, ritas först en punktsvärm med volym matchat mot DBH/referensdiameter för enskilt hanterade stammar. I figur 2 har denna svärm färgats i tre olika färger för att tydligare urskilja volymmönster vid olika stockantal; röda punkter markerar volymer för stammar som har kapats till en stock, gröna punkter markerar volymer för stammar som har kapats till två stockar och blåa punkter markerar volymer för stammar som har kapats till minst tre stockar. Till dessa punktsvärmar har tre olika regressionsfunktioner anpassats, men i studien har den svarta streckade linjen som visar regressionsutfallet för samtliga enskilt hanterade stammar använts för tilldelning av volym till den första stammen i en stambunt.



Figur 2. Regressionskurvor för volym som funktion av DBH för enskilda stammar, uppdelat efter antal stockar som varje stam har återats till.

I den andra ansatsen baseras volymuttaget för MTH-stammarna på enskilt hanterade stammars beräknade medianvolymen i diameterklasser om en centimeter. Diameterklasserna kan utgöras av DBH-värden eller referensdiameter beroende på vad som tillämpas i skördaren vid flerträdshantering. De maskiner som lagrar referensdiameter för första stam vid flerträdshantering, bör också registrera referensdiameter för enskilt hanterade stammar för att ”volymöverföringen” mellan dessa ska vara direkt genomförbar.

Volymberäkningen är enkel och bygger på att medianvolymen kan fastställas för varje diameterklass som kan bli aktuellt vid flerträdshantering. Kravet för beräkning av medianvärde på varje diameterklass är att minst tre volymer finns registrerade. De klasser som förblir tomma då medianvolymerna har beräknats, tilldelas värden genom linjär interpolering mellan klasser där värden har beräknats. I figur 2 representerar den gråa heldragna linjen medianvolymerna framräknade i diameterklasser. Denna kurva har lättare att anpassa sig till variationer mellan klasser än vad den ”stelare” regressionsfunktionen har. Då tillgången på data blir sämre t.ex. för grövre diametrar, kan denna metod dock ge något fluktuerande resultat.



## DATAINSAMLING FÖR RESULTATUTVÄRDERING

Datainsamling för de studerade parametrarna stamräkning, trädslagsregistrering, diameter- och längdmätning samt underlag för volymuppskattning har dels gjorts i skördaren och dels manuellt. Tabell 1 visar hur indata registreras för de kontrollerade parametrarna samt vilka resultat som kan formos med hjälp av dessa.

Tabell 1.  
Datainsamling och resultatberäkning för de parametrar som ska studeras.

|                      | Indata   |   | Resultat  |
|----------------------|--|---|---|
| Parameter            | Registrering i skördare  | Manuell uppföljning   |   |
|                      |  |   |   |
| Stamräkning          | Antal stammar per stambunt (kod 512).  | Manuell uppföljning med stamräkning.  | Andel av upparbetade stammar som har registrerats.  |
| Trädslag             | Registrering av trädslag på första stam (kod 3).   | Manuell uppföljning med notering om trädslag.                                 | Jämför trädslagsfördelning på första stammen med alla avverkade stammarna.  |
| DBH/referensdiameter | DBH eller referensdiameter (kod 721).  | Klavning.   | Jämförelse mellan skördare och manuell kontroll för enskilda stammar, första stam i bunt och alla stammar.  |
| Volym                | Registreras i pri-filen beroende på hur det implementerats (kod 407, 408, 409, 427, 428). Registreras även i variabel 246 i prd-filen. | Manuell klavning av alla avverkade stammar och stockar; toppdiameter och DBH. | Beräkning av skördarvolym baserat på enskilda träd i pri-filen. Jämförelse totalvolym och medelstam med klavade volymer. Jämförelse även med av skördarna beräknade volymer i de fall det är möjligt. |
| Längd                | Stockbuntlängder (kod 303).  | Manuell kontrollmätning av alla stockar per bunt.                             | Jämförelse av medellängd i skördare med manuell kontroll.   |

### Noggrann uppföljning

För en noggrann uppföljning av de olika parametrarna har praktiska tester genomförts där ca 25 stambuntar per omgång har avverkats. Som underlag för volymberäkning i prototypprogrammet och för kontroll av maskinens mätnoggrannhet har också ca 15 enskilt hanterade stammar avverkats i varje omgång. Samtliga stammar som avverkades märktes för att träden skulle kunna paras ihop med skördarens mätdata som registrerades i pri-filen. Skördarförarna fick uppmaningen att inte anpassa sina körsätt på något vis speciellt för studien, utan att avverka som vanligt med endast uppehåll för att tillåta märkning av stammar. Som framgår av tabell 1 har en manuell kontroll gjorts av bland annat trädslag och antal stammar i varje bunt, DBH/referensdiameter och stocklängd. Toppdiametrar klavades på samtliga stockar för volymkubering med Skogforsks verktyg Timan.

## AVVERKADE OBJEKT

De praktiska testerna har utgjorts av totalt sex avverkade objekt. Av dessa har tre försök genomförts hos Södra (benämns i fortsättningen som Södra 1-3) samt ett försök vardera hos Sveaskog, Korsnäs och Stora Enso. Vid varje försök i studien har ungefär 25 stambuntar upparbetats och dessa har resulterat i 50–60 stammar som framgår av tabell 2. Medelstammen bland de avverkade objekten sträckte sig från 0,025 m<sup>3</sup>fub till 0,051 m<sup>3</sup>fub. Objektet med lägst medelstam var också det enda med ett större inslag av lövträd (björk). Bland de andra objekten fanns ett rent tallbestånd, ett rent granbestånd samt tre blandbestånd där tall dominerade.

Tabell 2.

Trädslagsfördelning samt medelstam och antal för avverkade flerträdshanterade stammar för de olika objekten.

| Objekt     | Trädslagsblandning | Medelstam flerträd   | Antal träd |
|------------|--------------------|----------------------|------------|
|            | T-G-L (%)          | (m <sup>3</sup> fub) | (st)       |
| Södra 1    | 72-2-26            | 0,025                | 58         |
| Södra 2    | 100-0-0            | 0,044                | 54         |
| Södra 3    | 0-100-0            | 0,033                | 56         |
| Sveaskog   | 78-20-2            | 0,030                | 60         |
| Korsnäs    | 81-13-6            | 0,041                | 64         |
| Stora Enso | 86-14-0            | 0,051                | 51         |

## MASKINER OCH AGGREGAT

I studien har totalt fyra olika skördare använts varav två från Eco Log, en från John Deere och en från Valmet. För de tre försöken hos Södra har en och samma skördare nyttjats. Tabell 3 ger en överblick över skördare, aggregat och datorversioner.

Tabell 3.

Skördare, aggregat och datorversion för de olika objekten.

| Objekt     | Skördare           | Aggregat      | Datorversion                 |
|------------|--------------------|---------------|------------------------------|
| Södra 1    | John Deere 1270DT3 | H754          | TimbermaticH 1.9.9           |
| Södra 2    | John Deere 1270DT3 | H754          | TimbermaticH 1.9.9           |
| Södra 3    | John Deere 1270DT3 | H754          | TimbermaticH 1.10.13         |
| Sveaskog   | Eco Log 560C       | Log Max 4000B | Cabs Win 1.8.T1 – 1.30 -Test |
| Korsnäs    | Eco Log 560B       | Log Max 4000B | Cabs Win 1.8.T1 - 1.5        |
| Stora Enso | Valmet 901TX       | SP 451 LF     | MaxiXplorer 1.4.7.13251      |

Tabell 4 visar vilka data som lagras i pri-fil från respektive maskin. Eco Log-maskinen lagrar inte stockbuntvis data och kan därför inte användas för att utvärdera längdmätning eller buntvolymers uppskattade i skördaren. Valmet-maskinen lagrar inte trädslag och diametervärden i pri-fil vid flerträdshantering, dock går referensdiameter att avläsa från skördardatorns display. Se bilaga 3 för en förteckning över vilka datorversioner från respektive tillverkare som stödjer flerträdshantering i pri- och prd-fil.

Tabell 4.  
Implementering av koder i pri-fil för de aktuella datorversionerna.

| Skördare   | Enskilt hanterade stammar |                  |          | Flerträdshanterade stammar |                  |          |                |
|------------|---------------------------|------------------|----------|----------------------------|------------------|----------|----------------|
|            | DBH                       | Referensdiameter | Trädslag | DBH                        | Referensdiameter | Trädslag | Stockbuntsdata |
| John Deere | X                         |                  | X        | X                          |                  | X        | X              |
| Eco Log    | X                         | X                | X        |                            | X                | X        |                |
| Valmet     | X                         |                  | X        |                            | *                |          | X              |

\* För studiens genomförande har denna referensdiameter avlästs från skördardatorns display. I en kommande datorversion kommer referensdiameter samt höjd för diametern att registreras i pri-filen.

### Aggregatlogik – metod för registrering av stammar

Frågor kring stamräkning samt trädslagsregistrering har tagits upp med de inblandade maskintillverkarna, och svaren kring implementering är mycket snarlika. Vid uppräknig av stamantal för en bunt ser en ackumuleringscykel typiskt ut enligt följande:

- Föregående stam kapas.
- Ackumuleringsarmarna öppnas (se figur 3 för ackumuleringsarmar).
- Ackumuleringsarmarna sluts runt nästa stam.
- Nästa kap görs.

Detta är således kravet för att antalet stammar ska räknas upp korrekt. Ackumuleringscykeln avslutas definitivt då aggregatet vinklas nedåt för att påbörja matning av buntar. Vad gäller trädslagsregistrering uppger involverade tillverkare att det finns en funktion som automatiskt håller kvar trädslagsval mellan stambuntar om inte föraren överskrider detta genom manuellt val. Denna funktion är dock inte aktiverat automatiskt på förhand utan startas av föraren. Tillverkarnas uppgifter indikerar att manuellt trädslagsval är möjlig under hela ackumuleringsfasen. (J. Kaarnametsä, N. Eriksson och J. Eriksson, Personlig kommunikation) Detta gör det möjligt att registrera trädslag för varje stam i bunt, vilket nya StanForD 2010-standarden har utrymme för i produktionsfilen.



Figur 3.  
Foto av aggregat med ackumuleringsarmar inringade i gult.

## Resultat

### STAMRÄKNING

För att följa upp stamräkningen har antal stammar i varje bunt registrerade i pri-filen jämförts med manuell notering. Stamräkning samt trädslagsfördelning för de olika objekten redovisas i tabell 4 nedan. Kontrollen visar på relativt hög registreringsandel bland maskinerna (och eventuellt förarnas arbetssätt): över 90 % för samtliga objekt. För objekten Södra 1, Södra 2 samt Sveaskog har inga stammar missats. Att objektet Södra 1 har en stam mer registrerad utöver de kontrollerade beror på att en bunt med två stammar har registrerats som en bunt med tre stammar. För objektet Södra 3 förklaras de saknade stammarna av buntar med dubbelstam; vid manuell kontroll räknas dubbelstam som två separata stammar medan skördarna oftast tar ett grepp om dessa och registrerar således endast en stam. För objektet Stora Enso saknas en hel bunt om tre stammar i maskinens registrering, och för objektet Korsnäs förekommer både en missad stambunt, en dubbelstam samt två felräkningar.

Tabell 4.

Antal stammar samt trädslag registrerad i maskin jämfört med manuell kontroll. Simulerad trädslagsfördelning visar på möjligt resultat om föraren registrerar första stammens trädslag korrekt.

| Objekt     | Mätning      | Stammar   |           |          | Totalt (st) | Totalt (%) |
|------------|--------------|-----------|-----------|----------|-------------|------------|
|            |              | Tall (st) | Gran (st) | Löv (st) |             |            |
| Södra 1    | Maskin (pri) | 42        | 2         | 15       | 59          | 102        |
|            | Kontroll     | 43        | 1         | 14       | 58          |            |
|            | Simulering   | 44        | 0         | 15       | 59          |            |
| Södra 2    | Maskin (pri) | 50        | 2         | 2        | 54          | 100        |
|            | Kontroll     | 54        | 0         | 0        | 54          |            |
|            | Simulering   | 54        | 0         | 0        | 54          |            |
| Södra 3    | Maskin (pri) | 0         | 53        | 0        | 53          | 95         |
|            | Kontroll     | 0         | 56        | 0        | 56          |            |
|            | Simulering   | 0         | 53        | 0        | 53          |            |
| Sveaskog   | Maskin (pri) | 31        | 27        | 2        | 60          | 100        |
|            | Kontroll     | 47        | 12        | 1        | 60          |            |
|            | Simulering   | 51        | 9         | 0        | 60          |            |
| Korsnäs    | Maskin (pri) | 38        | 17        | 4        | 59          | 92         |
|            | Kontroll     | 52        | 8         | 4        | 64          |            |
|            | Simulering   | 48        | 7         | 4        | 59          |            |
| Stora Enso | Maskin (pri) | *         | *         | *        | 48          | 94         |
|            | Kontroll     | 44        | 7         | 0        | 51          |            |
|            | Simulering   | *         | *         | *        | 48          |            |

\*Ingen trädslagsregistrering i pri-fil vid flerträdshantering.

## TRÄDSLAG

Trädslagsfördelningen som kan ses i tabell 4 har för maskinernas del tagits fram genom att registrerat trädslag för första stammen i varje bunt har räknats upp med det antal stammar som funnits i buntarna. Utvärdering av trädslagsfördelning har inte kunnat provas fullt ut på grund av att något trädslag har dominerat i de flesta objekten, men trädslagsregistreringen har ändå potential att fungera bra. Något som bör nämnas om trädslagsfördelningen från maskin är att det är delvis upp till föraren hur väl registreringen faller ut; den naturliga variationen i trädslag mellan stammar i en bunt går inte alltid att fånga upp då samtliga stammar delar trädslag vid uträkning av trädslagsfördelning, men om t.ex. första stammen tilldelas ett trädslag som inte är representerat i buntens bidrar det givetvis till en sned trädslagsfördelning. I tabell 4 redovisas också en simulerad fördelning för varje objekt som visar vilket resultat som skulle ha kunnat uppnås då föraren registrerar första stammens trädslag korrekt.

För objekten Södra 1–3 stämmer den framtagna trädslagsfördelningen från maskin relativt bra mot manuellt kontroll även om ett fåtal buntar har tilldelats fel trädslag. Skördaren hos Stora Enso registrerar inte trädslag vid flerträds-hantering, så endast stamräkningen har kunnat utvärderas för det objektet. Resultaten från Eco Log-maskinerna hos Sveaskog och Korsnäs tyder på att en funktion i skördardatorn som håller kvar val av trädslag mellan stambuntar om inte skördarföraren gör nytt val har varit aktiverad. Detta då flera stambuntar i följd har tilldelats felaktigt trädslag, vilket har resulterat i en trädslagsfördelning som stämmer dåligt med den egentliga.

## DBH/REFERENSDIAMETER

Registrerade DBH/referensdiametrar i pri-fil har jämförts med manuellt uppmätta DBH/referensdiametrar såväl för stambuntar som för enskilt hanterade stammar. Dessutom har diametervariation inom buntar studerats. Under det första praktiska försöket, Södra 1, uppkom en viss risk för förväxling av första stammen varför det finns en viss osäkerhet i redovisningen av detta moment för Södra 1. Inför de andra försöken ändrades märkmetoden av buntarna och risken för förväxling var därmed borta.

## Enskilt hanterade stammar

För att få en uppfattning om hur pass välkalibrerade de olika maskinerna var vid försökstillfället, togs ca 15 enskilda stammar ut för kontrollmätning av DBH. Sammanställningen av mätningarna kan ses i tabell 5. Maskinen från John Deere som användes för objekten Södra 1–3 uppvisar god mätnoggrannhet med ett genomsnittligt mätfel om ca 1 mm mellan skördarmätt DBH och manuell mätning; standardavvikelsen var mellan 6 och 8 mm för samtliga differenser. De maskiner som användes för objekten Sveaskog, Korsnäs och Stora Enso visar på sämre mätnoggrannhet med högre genomsnittliga differenser. Maskinerna hos Sveaskog och Korsnäs underskattade DBH med 11 respektive 6 mm, medan maskinen hos Stora Enso överskattade DBH med 5 mm gentemot manuell mätning. Även spridningen/standardavvikelsen är något högre för objekten Sveaskog samt Stora Enso. För maskinen hos Stora Enso råder viss osäkerhet kring mätnoggrannheten då den uppvisade bättre mätnoggrannhet för flerträds-hanterade stammar. De maskiner som har varit dåligt kalibrerade kommer att ha en direkt påverkan på volymräkningen som räknar med identiska stammar inom buntarna och därmed förstärka mätfelen ytterligare.

Tabell 5.  
Medelvärde för skördarens DBH-mätning jämfört med manuell kontroll för enskilt hanterade stammar.

| Objekt     | DBH i maskin | DBH i kontroll | Differens | Standardavvikelse |
|------------|--------------|----------------|-----------|-------------------|
|            | (mm)         | (mm)           | (mm)      | (mm)              |
| Södra 1    | 113          | 112            | 1         | 6                 |
| Södra 2    | 145          | 144            | 1         | 8                 |
| Södra 3    | 180          | 180            | 0         | 7                 |
| Sveaskog   | 118          | 129            | -11       | 10                |
| Korsnäs    | 136          | 142            | -6        | 6                 |
| Stora Enso | 159          | 154            | 5         | 9                 |



## Flerträdshanterade stammar

I tabell 6 finns en sammanställning av medel av maskinmätta diametrar och manuellt mätta diametrar för första stam i stambuntar vid flerträdshantering samt differens och standardavvikelse för varje objekt. Generellt var spridningen bland diameterdifferenserna något högre än för enskilt hanterade stammar, vilket kan förklaras av att DBH/referensdiameter registreras från en mätning på första stam vid flerträdshantering till skillnad från enskilt hanterade stammar där skördaren mäter diametrar kontinuerligt en sträcka innan DBH-måttet tas och därmed sannolikt minskar risken för felregistrering. För objekten Södra 1, Södra 3, Korsnäs samt Stora Enso var diameterdifferenserna mindre än för objekten Södra 2 och Sveaskog. Förekomst av en dubbelstam vardera för objekten Korsnäs och Stora Enso gav en standardavvikelse om 16 mm respektive 10 mm jämfört med 8 mm respektive 6 mm om dubbelstammen togs bort. Medan mätnoggrannheten för enskilt hanterade stammar var relativt jämn för objekten Södra 1–3, uppvisade Södra 2 en överskattning om 12 mm mot manuell kontroll vid flerträdshantering. Denna överskattning kan närmast relateras till en förändring i märkmetoden som endast var aktuellt för detta försök: märkning av första stammen medan skördaraggregatet höll om det. För de andra försöken (utom Södra 1 där stammarna märktes först på marken) sattes skördaraggregatet på marken framför första stammen för att efter spraymärkning upparbeta buntens i normal takt. På grund av dålig kalibrering underskattades diametrarna med 7 mm i skördaren för objektet Sveaskog.

Tabell 6.

Medelvärde för skördarens DBH- respektive referensdiamettermätning jämfört med manuell kontroll för första stammen i varje bunt vid flerträdshantering.

| Objekt     | Diametermätt     | Diameter i maskin | Diameter vid kontroll | Differens | Standardavvikelse |
|------------|------------------|-------------------|-----------------------|-----------|-------------------|
|            |                  | (mm)              | (mm)                  | (mm)      | (mm)              |
| Södra 1    | DBH              | 94                | 93                    | 1         | 10                |
| Södra 2    | DBH              | 130               | 118                   | 12        | 13                |
| Södra 3    | DBH              | 85                | 89                    | -4        | 5                 |
| Sveaskog   | Referensdiameter | 97                | 104                   | -7        | 10                |
| Korsnäs    | Referensdiameter | 114               | 117                   | -3 (-6)** | 16 (8)**          |
| Stora Enso | Referensdiameter | 121*              | 121                   | 0 (-1)**  | 10 (6)**          |

\*Referensdiameter registrerades ej i pri-fil utan är avläst ur skördardatorms display.

\*\*Inom parentes: resultat då en förekomst av första stam som dubbelstam är borttagen.

## Diametervariation inom buntar

Hur bra volymbereäkningen blir med föreslagen metod beror, vid sidan av stamräkningen, dels på hur väl volymen för första stammen i en bunt kan uppskattas, dels på vilken diametervariation det är för varje bunt; är stammarna av ungefär samma storleksordning faller volymbereäkningen med antagande om identiska stammar väl ut medan det omvända gäller om diametervariationen är stor. I tabell 7 redovisas medel av maskinmätta DBH/referensdiametrar för första stam samt medel av manuellt mätta diametrar för första stam i buntar, övriga stammar i buntar och totalt för alla stammar. I bilaga 1 finns en mer utförlig redovisning uppdelat i buntar om två, tre eller fyra stammar. Diametervariation inom buntar i termer av första stammens diameter ställt mot medel av efterföljande stammars diametrar, och hur väl skördarens uppskattning av första stammens diameter stämmer mot medel av samtliga stammars diametrar i buntar kan därmed studeras.

Tabell 7.

Medelvärde för skördarens DBH- respektive referensdiametermätning på första stam samt medelvärden för första stam, övriga stammar och totalt i buntar vid manuell kontroll.

| Objekt     | Diametermått             | Diameter i maskin<br>(mm) | Diameter vid kontroll |                        |                |
|------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------|------------------------|----------------|
|            |                          |                           | Första stam<br>(mm)   | Övriga stammar<br>(mm) | Totalt<br>(mm) |
| Södra 1    | DBH                      | 94                        | 93                    | 91                     | 92             |
| Södra 2    | DBH                      | 130                       | 118                   | 103                    | 110            |
| Södra 3    | DBH                      | 85                        | 89                    | 102                    | 96             |
| Sveaskog   | Referensdiameter (DBH)** | 97                        | 104 (95)              | (87)                   | (90)           |
| Korsnäs    | Referensdiameter         | 114                       | 117                   | 110                    | 112            |
| Stora Enso | Referensdiameter*        | 121                       | 121                   | 119                    | 120            |

\* Referensdiameter registrerades ej i pri-fil utan är avläst ur skördardatorms display.

\*\* Tyvärr saknades referensdiameter för en del stammar för kontrollen, varför DBH redovisas inom parentes för att kunna följa diametervariationen inom stambuntar.

### Södra 1

Objektet Södra 1 karakteriserades av relativt jämnstora stammar inom buntarna; första stammen var i genomsnitt endast 2 mm grövre än medel av övriga stammar. Resultatet visar vidare att för buntar om två stammar var första stammen grövre än andra stammen, och för buntar om tre stammar valdes första stammen klenare än övriga. En jämförelse med maskinens mätning på första stam ger en skillnad om 2 mm grövre diameter i skördaren mot medel av samtliga stammar.

### Södra 2

För objektet Södra 2 var första stammen i buntarna grövre än efterföljande: det skiljde 15 mm mellan första stammens diameter och medel av övriga stammar. Som nämnts tidigare överskattades första stammens diameter i skördaren, vilket tillsammans med diametervariationen leder till en överskattning av volymen (med korrekt stamräkning). Det skiljde 20 mm mellan skördarens mätning och medel av samtliga stammar.

### Södra 3

Vid den tredje avverkningen hos Södra, Södra 3, var maskinens mätnoggrannhet på samma nivå som vid de tidigare försöken, men för detta objekt fanns en diametervariation inom buntarna där första stammen i genomsnitt var 13 mm klenare än medel av övriga stammar. För detta objekt valdes den första stammen som den klenaste i både buntar om två stammar och buntar om tre stammar. För skördarens mätning på första stammen blev differensen 11 mm mot medel av samtliga stammar.

### Sveaskog

För objektet Sveaskog var första stammen totalt sett något grövre än efterföljande stammar med i genomsnitt 8 mm grövre diameter. I buntar om två stammar var båda stammarna jämnstora, i buntar om tre stammar var första stammen något grövre än efterföljande stammar och i den enda bunten med fyra stammar var första stammen klenare än medel av övriga. Maskinens mätning kan inte jämföras med medel av samtliga stammar då referensdiameter tyvärr saknades för en del stammar.

### Korsnäs

I genomsnitt var första stammen 7 mm grövre än medel av övriga stammar för objektet Korsnäs. Då maskinen underskattade referensdiametern på första stam, blev skillnaden för maskinens mätning mindre med 2 mm överskattning av första stammens diameter mot medel av samtliga stammar. För buntar om två stammar var första stammen i genomsnitt 5 mm grövre än andra stammen, för buntar om tre stammar var medel för övriga stammar nära första stammens diameter, och för buntar om fyra stammar var första stammens diameter klenare än medel av övriga. Avverkningen hos Korsnäs var det enda objektet där stambuntar om fyra stammar förekom i nämnvärd utsträckning.

### Stora Enso

För objektet Stora Enso avverkades i stort sett endast stambuntar om två stammar. Detta då objektet hade den grövsta medelstammen för avverkade flerträdshanterade stammar bland samtliga försöksobjekt: 0,051 m<sup>3</sup>fub. I genomsnitt var första stammen 2 mm grövre än medel av övriga stammar. Även om diametervariationen ser ut att vara obefintlig för buntar om två stammar, valdes växelvis första och andra stam som den grövsta: differenserna varierade i många fall mellan 20 och 50 mm. För maskinens mätning på första stam var skillnaden mot medel av samtliga stammar 1 mm.

## VOLYM

En jämförelse av volymutfallen från de olika försöken har gjorts i tre steg. För varje steg jämförs volym från beräkning med skördardata eller klavdata som grund med kuberad volym från manuell klavning. Dessutom redovisas för varje steg medelstam samt vilket stamantal jämförelsen har baserats på.

- **Analys 1:** I ett första steg gjordes en utvärdering av vilken precision som kan uppnås då första stammens volym uppräknas till buntvolym för både beräknad volym och kontrollvolym. Detta åstadkoms genom att ta bort skillnad i stamräkning mellan maskin och kontroll samt genom att enbart behandla de stambuntar och det antal stammar i buntar som maskinen har registrerat. För att endast utvärdera precisionen för volymberäkningsmetoden användes manuellt klavade diametrar i beräkningsproceduren för att eliminera mätfel i maskin, och resultatet från den manuella kuberingen manipulerades så att även den baseras på identiska stammar inom buntarna. Med detta tillvägagångssätt blir det möjligt att studera hur precis volymuppskattningen kan bli om en volymkorrigerings-/kalibreringsmetod tas fram för att balansera den diametervariation som kan finnas mellan stammar i stambuntar.
- **Analys 2:** I ett andra steg utvärderades hur väl volymuppskattningen blir då skördaren är välkalibrerad. Ingen korrigering av maskinens stamräkning gjordes i detta steg, men liksom i analys 1 byttes de maskinmätta diametrarna ut mot manuellt klavade diametrar i volymberäkningen för att eliminera effekten av maskinens mätfel på första stam. I både analys 1 och analys 2 användes större pri-filer än de erhållna från respektive försök. Användningen av en större pri-fil från samma maskin med god tillgång på enskilt hanterade stammar tillåter upprättande av en volymtabell med indelning i diameterklasser (se beskrivning under avsnittet material och metod). För alla objekt utom för Södra 1 och Stora Enso erhöles den större produktionsfilen genom att skördaren arbetade vidare på objektet som påbörjades med försöket. I de andra fallen valdes två avverkningar som låg nära försöken tidsmässigt som grund för beräkning.
- **Analys 3:** I det sista steget gjordes en volymjämförelse utifrån de förutsättningar som fanns just under försöket. Detta innebär att volymberäkningen baserades på de skördardata som fanns tillgängliga från försöket: maskinens stamräkning och diameterregistrering användes, volymberäkningen gjordes från den regressionsfunktion som kunde ställas upp från de ca 15 enskilt hanterade stammarnas volym från varje försök och ingen manipulering gjordes av kuberad volym från manuell kontroll. I detta steg redovisas även beräknade volymer i skördaren som jämförelsemått för de objekt det har varit möjligt.

Tabell 8–10 visar volymutfallet för beräknade volymer jämfört med volymer erhållna genom kubering för de olika stegen som beskrivs ovan. Skillnader i volymdifferenser mellan de olika stegen kan ses i tabell 11.

Tabell 8.

Volymutfall för ca 25 flerträdshanterade stambuntar (50-60 stammar) enligt analys 1; volym beräknat med första stammens DBH/referensdiameter respektive volym erhållen från manuell klavning.

| Objekt     | Volym enligt | Volym – klavade<br>diametrar, större<br>pri/medianvolymer,<br>identiska stammar<br>samt antal | Antal stammar | Medelstam                     | Differens totalt |
|------------|--------------|---|---------------|-------------------------------|------------------|
| Södra 1    | Beräkning    | (m <sup>3</sup> fub)<br>1,508   | (st)<br>59    | (m <sup>3</sup> fub)<br>0,026 | (%)<br>+4,1      |
|            | Kontroll     | 1,448   | 59            | 0,024                         |                  |
| Södra 2    | Beräkning    | 2,895   | 54            | 0,054                         | +10,4            |
|            | Kontroll     | 2,621   | 54            | 0,049                         |                  |
| Södra 3    | Beräkning    | 1,360   | 53            | 0,026                         | +5,7             |
|            | Kontroll     | 1,287   | 53            | 0,024                         |                  |
| Sveaskog   | Beräkning    | 1,959   | 60            | 0,033                         | -0,6             |
|            | Kontroll     | 1,971   | 60            | 0,033                         |                  |
| Korsnäs    | Beräkning    | 2,214   | 59            | 0,038                         | -7,5             |
|            | Kontroll     | 2,394   | 59            | 0,041                         |                  |
| Stora Enso | Beräkning    | 2,816   | 48            | 0,059                         | +10,8            |
|            | Kontroll     | 2,542   | 48            | 0,053                         |                  |

Det första steget i volymjämförelsen, som illustreras av tabell 8, är utformat för att utvärdera hur väl beräkningsmetoden uppskattar första stammens volym med eventuella skillnader förstärkta genom antalet stammar inom buntarna. Samtliga differenser mellan beräknad volym och manipulerad kontrollvolym ligger mellan -7,5 % underskattning och 10,8 % överskattning. För fyra av sex objekt överskattas volymen i maskin gentemot kontroll.

Tabell 9.

Volymutfall för ca 25 flerträdshanterade stambuntar (50–60 stammar) enligt analys 2; volym beräknat med första stammens DBH/referensdiameter respektive volym erhållen från manuell klavning.

| Objekt     | Volym enligt | Volym – klavade<br>diametrar, större<br>pri/medianvolym | Antal stammar | Medelstam | Differens totalt |
|------------|--------------|---|---------------|-----------|------------------|
| Södra 1    | Beräkning    | 1,508   | 59            | 0,026     | +2,9             |
|            | Kontroll     | 1,466   | 58            | 0,025     |                  |
| Södra 2    | Beräkning    | 2,895   | 54            | 0,054     | +22,9            |
|            | Kontroll     | 2,355   | 54            | 0,044     |                  |
| Södra 3    | Beräkning    | 1,360   | 53            | 0,026     | -25,8            |
|            | Kontroll     | 1,833   | 56            | 0,033     |                  |
| Sveaskog   | Beräkning    | 1,959   | 60            | 0,033     | +7,6             |
|            | Kontroll     | 1,821   | 60            | 0,030     |                  |
| Korsnäs    | Beräkning    | 2,214   | 59            | 0,038     | -15,3            |
|            | Kontroll     | 2,615   | 64            | 0,041     |                  |
| Stora Enso | Beräkning    | 2,816   | 48            | 0,059     | +7,4             |
|            | Kontroll     | 2,622   | 51            | 0,051     |                  |

Det andra steget med klavade diametrar (istället för maskinmätta sådana i det tredje steget) samt volymtilldelning enligt diameterklasser från en större pri-fil, är utformat för att främst utvärdera hur pass bra volymuppskattningen blir med korrekt diametermätt men med olikheter i stamräkning och eventuell diametervariation inom buntar bibehållna. I detta steg spänner diameterdifferenserna mellan 25,8 % underskattning till 22,9 % överskattning.



Tabell 10.

Volymutfall för ca 25 flerträdshanterade stambuntar (50–60 stammar) enligt analys 3; volym beräknat med första stammens DBH/referensdiameter respektive volym erhållen från manuell klavning.

| Objekt     | Volym enligt    | Volym – regression<br>(m <sup>3</sup> fub) | Antal stammar<br>(st) | Medelstam<br>(m <sup>3</sup> fub) | Differens totalt<br>(%) |
|------------|-----------------|--|-----------------------|-----------------------------------|-------------------------|
| Södra 1    | Beräkning       | 1,444                                      | 59                    | 0,024                             | -1,5                    |
|            | Kontroll        | 1,466                                      | 58                    | 0,025                             |                         |
|            | Maskinberäkning | ---**                                      | 59                    | ---**                             | ---**                   |
| Södra 2    | Beräkning       | 3,223                                      | 54                    | 0,060                             | +36,9                   |
|            | Kontroll        | 2,355                                      | 54                    | 0,044                             |                         |
|            | Maskinberäkning | ---**                                      | 54                    | ---**                             | ---**                   |
| Södra 3    | Beräkning       | 0,923                                      | 53                    | 0,017                             | -49,7                   |
|            | Kontroll        | 1,833                                      | 56                    | 0,033                             |                         |
|            | Maskinberäkning | 1,071                                      | 53                    | 0,020                             | -41,6                   |
| Sveaskog   | Beräkning       | 1,571                                      | 60                    | 0,026                             | -13,7                   |
|            | Kontroll        | 1,821                                      | 60                    | 0,030                             |                         |
|            | Maskinberäkning | 1,726                                      | 60                    | 0,029                             | -5,2                    |
| Korsnäs    | Beräkning       | 2,112                                      | 59                    | 0,036                             | -19,2                   |
|            | Kontroll        | 2,615                                      | 64                    | 0,041                             |                         |
|            | Maskinberäkning | 1,928                                      | 59                    | 0,033                             | -26,3                   |
| Stora Enso | Beräkning       | ---*                                       | 48                    | ---*                              | ---*                    |
|            | Kontroll        | 2,622                                      | 51                    | 0,051                             |                         |
|            | Maskinberäkning | 2,768                                      | 48                    | 0,058                             | +5,6                    |

\* Då DBH registreras för de enskilt hanterade träden, förutsätter volymfunktionen att DBH också registreras vid flerträdshantering vilket tyvärr inte görs och ingen volym kan beräknas.

\*\* I aktuella datorversion har inte den maskinberäknade m<sup>3</sup>fub-volymen kunnat utläsas entydigt.

I det sista steget har volymberäkningen gjorts enbart utifrån de diametrar och det stamantal som maskinen har registrerat. Volymfunktionen har således baserats på ca 15 enskilt hanterade stammar, och eventuella felregistreringar av diameter i maskin har påverkat beräkningen. Objektet som volymen har underskattats mest för är Södra 3 med 49,7 % underskattning, och däremellan spänner differenserna upp till överskattning om 36,9 % för objektet Södra 2. För de maskinberäknade volymer som har kunnat utläsas är uppskattningarna liknande: för Södra 3 och Sveaskog är differenserna mindre än för jämförelsen beräkning mot kontroll, för Korsnäs är differensen något högre och för objektet Stora Enso finns visserligen inget jämförelsetal från beräkning men den maskinlagrade volymen är 5,6 % högre än kontrollerad volym.

Tabell 11.

Skillnader i volymutfall för ca 25 flerträdshanterade stambuntar (50–60 stammar) enligt analys 1–3 samt medel av samtliga försök. För analys 3 redovisas även den maskinberäknade volymen.

| Objekt       | Volymdifferens<br>analys 1 | Volymdifferens<br>analys 2 | Volymdifferens<br>analys 3 | Volymdifferens<br>analys 3 – maskinberäkning |
|--------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|--|
|              | (%)                        | (%)                        | (%)                        | (%)  |
| Södra 1      | +4,1                       | +2,9                       | -1,5                       | ---**  |
| Södra 2      | +10,4                      | +22,9                      | +36,9                      | ---**  |
| Södra 3      | +5,7                       | -25,8                      | -49,7                      | -41,6  |
| Sveaskog     | -0,6                       | +7,6                       | -13,7                      | -5,2   |
| Korsnäs      | -7,5                       | -15,3                      | -19,2                      | -26,3  |
| Stora Enso   | +10,8                      | +7,4                       | ---*                       | +5,6   |
| <b>Medel</b> | <b>+4,0</b>                | <b>+0,3</b>                | <b>-8,1***</b>             | <b>-15,7****</b>                             |

\* Då DBH registreras för de enskilt hanterade stammarna, förutsätter volymfunktionen att DBH också registreras vid flerträdshantering, vilket tyvärr inte görs och ingen volym kan beräknas.

\*\* I aktuell datorversion har inte den maskinberäknade m<sup>3</sup>fub-volymen kunnat utläsas entydigt.

\*\*\* Medel för denna kolumn har beräknats från fem försök.

\*\*\*\* Medel för denna kolumn har beräknats från fyra försök.

### Södra 1

För Södra 1 är den procentuella skillnaden i analys 3 en underskattning i skördaren med 1,5 % för volym m<sup>3</sup>fub. Om volymfunktionen i prototypprogrammet däremot förses med klavade diametrar samt att en större pri-fil används blir skillnaden för volymen 2,9 % i överskattning enligt analys 2. Detta resultat blir faktiskt något sämre i analys 1 som enbart utvärderar beräkningsmetoden: 4,1 % överskattning.

### Södra 2

För Södra 2, där skördaren enligt tabell 6 i medel överskattade DBH för första stammen med 12 mm, blir volymuppskattningen en överskattning om 36,9 % i analys 3. Denna överskattning mildras dock om man använder sig av de klavade diametrarna samt en större pri-fil som ger en mer balanserad volymfunktion; volymskillnaden blir 22,9 % i analys 2. Dock återstår en diametervariation inom buntarna som med identiska stammar i analys 1 trappar ned överskattningen till 10,4 % mot kontroll. Den tidigare stora överskattningen i volym kan därmed direkt relateras till skördarens systematiska överskattning av DBH för första stam i kombination med en betydande diametervariation.

### Södra 3

I den sista avverkningen hos Södra benämnt Södra 3 underskattades DBH för första stam med i snitt 4 mm i skördaren. Skördarens mätning på första stam var 11 mm klenare än medel av samtliga stammar. Dessa faktorer har medfört att den uppskattade volymen ligger 49,7 % under kontrollerad volym i analys 3. I analys 2 mildras underskattningen till 25,8 %, och i analys 1 blir skillnaden en överskattning om 5,7 % för beräknad volym gentemot kontrollvolym manipulerad med identiska stammar inom buntarna.

## Sveaskog

För Sveaskog, där maskinen visade sig vara dåligt kalibrerad och systematiskt underskattade diametrar för både enskilt hanterade stammar och flerträdshanterade stammar, blir volymskillnaden en underskattning om 13,7 % i analys 3. Denna underskattning övergår i en överskattning om 7,6 % för volym med klavade diametrar samt större pri-fil i analys 2. Med identiska stammar i analys 1 blir skillnaden endast 0,6 % underskattning för beräknad volym.

## Korsnäs

För avverkningen hos Korsnäs är resultatet något svårtolkat: maskinen mätte klenare diametrar på första stam än vad kontrollen visade, men å andra sidan var första stam något grövre än medel av samtliga stammar så att maskinens mätning på första stam ändå var 2 mm grövre än medel av samtliga stammar. Dock saknades det stammar i maskinens stamräkning varför den totala volymen blir en underskattning med 19,2 % gentemot kontrollerad volym i analys 3. I analys 2 är skillnaden 15,3 % och i analys 1 med korrigerat stamantal är skillnaden 7,5 %.

## Stora Enso

Även för objektet Stora Enso saknades det stammar i maskinens registrering då en stambunt hade missats helt. För detta objekt har inte analys 3 i volymjämförelsen kunnat genomföras då endast referensdiameter och inte DBH har synts i skördardatorns display. I analys 2 har dock de manuellt klavade diametervärdena tillåtit en volymuppskattning. Även om det saknas stammar i maskinens registrering görs en överskattning om 7,4 % för beräkningen. En förklaring kan vara att bestånden skiljde sig mellan den avverkning/pri-fil som har varit grund för volymfunktionen och den avverkning som ingick i studien; som nämnts tidigare har inte någon större pri-fil från samma objekt kunnat användas för denna avverkning. Med identiska stammar inom buntar samt lika stamantal ger volymberäkningen en volym som ligger 10,8 % över motsvarande kontrollvolym i analys 1.

## LÄNGD

I tabell 12 nedan visas medellängder enligt maskin respektive kontrollmätning av längder för alla upparbetade stockar. I genomsnitt blev längderna 19–22 cm kortare vid kontrollen jämfört med skördarens registrerade längder för John Deere-maskinen, och för maskinen från Valmet blev motsvarande siffra 12 cm. Uppföljning av mätningar på enskilda stockbuntar visar att en stor del av skillnaden förklaras av slirning vid matning genom aggregatet, d.v.s. att maskinen i många fall mäter bra på en stock i en stockbunt men att överskattningen sker på grund av de kortare bitarna.

Tabell 11.  
Avverkade objekt i studien.

| Objekt       | Maskin<br>(cm) | Kontroll<br>(cm) | Differens<br>(cm) |
|--------------|----------------|------------------|-------------------|
| Södra 1      | 432            | 410              | 22                |
| Södra 2      | 436            | 416              | 20                |
| Södra 3      | 435            | 416              | 19                |
| Sveaskog 1   | Inga längder   |                  |                   |
| Korsnäs      | Inga längder   |                  |                   |
| Stora Enso   | 456            | 444              | 12                |
| <b>Medel</b> | <b>441</b>     | <b>423</b>       | <b>18</b>         |

## Diskussion

### STAMRÄKNING

Att stamräkningen i maskin fungerar korrekt är fundamentalt för en bra volymuppskattning. Felregistrering av antalet stammar för de olika försöken har antingen skett genom att en stam för lite (eller för mycket) har registrerats för en bunt eller att en hel bunt har missats i registreringen. Videofilmning av upp-  
arbetsprocessen skulle kunna vara ett sätt att få mer kunskap om hur felregistreringar sker och vid behov korrigera för eventuella brister i aggregat-  
hantering (eller aggregatlogik), men det finns anledning att nämna en viss typ av felregistrering där åtminstone aggregatlogiken inte brister: dubbelstammar.

Vid dubbelstam väljer föraren att ta ett grepp om två träd som delar stam eller står så nära varandra att ackumuleringsarmarna inte används mellan dem. Som nämnts tidigare om aggregatlogiken förutsätts det för maskinerna i studien att en cykel med öppning och stängning av ackumuleringsarmar samt fällkap skiljer stammar åt vid flerträdshantering så att korrekt uppräknig av stamantal kan göras. Om dubbelstammen kommer efter att en första stam har tagits upp i aggregatet, står det klart att buntens volym underskattas då första stammens volym räknas upp med en stam för lite. Om däremot dubbelstammen kommer in som första stam i aggregatet saknas visserligen en stam i stamräkningen, men med identiska stammar tilldelas alla efterföljande stammar dubbelstammens volym vilket kan resultera i en överskattning eller underskattning beroende på antalet efterföljande stammar och vilken diameter som har uppskattats för dubbelstammen. Problemet med dubbelstammar är detsamma för maskiner som endast avverkar enkelträd, d.v.s. att stamantalet systematiskt lär bli lite underskattat och volymen lite överskattad.

Maskinen från John Deere har hållit en jämn nivå på stamräkningen för de tre försöken den har använts i; saknade stammar har berott på just dubbelstammar även om två olika förare har varit inblandade. De två maskinerna från Eco Log skapar viss förvirring då inga stammar har missats för objektet Sveaskog, medan fem stammar har missats på olika vis för objektet Korsnäs (en missad stambunt, en dubbelstam samt två felräkningar). Då både maskin och aggregat har varit av samma modell för objekten Sveaskog och Korsnäs, förklaras missarna för den senare troligtvis av förarnas arbetsteknik med flera omtag och dylikt.

### TRÄDSLAG

Trädslagsfördelningen från maskin räknas fram genom att räkna upp första stammens trädslag med stamantalet för varje bunt. Hur väl denna fördelning svarar mot den egentliga bestäms dels av förarens registrering av representativt trädslag för varje bunt, dels av vilken trädslagsvariation som finns i buntarna. För förarens registrering kan trädslagsfördelningen snabbt bli skev om föraren inte är på sin vakt då ett flertal stammar åt gången tilldelas samma trädslag. I två av de sex försöken (objekten Sveaskog och Korsnäs) har det konstaterats att en funktion som automatiskt håller kvar trädslagsval mellan buntar har varit aktiverat. Denna funktion går naturligtvis att åsidosätta genom att manuellt göra ett trädslagsval, men det är vikten av att föraren registrerar trädslag korrekt som måste kommuniceras för att trädslagsfördelningen ska bli bra.

En begränsning med dagens registrering av trädslag vid flerträdshantering är att det endast görs för första stammen i varje bunt. Eventuellt kan en mer korrekt trädslagsfördelning uppnås om föraren istället för första stammens trädslag på sätter det trädslag som dominerar i varje bunt. Detta behöver dock göras på ett medvetet sätt så att trädslagsvariationen synliggörs (t.ex. att ibland välja andra trädslag som förekommer i buntarna ifall det dominerande trädslaget skulle vara detsamma för samtliga buntar). Att sätta annat trädslag än första stammens trädslag förutsätter att föraren väntar med att sätta trädslag tills samtliga stammar har ackumulerats, vilket är osäkert om alla skördardatorer tillåter. För objekten Södra 1 och Korsnäs syns ett mönster där stambuntarna i princip har upparbetats med ett trädslag i taget. Om detta är ett resultat av träd av samma trädslag har stått nära varandra eller förarnas medvetna val är något osäkert, men utebliven trädslagsvariation inom buntar ökar naturligtvis möjligheterna att få till en korrekt trädslagsfördelning.

Även om det i dag inte finns trädslagsinformation på stamnivå vid flerträds- hantering, kommer den nya skogsstandarden StanForD 2010 att tillåta registrering av trädslag för varje enskild stam. Om inte föraren ska behöva sätta trädslag för varje stam vid flerträdshantering kan även i fortsättningen samma trädslag sättas för alla stammar i en bunt. Får man däremot till en sensor som kan identifiera trädslag för stammar som tas upp i aggregatet, finns potential att fånga upp trädslagsvariationen inom buntarna utan att belasta föraren.

## **DBH/REFERENSDIAMETER**

Vid sidan av stamräkningen är skördarens mätning av första stammens diameter avgörande för volymutfallet; introduktion av systematiska fel i mätningen kan leda till över- eller underskattning av hela objektets volym. Alla felkällor som kan elimineras med relativt enkla medel bör beaktas då alla dessa tillsammans formar utfallet. Diametervariation inom buntar är en faktor som har stor påverkan på volymutfallet, men som är svår att fånga upp på ett enkelt sätt. Om föraren t.ex. systematiskt väljer grövre eller klenare stammar som den första i buntarna, kommer beräknad volym inte att bli rättvisande mot den uttagna. Åsikter som har kommit fram från skördarförare i studien är t.ex. att man förlorar i produktion genom att sälla bland stammarnas inbördes ordning. Detta verkar högst troligt, men det kan även vara så att aggregatet känns stabila att hantera om den största stammen kommer först eller att hanteringen känns mer flexibel om klenare stammar tas upp först. Två av fem inblandade förare uppgav att de föredrog att ta de mindre stammarna först för att få en bra formation av stammar i aggregatet. För att korrigera för diametervariationen är det önskvärt att en kalibreringsmetod tas fram även för flerträdshantering. Se vidare under avsnittet utveckling nedan.

## **VOLYM**

Korrekt volymmätning är beroende av att stamräkning och diametermätning är korrekta och inte ger några systematiska fel. Kan dessa kriterier uppfyllas samt att en korrigering av diameter/volym kan genomföras vid flerträdshantering alternativt att avverkningen karakteriseras av jämnstora stammar, pekar analys 1 i volymjämförelsen mellan maskin och kontroll på en volymdifferens kring  $\pm 10\%$ . Detta är alltså volymberäkningsmetodens ungefärliga precision vid perfekta förhållanden. Om en diametervariation kvarstår men maskinen är bra

kalibrerad, kan en volymdifferens om  $\pm 25\%$  förväntas enligt simuleringen i analys 2 i volymjämförelsen. Skulle maskinen vara dåligt kalibrerad kan vi förvänta oss en större spridning (analys 3).

## LÄNGD

Då den föreslagna beräkningsmetoden hämtar volymen för första stammen från motsvarande enskilt hanterade stam av samma storlek utan hänsyn till matningslängd, medför detta en viss osäkerhet i volymuppskattningen då längd till sista kap skiljer sig mellan enskilt hanterade stammar och flerträdshanterade stammar. I dag är inte längdmätningen i maskin pålitlig p.g.a. slirning i aggregatet vid matning av buntar, men blir längdmätningen mer tillförlitlig, t.ex. genom nya sensorer monterade i anslutning till aggregatet, finns ytterligare potential att förbättra volymuppskattningen.

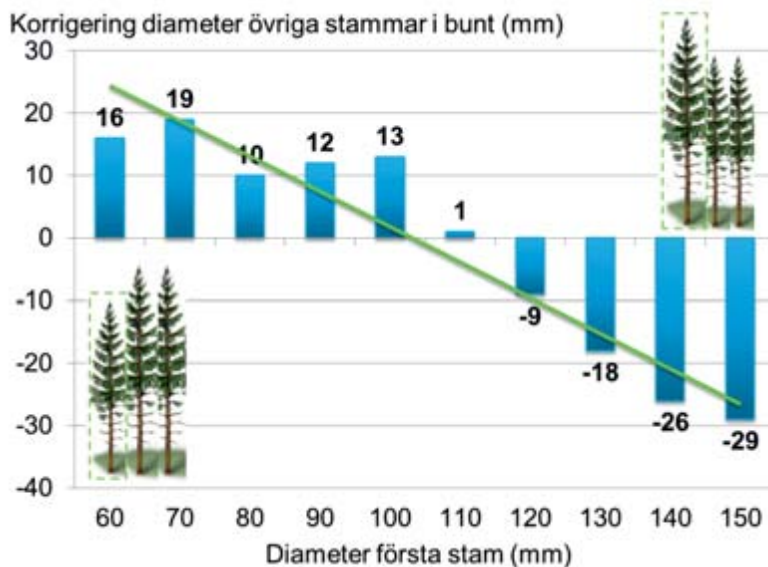
## UTVECKLING

För att försäkra sig om att inga systematiska fel förekommer i diametermätningen bör någon form av kalibrering eller kvalitetssäkringssystem användas även vid flerträdshantering. En möjlighet är att slumpa ut 1-2 stambuntar per dag där skördaren får mäta DBH/referensdiameter på de valda stammarna. Detta skulle kunna gå till på följande vis:

1. Ett antal stammar ackumuleras i aggregatet som vanligt.
2. Innan det är dags att kapa första stockbuntens får föraren reda på att det är en kontrollbunt.
3. Föraren lägger ned stammarna på backen.
4. Stammarna matas ett och ett genom aggregatet så att skördaren mäter varje stam som vid traditionell avverkning.

Registrering av den flerträdshanterade buntens samt kontrolldata från individuell mätning av de ingående stammarna hanteras inom skogsstandarden StanForD 2010. Med proceduren ovan erhålls total volym för kontrollbunt samt relationen mellan ingående stammars DBH/referensdiameter. Även om första stammen inte kan hållas isär då skördaren mäter stammarna individuellt, kan motsvarande grundyta dras bort från buntens grundyta då DBH/referensdiameter för första stam är känt. På så vis går det antingen att justera diameter eller volym för hela buntens eller endast för efterföljande stammar. Under en period av ex. 1 månad (sista 25 kontrollmätta stambuntarna) kan man få fram en systematisk skillnad mellan skördarens DBH på första stammen och medel av alla avverkade stammar i en stambunt. Denna differens kan appliceras på flerträdshanterade buntar där diameter för övriga stammar i en bunt kan justeras upp eller ned jämfört med första stam (se figur 4); i maskinen kan detta antingen implementeras i diameterklasser eller som en adaptiv funktion. Resultatet i figur 4 är medel av avverkade stammar i studien som visar på ett starkt samband mellan DBH på första stammen och DBH på övriga stammar. Alla maskiner uppvisade ett liknande mönster.





Figur 4.  
Illustration av kalibreringsmodell där övriga stammar i en bunt får justerad diameter jämfört med första stam. Resultatet i figuren är medel av avverkade stammar i studien.

## Slutsats

- Stamräkning i maskin fungerar relativt bra, dock med en liten underskattning.
- Resultatet för volymen på första stammen baserat på DBH eller referensdiameter låg i studien inom  $\pm 10\%$  från kontrollerad volym.
- Vid väl kalibrerade maskiner kommer flerträdshanterade volymer att ligga inom  $\pm 25\%$  av egentlig volym.
- Kalibrering av maskinernas mätning är viktigt för att metoden ska fungera; detta fungerar ofta inte så bra för gallringsmaskiner i dag p.g.a. bristande rutiner och krav.
- Ny metod för kalibrering av eventuell differens mellan första stam i en bunt och övriga stammar bör utvecklas.
- Flera förare har uttryckt att de föredrar att ta den större stammen sist. Detta varierar dock mellan förare.
- Utan speciell MTH-kalibrering bör metoden ge en liten underskattning av volymen då stammar tappas bort och flera förare väljer den minsta stammen först.

## **Personlig kommunikation**

J. Gustafsson, Sveaskog, Personlig kommunikation. 2011.

J. Kaarnametsä, John Deere, Personlig kommunikation. 2011.

Jörgen Eriksson, Dasa, Personlig kommunikation. 2011.

Niclas Ericsson, Komatsu, Personlig kommunikation. 2011.

# Bilaga 1

Tabell 13.

Medelvärde för skördarens DBH- respektive referensdiametermätning jämfört med manuell kontroll uppdelat på alla stammar, buntar med två stammar (2-bunt), buntar med tre stammar (3-bunt) och buntar med fyra stammar (4-bunt).

| <b>Södra 1</b>       | <b>DBH</b>                                    |                       |               |
|----------------------|---|-----------------------|---------------|
|                      | <b>Första stam</b>                            | <b>Övriga stammar</b> | <b>Totalt</b> |
|                      | <b>(mm)</b>                                   | <b>(mm)</b>           | <b>(mm)</b>   |
| Maskin (alla)        | 94  |                       |               |
| Kontroll (alla)      | 93  | 91                    | 92            |
| Maskin (2-bunt)      | 107   |                       |               |
| Kontroll (2-bunt)    | 106   | 98                    | 102           |
| Maskin (3-bunt)      | 76  |                       |               |
| Kontroll (3-bunt)    | 75  | 85                    | 82            |
|                      |   |                       |               |
| <b>Södra 2</b>       | <b>DBH</b>                                    |                       |               |
|                      | <b>Första stam</b>                            | <b>Övriga stammar</b> | <b>Totalt</b> |
|                      | <b>(mm)</b>                                   | <b>(mm)</b>           | <b>(mm)</b>   |
| Maskin (alla)        | 130   |                       |               |
| Kontroll (alla)      | 118   | 103                   | 110           |
| Maskin (2-bunt)      | 132   |                       |               |
| Kontroll (2-bunt)    | 121   | 108                   | 115           |
| Maskin (3-bunt)      | 119   |                       |               |
| Kontroll (3-bunt)    | 100   | 93                    | 97            |
|                      |   |                       |               |
| <b>Södra 3</b>       | <b>DBH</b>                                    |                       |               |
|                      | <b>Första stam</b>                            | <b>Övriga stammar</b> | <b>Totalt</b> |
|                      | <b>(mm)</b>                                   | <b>(mm)</b>           | <b>(mm)</b>   |
| Maskin (alla)        | 85  |                       |               |
| Kontroll (alla)      | 89  | 102                   | 96            |
| Maskin (2-bunt)      | 86  |                       |               |
| Kontroll (2-bunt)    | 90  | 105                   | 97            |
| Maskin (3-bunt)      | 82  |                       |               |
| Kontroll (3-bunt)    | 87  | 97                    | 94            |
|                      |   |                       |               |
| <b>Sveaskog</b>      | <b>Referensdiameter (DBH inom parentes)**</b> |                       |               |
|                      | <b>Första stam</b>                            | <b>Övriga stammar</b> | <b>Totalt</b> |
|                      | <b>(mm)</b>                                   | <b>(mm)</b>           | <b>(mm)</b>   |
| Maskin (alla)        | 97  |                       |               |
| Kontroll (alla)      | 104 (95)                                      | (87)                  | (90)          |
| Maskin (2-bunt)      | 104   |                       |               |
| Kontroll (2-bunt)    | (104)   | (105)                 | (105)         |
| Maskin (3-bunt)      | 89  |                       |               |
| Kontroll (3-bunt)    | (85)  | (75)                  | (78)          |
| Maskin (4-bunt)***   | 70  |                       |               |
| Kontroll (4-bunt)*** | 65 (59)                                       | (70)                  | (68)          |
|                      |   |                       |               |

| Korsnäs              | Referensdiameter  |                |        |
|----------------------|-------------------|----------------|--------|
|                      | Första stam       | Övriga stammar | Totalt |
|                      | (mm)              | (mm)           | (mm)   |
| Maskin (alla)        | 114               |                |        |
| Kontroll (alla)      | 117               | 110            | 112    |
| Maskin (2-bunt)      | 129               |                |        |
| Kontroll (2-bunt)    | 132               | 127            | 129    |
| Maskin (3-bunt)      | 106               |                |        |
| Kontroll (3-bunt)    | 101               | 103            | 103    |
| Maskin (4-bunt)      | 74                |                |        |
| Kontroll (4-bunt)    | 84                | 95             | 92     |
|                      |                   |                |        |
| Stora Enso           | Referensdiameter* |                |        |
|                      | Första stam       | Övriga stammar | Totalt |
|                      | (mm)              | (mm)           | (mm)   |
| Maskin (alla)        | 121               |                |        |
| Kontroll (alla)      | 121               | 119            | 120    |
| Maskin (2-bunt)      | 119               |                |        |
| Kontroll (2-bunt)    | 120               | 122            | 121    |
| Maskin (3-bunt)***   | 176               |                |        |
| Kontroll (3-bunt)*** | 136               | 93             | 107    |

## Bilaga 2

Tabell 14.

Volymutfall för ca 25 flerträdshanterade stambuntar (50-60 stammar); volym beräknat med första stammens DBH/referensdiameter respektive volym erhållen från manuell klavning av alla avverkade stockar.

| <b>Södra 1</b>  | <b>Maskin/beräkning</b> | <b>Kontroll</b> |
|---|-------------------------|-----------------|
| Volym (m <sup>3</sup> fub; regression)  | 1,444                   | 1,466           |
| Antal stammar (st)  | 59                      | 58              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)  | 0,024                   | 0,025           |
| Differens totalt (%)  | -1,5                    |                 |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; klavade DBH, större pri/medianvolym)                               | 1,508                   | 1,466           |
| Antal stammar (st)  | 59                      | 58              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)  | 0,026                   | 0,025           |
| Differens totalt (%)  | +2,9                    |                 |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; klavade DBH, större pri/medianvolym, identiska stammar samt antal) | 1,508                   | 1,448           |
| Antal stammar (st)  | 59                      | 59              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)  | 0,026                   | 0,024           |
| Differens totalt (%)  | +4,1                    |                 |
|   |                         |                 |
| <b>Södra 2</b>  | <b>Maskin/beräkning</b> | <b>Kontroll</b> |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; regression)  | 3,223                   | 2,355           |
| Antal stammar (st)  | 54                      | 54              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)  | 0,060                   | 0,044           |
| Differens totalt (%)  | +36,9                   |                 |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; klavade DBH, större pri/medianvolym)                               | 2,895                   | 2,355           |
| Antal stammar (st)  | 54                      | 54              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)  | 0,054                   | 0,044           |
| Differens totalt (%)  | +22,9                   |                 |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; klavade DBH, större pri/medianvolym, identiska stammar samt antal) | 2,895                   | 2,621           |
| Antal stammar (st)  | 54                      | 54              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)  | 0,054                   | 0,049           |
| Differens totalt (%)  | +10,4                   |                 |

| <b>Södra 3</b>   | <b>Maskin/beräkning</b> | <b>Kontroll</b> |
|--|-------------------------|-----------------|
| Volym (m <sup>3</sup> fub; regression)   | 0,923                   | 1,833           |
| Antal stammar (st)   | 53                      | 56              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)   | 0,0174                  | 0,033           |
| Differens totalt (%)   | -49,7                   |                 |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; klavade DBH, större pri/medianvolym)                                    | 1,360                   | 1,833           |
| Antal stammar (st)   | 53                      | 56              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)   | 0,026                   | 0,033           |
| Differens totalt (%)   | -25,8                   |                 |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; klavade DBH, större pri/medianvolym, identiska stammar samt antal)      | 1,360                   | 1,287           |
| Antal stammar (st)   | 53                      | 53              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)   | 0,026                   | 0,024           |
| Differens totalt (%)   | +5,7                    |                 |
|  |                         |                 |
| <b>Sveaskog</b>  | <b>Maskin/beräkning</b> | <b>Kontroll</b> |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; regression)   | 1,571                   | 1,821           |
| Antal stammar (st)   | 60                      | 60              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)   | 0,026                   | 0,030           |
| Differens totalt (%)   | -13,7                   |                 |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; klavade ref.diam, större pri/medianvolym)                               | 1,959                   | 1,821           |
| Antal stammar (st)   | 60                      | 60              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)   | 0,033                   | 0,030           |
| Differens totalt (%)   | +7,6                    |                 |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; klavade ref.diam, större pri/medianvolym, identiska stammar samt antal) | 1,959                   | 1,971           |
| Antal stammar (st)   | 60                      | 60              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)   | 0,033                   | 0,033           |
| Differens totalt (%)   | -0,6                    |                 |
|  |                         |                 |
| <b>Korsnäs</b>   | <b>Maskin/beräkning</b> | <b>Kontroll</b> |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; regression)   | 2,112                   | 2,615           |
| Antal stammar (st)   | 59                      | 64              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)   | 0,036                   | 0,041           |
| Differens totalt (%)   | -19,2                   |                 |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; klavade ref.diam, större pri/medianvolym)                               | 2,214                   | 2,615           |
| Antal stammar (st)   | 59                      | 64              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)   | 0,038                   | 0,041           |
| Differens totalt (%)   | -15,3                   |                 |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; klavade ref.diam, större pri/medianvolym, identiska stammar samt antal) | 2,214                   | 2,394           |
| Antal stammar (st)   | 59                      | 59              |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)   | 0,038                   | 0,041           |
| Differens totalt (%)   | -7,5                    |                 |



| Stora Enso  | Maskin/beräkning       | Kontroll |
|---|------------------------|----------|
| Volym (m <sup>3</sup> fub; regression)  | Inga DBH i pri/display | 2,622    |
| Antal stammar (st)  | 48                     | 51       |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)  | ---                    | 0,051    |
| Differens totalt (%)  | ---                    |          |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; klavade DBH, större pri/medianvolym)                               | 2,816                  | 2,622    |
| Antal stammar (st)  | 48                     | 51       |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)  | 0,059                  | 0,051    |
| Differens totalt (%)  | +7,4                   |          |
| Volym (m <sup>3</sup> fub; klavade DBH, större pri/medianvolym, identiska stammar samt antal) | 2,816                  | 2,542    |
| Antal stammar (st)  | 48                     | 48       |
| Medelstam (m <sup>3</sup> fub)  | 0,059                  | 0,053    |
| Differens totalt (%)  | +10,8                  |          |



## Bilaga 3

Tabell 15.

Datorversioner för introduktion av flerträdshanterad data i pri-fil.

| Tillverkare | Datorversion       | Releasemånad  | Flerträdshanterad data i pri-fil |                  |          |            |                  |
|-------------|--------------------|---------------|----------------------------------|------------------|----------|------------|------------------|
|             |                    |               | DBH                              | Referensdiameter | Trädslag | Nettovolym | Stockbuntlängder |
| John Deere  | TimbermaticH 1.9.9 | Mars 2010     | X                                |                  | X        |            | X                |
| Dasa        | Cabs Win 1.8.2     | Juni 2011*    |                                  | X                | X        | X          | X                |
| Komatsu     | MaxiXplorer 1.4.7  | December 2009 |                                  |                  |          | X          | X                |
|             | MaxiXplorer 2.1    | December 2010 | X                                |                  | X        | X          | X                |
|             | MaxiXplorer 2.2    | Juni 2011*    | X                                | X                | X        | X          | X                |
| Ponsse      | OptiWin 4.710      | Maj 2011      | X                                |                  | X        | X          | X                |

\* Preliminärt datum för kommande datorversion.

Tabell 16.

Datorversioner för introduktion av flerträdshanterad data i prd-fil.

| Tillverkare | Datorversion         | Releasemånad  | Flerträdshanterad data i prd-fil |                          |                            |                                       |                         |                                    |
|-------------|----------------------|---------------|----------------------------------|--------------------------|----------------------------|---------------------------------------|-------------------------|------------------------------------|
|             |                      |               | Antal stammar                    | Antal stammar per förare | Antal stammar per trädslag | Antal stammar per trädslag och förare | Bunthanterad nettovolym | Bunthanterad nettovolym per förare |
| John Deere  | TimbermaticH 1.10.13 | Juni 2010     | X                                | X                        |                            |                                       | X                       | X                                  |
| Dasa        | Cabs Win 1.8         | Augusti 2010  |                                  | X                        |                            |                                       | X*                      |                                    |
| Komatsu     | MaxiXplorer 1.4.7    | December 2009 | X                                | X                        |                            |                                       | X                       | X                                  |
|             | MaxiXplorer 2.1      | December 2010 | X                                | X                        | X                          | X                                     | X                       | X                                  |
|             | MaxiXplorer 2.2      | Juni 2011**   | X                                | X                        | X                          | X                                     | X                       | X                                  |
| Ponsse      | OptiWin 4.710        | Maj 2011      | X                                | X                        | X                          | X                                     | X                       | X                                  |

\* Endast volym m3fpb.

\*\* Preliminärt datum för kommande datorversion.



## Arbetsrapporter från Skogforsk fr.o.m. 2010

| 2010   |   |
|--------|---|
| Nr 700 | Hannerz, M. & Cedergren, J. 2010. Attityder och kunskapsbehov – förädlat skogsodlingsmaterial. 56 s.  |
| Nr 701 | Rytter, R.M. 2010. Detektion av röta i bokved – resultat av måthöjd, riktning och tidpunkt. 10 s.   |
| NR 702 | Rosvall, O. & Lundström, A. 2010. Förädlingseffekter i Sveriges skogar - kompletterande scenarier till SKA-VB 08. 31 s.   |
| Nr 703 | von Hofsten, H. 2010. Skörd av stubbar – nuläge och utvecklingsbehov. 18 s.   |
| Nr 704 | Karlsson, O. & Nisserud, F. 2010. Utveckling av en dynamisk helfordonsmodell för skotare. 73 s.   |
| Nr 705 | Eliasson, L. & Johannesson, T. 2010. Förrojningens påverkan på grotskotning – En studie av produktivitet, ekonomi, grotkvalitet hos SCA skog. 9 s.  |
| Nr 706 | Rytter, L. & Stener L.G. 2010. Uthållig produktion av hybridasp efter skörd – Slutrapport 2010 för Energimyndighetens projekt 30346. 23 s.  |
| Nr 707 | Bergkvist, I. 2010. Utvärdering av radförbandsförsök anlagda mellan 1982-1984. 16 s.  |
| Nr 708 | Hannrup, B. & Jönsson, P. 2010. Utvärdering av sågmotorn F11-iP med avseende på uppkomsten av kapsprickor – en jämförande studie. 28 s.   |
| Nr 709 | Iwarsson Wide, M., Belbo, H. 2010. Jämförande studie av olika tekniker för skogsbränsleuttag i mycket klen skog Skogsbränsleuttag med Naarva-Gripen 1500-40E och Log Max 4000, Mellanskog, Simeå 28 s.  |
| Nr 710 | Englund, M., Löfroth, C. & Jönsson, P. 2010. Inblandning av rött ljus i LED-lampor – Laboratoriestudier av hur människor uppfattar tre olika ljusblandningar. 7 s.  |
| Nr 711 | Mullin, T.J., Hallander, J., Rosvall, O. & Andersson, B. 2010. Using simulation to optimise tree breeding programmes in Europe: an introduction to POPSIM™. 28 s.   |
| Nr 712 | Jönsson, P. 2010. Hydrauliskt dämpad hytt – ett lyft för arbetsmiljön? 14 s.  |
| Nr 713 | Eriksson, B. & Sonesson, J. 2010. Tredje generationen skogsbruksplaner – Slutrapport DElproj 4 – Arbetsgång vid planläggning. 23 s.   |
| Nr 714 | Sonesson, J. 2010. Nya arbetssätt i skogsbruksplanläggning. 20 s.   |
| Nr 715 | Eliasson, L. 2010. Huggbilar med lastväxarsystem. 13 s.   |
| Nr 716 | Eliasson, L. & Granlund P. 2010. Krossning av skogsbränsle med en stor kross – En studie av CBI 8400 hos Skellefteå Kraft. 6 s.   |
| Nr 717 | Stener, L.G. 2010. Tillyväxt, vitalitet och densitet för kloner av hybridasp och poppel i sydsvenska försök. 46 s.  |
| N 718  | Palmquist, C. & Sandberg, J. & Vibrationskomfort och ergonomi på förarstolar i skotare. 100 s.  |
| Nr 719 | Thor, M. 2010. Avverkning och hantering av virke och avverkningsrester vid angrepp av tallvedsnematoder i svensk skog. 42 s.  |
| Nr 720 | Fogdestam, N. 2010. Studier av Biotassu Griptilt S35 i gallring. 11 s.  |
| Nr 721 | Brunberg, T. 2010. Bränsleförbrukningen i skogsbruket. 12 s.  |
| Nr 722 | Brunberg, T. 2010. Rätt begrepp. 25 s.  |
| Nr 723 | Löfroth, C. & Svenson, G. 2010. ETT – modulsystem för skogstransporter – Delrapport för de två första åren. 130 s.  |
| Nr 724 | Rytter, L. & Lundmark, T. 2010. Slutrapport för Energimyndighetens projekt 30658. Trädslagsförsök med inriktning på massproduktion. – Tree species trial with emphasis on biomass production. 24 s.   |
| Nr 725 | Rytter, R.M. & Högbom, L. 2010. Slutrapport för Energimyndighetens Projekt 30659. Markkemi och fastläggning av C och N i produktionsinriktade bestånd med snabbväxande trädslag – Soil chemistry and C and N sequestration in plantations with fast-growing tree species. 64 s. |

|             |  |
|-------------|--|
| Nr 726      | Brunberg, T., Eliasson, L. & Lundström, H. 2010. Skotning av färsk och hyggestorkad grot. 15 s.  |
| Nr 727      | Enström, J. 2010. Inlandsbanans potential i Sveriges skogsbränsleförsörjning. 34 s.  |
| Nr 728      | Häggström, C. & Thor, M. 2010. Human factors in forest harvester operation. 25 s.  |
| Nr 729      | Westlund, K. 2010. WP-5100 Alternative logistics concepts fitting different wood supply situations and markets. 50 s.  |
| Nr 730      | von Hofsten, H. Jämförelse mellan CeDe stubbrytare och Pallari 140. 9 s.   |
| Nr 731      | Berg, R., Bergkvist, I., Lindén, M., Lomander, A., Ring, E. & Simonsson, P. Förslag till en gemensam policy angående körskador på skogsmark för svenskt skogsbruk 18 s.  |
| Nr 732      | Jönsson, P. 2010. Stolar och armstöd – Ergonomisk granskning enligt European ergonomic and safety guidelines for forest machines. 37 s.  |
| <b>2011</b> |  |
| Nr 733      | Rytter, L., Johansson, T., Karačić, A., Weih, M. m.fl. 2011. Orienterande studie om ett svenskt forskningsprogram för poppel. 210 s.   |
| Nr 734      | Hannerz, M. & Fries, C. 2011. Användningen av webbtjänsterna Kunskap Direkt och Skogsskötselserien. – En enkätundersökning bland skogsbrukets fältpersonal. 48 s.  |
| Nr 735      | Andersson, M. & Berglund, A. 2011. Test av pekskärmsmobiler. 22 s.   |
| Nr 736      | Löfgren, B., Englund, M., Fogdestam, N., Jönsson, P., Lundström, L. & Wästerlund, I. 2011. Spår djup och vibrationer för banddrivna skotare Lightlogg C och ProSilva. 32 s.  |
| Nr 737      | Brunberg, T. 2011. Studie av flerträdshantering i slutavverkning med John Deere 1470D hos SCA Skog hösten 2010.  |
| Nr 738      | Fogdestam, N. & Lundström, H. 2011. Studier av Offset Crane Concept, OCC hos Kjellbergs Logistik & Teknik i Hällefors. 15. S.  |
| Nr 739      | Rosvall, O. 2011.  |
| Nr 740      | Iwarsson Wide, M. & Fogdestam, N. 2011. Jämförande studie av olika uttagsmetoder av massaved och skogsbränsle i klen gallring. – Energived- och massavedsuttag med LOG MAX 4000B, Stora Enso Skog, Dalarna. 45 s.                                      |
| Nr 741      | Brunberg, T. 2011. Uppföljning av utbildningseffekten hos maskinlag hos SCA Skog AB 2010. 8 s.   |
| Nr 742      | Hannrup, B., Andersson, M., Bhuiyan, N., Wikgren, E., Simu, J., Skog, J. 2011. Vinnova_Slutrapport_P34138-1_101221. – Slutrapport för projekt ”Beröringsfri diametermätning i skördare – utveckling av mätsystem och tester i produktionsmiljö”. 84 s. |
| Nr 743      | Åström, H. 2011. Förbättring av arbetsförhållande i skördare. Improvement of working conditions in harvester. 126 s.   |
| Nr 744      | Cheng, C. 2011. Forwarder. Modellering av åkkomforten i en skotare. Modeling the Ride Comfort of a 93 s.   |
| Nr 745      | Jonsson, J. 2011. Dynamisk däckmodellering och markinteraktion för skogsmaskiner. Dynamic tire modeling and soil interaction regarding forestry machines. 52 s.  |
| Nr 746      | Grönqvist, D. 2011. Konzeptutveckling av hybriddrivlina för skogsmaskiner. Concept development of a hybrid powertrain for forest machines. 180 s.  |
| Nr 747      | Bhuiyan, N., Arlinger, J. & Möller J.J. 2011. Utveckling och utvärdering av en standardiserad metod för volymbestämning och stamräkning vid avverkning med flerträdshanterande skördaraggregat. 34 s.  |