



SKOGSMÄSTARPROGRAMMET
Examensarbete 2013:18

Förbättrar en kvalitetssäkring skördarens dimensionsmätning?

*Does a quality control improve the harvester
measuring?*



Gustaf Aldén

Examensarbete i skogshushållning, 15 hp
Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet 2013:18
SLU-Skogsmästarskolan
Box 43
739 21 SKINNSKATTEBERG
Tel: 0222-349 50

Förbättrar en kvalitetssäkring skördarens dimensionsmätning?

Does a quality control improve the harvester measuring?

Gustaf Aldén

Handledare: Torbjörn Valund, SLU Skogsmästarskolan

Examinator: Eric Sundstedt, SLU Skogsmästarskolan

Omfattning: 15 hp

Nivå och fördjupning: Grundnivå med minst 60 hp kurs/er på grundnivå som förkunskapskrav

Kurstitel: Kandidatarbete i Skogshushållning

Kurskod: EX0624

Program/utbildning: Skogsmästarprogrammet

Utgivningsort: Skinnskatteberg

Utgivningsår: 2013

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

Serienamn: Examensarbete /SLU, Skogsmästarprogrammet

Serienummer: 2013:18

Nyckelord: skördarmätning, skogsmaskinteknik och skördare



Sveriges lantbruksuniversitet
Skogsvetenskapliga fakulteten
Skogsmästarskolan

FÖRORD

Detta examensarbete är ett kandidatarbete i skogshushållning. Arbetet omfattar 15 högskolepoäng vid Skogsmästarskolan, Sveriges lantbruksuniversitet i Skinnskatteberg.

Att mitt examensarbete kom att handla om maskinteknik är föga förvånande. Från mitt tidigare yrke som förare av skördare och skotare har jag utvecklat ett intresse för dessa maskiner. Därför kan jag inte vara annat än tacksam när chansen gavs att göra denna studie.

Att detta examensarbete över huvud taget blev av är till stor del Stefan Ericssons förtjänst. Tack Stefan för alla idéer, råd och hänvisningar, men framför allt för ditt tålamod.

Tack Torbjörn Valund, utan dig hade inte alla tankar och resultat kommit ut i denna rapport.

Stort tack, även det de skogsentreprenörer som bidragit med sin tid och sina maskiner.

Hedåker, september 2013

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | |
|--|-----|
| FÖRORD | iii |
| INNEHÅLLSFÖRTECKNING..... | v |
| 1. ABSTRACT..... | 1 |
| 2. INLEDNING..... | 3 |
| 2.1 Historik..... | 3 |
| 2.2 Tekniker för dagens dimensionsmätning..... | 3 |
| 2.3 Skördarens dimensionsmätning..... | 4 |
| 2.4 Vederlagsmätning..... | 5 |
| 2.5 Nya affärsformer | 6 |
| 2.6 Kvalitetssäkring av längd- och diamettermätning med skördare | 6 |
| 2.7 Driftsättning av kvalitetssäkring..... | 7 |
| 2.8 Intern kvalitetssäkring inom AB Karl Hedin | 9 |
| 2.9 Syfte..... | 9 |
| 3. MATERIAL OCH METODER | 11 |
| 3.1. Metoden..... | 11 |
| 3.2. Dataklaven..... | 12 |
| 3.3. Skördarna | 12 |
| 3.4. Datorprogrammen..... | 13 |
| 4. RESULTAT | 15 |
| 4.1 Diameter..... | 15 |
| 4.2 Längd | 17 |
| 4.3 Revision | 19 |
| 5. DISKUSSION | 21 |
| 5.1 Diameter..... | 21 |
| 5.2 Längd | 21 |
| 5.3 Revisionen..... | 22 |
| 5.4 Förarens inverkan på resultatet..... | 22 |
| 5.5 Felkällor..... | 22 |
| 5.6 Gamla förhoppningar och nya mål..... | 23 |
| 5.7 Effekter av bättre dimensionsmätning..... | 23 |
| 5.7.1 Volymsutbyte | 23 |
| 5.7.2 Informationsflöde..... | 24 |
| 6. SAMMANFATTNING | 25 |
| 7. REFERENSLISTA | 27 |
| Publikationer | 27 |

| | |
|---|----|
| Internetdokument..... | 28 |
| BILAGA 1 - revisionen i sin helhet..... | 31 |

1. ABSTRACT

In this study it was investigated if the adoption of a new routine for quality control could improve the precision of the dimension measurement obtained by harvesters. Data was collected from three different harvesters. First, a reference data set was collected before the new procedures had been incorporated, and then when the new methodology was implemented another data set was collected by the harvester operators, allowing the two data set to be compared.

The results indicated that following the implementation of the new procedures, the reliability and the precision of the measurements has increased.

All harvesters included in the study had improved regarding most of the controlled factors such as standard deviation, systematic difference and hit rate within ± 2 cm for length and ± 4 mm for diameter.

2. INLEDNING

2.1 Historik

När skogsbruket mekaniserades under 1960- och 70-talen var maskinernas dimensionsmätning mycket primitiv, om den ens existerade. De allra första maskinerna som användes för aptering av timmer var kapverk som ställdes upp vid avlägg i skogen. Timret lunnades ut som helstammar till avlägget där aptering skedde. Till sin hjälp för längdmätningen hade operatören av kapverket en längdskalla på kapverkets glidbana. Timrets position i förhållande längdskalan bestämdes okulärt. Mätnoggrannheten var inte bra, främst på grund av operatörens dåliga sikt.

I och med processorernas och senare tvågreppsskördarnas intåg i skogsbruket utvecklades mättekniken. Till en början användes analoga instrument som för längdmätningens del byggde på ett löphjul som låg an mot stammen. I mät hjulet satt en elektrisk pulsgivare som sände signaler till ett analogt räkneverk. Vad det gällde diametern mätes den med hjälp av elektriska sensorer som satt kopplade till kvistknivarna eller dess hydraulcylindrar. Mätinstrumenten var inte särskilt tillförlitliga och dessutom att de var svåra att kalibrera (Elmia Classics, 2012, Länk D).

Det var först när datorn och den digitala tekniken kom till skogen som mätnoggrannheten fick sig ett uppsving. Metoderna som användes för att mäta virkets längd och diameter var densamma men noggrannheten förbättrades. Detta berodde främst på att dessa lättare gick att kalibrera (Elmia Classics, 2012, Länk C).

I och med digitaliseringen av skördarna i slutet av 1980-talet, kom även de första apteringsdatorerna. Dessa var dock mycket enkla i jämförelse med dagens. Oftast hade föraren ett antal längder att välja på, som sedan maskinen på kommando automatiskt matade fram till. Någon större värdeaptering var det inte tal om. Att värdeaptera innebär att apteringsdatorn, utifrån en given prislista, alltid försöker aptera de längder som ger mest betalt, så att värdet av den givna stammen blir så hög som möjligt. Till skillnad från fördelningsaptering där apteringsdatorn strävar efter fördela stockarnas längder utifrån en förutbestämd fördelning.

Varefter utvecklingen framskred automatiserades hela apteringen och så småningom hade man datorer som kunna värdeaptera automatiskt utifrån en given prislista.

2.2 Tekniker för dagens dimensionsmätning.

Trots att utvecklingen har gått framåt används idag samma metoder för att dimensions mäta virket, alltså med löphjul för att mäta längd och med kvistknivar eller matarhjul för att mäta diameter. Det som principiellt skiljer dessa två metoder åt är att kvistknivsmetoden ger tre mätpunkter medan

matarhjulsmetoden bara ger två mätpunkter. Av dessa två metoder har det visat sig att trepunktsmetoden är den som ger bäst måttnoggrannhet. Maskiner med aggregat som använder sig av två mätpunkter har generellt svårare att klara en kvalitetssäkring än de som använder tre mätpunkter, oavsett om trepunktsmätningen sker med matarhjulen eller kvistknivarna. Det som de aggregat som använder tvåpunktmätning främst har problem med är att mäta stammar som har en något oval form (Stefan Ericsson, produktionsledare, AB Karl Hedin, personlig kommunikation 2012-10-01).

Det finns idag inte skördaraggregat som mäter direkt dåligt, även om mindre variationer mellan olika fabrikat självklart finns. Det finns inte heller längre apteringsdatorer som gör direkt felaktiga beräkningar. De största felen som idag uppstår är systematiska och beror på den mänskliga faktorn. Det vill säga att maskinerna inte är sköta och kalibrerade efter ordning. Sedan även mekaniska fel som uppstår när något går sönder. Dessa är dock oftast snabbt åtgärdade och i sammanhanget inget större problem. (Stefan Ericsson, produktionsledare, AB Karl Hedin, personlig kommunikation 2012-10-01).

En annan stor skillnad mellan dagens och gårdagens dimensionsmätning med skördare är att dagens apteringsdatorer är betydligt kraftfullare och långt mer automatiserade än tidigare. Dagens apteringsdatorer klarar både av att fördelningssaptera och värdeaptera (Malinen & Palander, 2004)

2.3 Skördarens dimensionsmätning

Under engreppsskördarnas stora intåg i skogsbruket under mitten av 1990-talet, fanns en målbild med ett operativt krav där 90 % av längdmåtten skulle ligga inom 5 centimeters spridning för sågtimmer och 90 % av diametermåttarna skulle ligga inom ± 4 mm för sågtimmer och ± 6 mm för toppbitarna (von Essen & Sondell, 1996). Dessa jämförs med dagens krav i tabell 2.1.

Tabell 2.1. Jämförelse mellan det operativa mål som fanns år 1996 och de krav som finns i dagens kvalitetssäkring.

| Längd | | | |
|-----------------------|-----------|------------|----------|
| | Sortiment | Spridning | Kravnivå |
| Operativt mål 1996 | Alla | ± 5 cm | 90 % |
| Kvalitetssäkring 2012 | Alla | ± 2 cm | 60 % |
| Diameter | | | |
| | Sortiment | Spridning | Kravnivå |
| Operativt mål 1996 | Sågtimmer | ± 4 mm | 90 % |
| Operativt mål 1996 | Massaved | ± 6 mm | 90 % |
| Kvalitetssäkring 2012 | Alla | ± 2 mm | 60 % |

Även om utvecklingen har gått framåt så kan skördarens mätning av virket än idag variera en del mellan olika fabriker och det är en bit kvar till de mål som finns, främst när det gäller diametermätningen (Möller, 2007).

I nuläget pågår en utveckling mot beröringsfria mätmetoder för skördarnas dimensionsmätning. Här prövas tekniker som mikrovågsdopplermätning för att stammens längd. Denna teknik bygger på att mikrovågor skickas mot stammens mantelyta. Man mäter sedan hur mikrovågorna reflekteras mot stammen. Reflektionen påverkas av stammens matningshastighet. Med hjälp av reflektionen kan ett mått på utmattad längd erhållas. För diametermätning har mätning med hjälp av lasertriangulering prövats. Denna mätprincip bygger på att laserljus sänds ut. Detta ljus reflekteras sedan mot stammen och kan fångas med en bildsensor. Utifrån denna ljusbild kan stammen diameter sedan beräknas (Andersson m.fl. 2008). Dessa försök ger gott hopp om att skördarnas dimensionsmätning skall kunna bli bättre i framtiden. Det bör understryckas att försöken är just försök och metoderna inte har provats i praktisk drift.

En bra dimensionsmätning hos skördaren möjliggör en bättre aptering överlag (Möller 1998). Med en exaktare dimensionsmätning skulle även råvaruåtgången kunna minska eftersom det övermått som läggs till vid apteringen i skogen skulle kunna minskas. Informationen från skördaren är dessutom den första i flödeskedjan in mot sågverket, massabruket eller värmeverket. Om den första informationen i denna flödeskedja är tillförlitlig kan det vara till stor nytta i logistikplaneringen (Möller, 1998).

2.4 Vederlagsmätning

Med en väl fungerande skördarmätning skulle även skördarens dimensionsmätning kunna användas som underlag för betalning mellan parterna i en virkesaffär, så kallad vederlagsmätning (Möller & Sondell, 2003). Om skördarens dimensionsmätning används som vederlagsmätning behövs inte virket mätas i mätstationen vid industrin. Eftersom mätstationen ofta är en flaskhals i ett sågverks interna flöde, skulle avvarandet av vederlagsmätningen vid industrin betydligt kunna effektivisera hela det interna flödet. Det är även en fördel för både säljare och köpare i en virkesaffär, att få ett snabbt avslut på affären. Att avsluta en virkesaffär kan idag dra ut på tiden beroende på att någon del av en avverkad volym ibland kan bli liggande kvar vid skogsbilvägen eller framför mätstationen långa perioder. Då kan inte affären avslutas eftersom att hela volymen då inte har blivit inmätt. Om skördarens mätning användes för vederlagsmätning, skulle affären i princip kunna avslutas när skördaren har upparbetat den sista stammen inom avverkningen.

I Sverige förekommer det bara undantagsvis att skördarnas dimensionsmätning används som underlag för betalning. Bland andra före detta WEDA skog har använt sig av detta i affärer med Västerås stift. Även Sveaskog och StoraEnso har gjort virkesaffärer med skördarmätning som vederlag. (Möller & Sondell, 2003). I Finland däremot sker det rutinmässigt att skördarmätningen utgör underlaget för

betalning till skogsägaren. Hela 80 % av det avverkade volymen betalas där med skördarmätning som vederlag (Möller & Sondell, 2003).

2.5 Nya affärsformer

Tillförlitliga data från skördarens mätning skapar även möjligheter för nya affärsformer inom skogsbruket. Stamprissättning är en sådan möjlig framtida affärsform. I stamprissättningen får varje stam inom en avverkning ett pris utifrån dess brösthöjdsdiameter (DBH) och ett kvalitetsindex. Kvalitetsindexet skulle i detta fall kunna bestämmas utifrån egenskaper som ålder, kvistdiameter, friskkvistandel, densitet eller vilka andra egenskaper som anses vara kvalitetsrelaterade. Stammens brösthöjdsdiameter kan hämtas från skördarens mätningar. Därefter sammanställs hur stor volym som finns i varje brösthöjdsdiameterklass och säljaren får betalt efter den volymen.

Eftersom att säljaren i denna affärsform får betalt efter stammens egenskaper och inte apterade timrets egenskaper, är upp till köparen att aptera stammen som denne vill. Apteringen kan då ske utan att hänsyn behöver tas till vilket sortiment som är mest lönsamt för skogsägaren, utan den köpande parten kan aptera stammen på det sätt som passar den egna industrin eller de egna kunderna bäst. (Möller m.fl. 2005).

| DBH-klass | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 | 220 | 240 | 260 | 280 | 300 | 320 | 340 | 360 | 380 | 400 | 420 | 440 | 460 | 480 | 500 | 520 | 540 | 560 | 580 | 600 |
|-----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Tall | 255 | 255 | 255 | 255 | 285 | 310 | 315 | 325 | 345 | 350 | 365 | 370 | 390 | 400 | 405 | 415 | 425 | 430 | 435 | 435 | 435 | 435 | 435 | 435 | 435 | 435 | 435 |
| Gran | 255 | 255 | 255 | 265 | 285 | 325 | 345 | 380 | 405 | 410 | 425 | 440 | 445 | 450 | 465 | 470 | 470 | 470 | 470 | 455 | 440 | 435 | 425 | 405 | 400 | 390 | 380 |

Figur 2.1 Exempel på hur en stamprislista skulle kunna se ut (Möller m.fl. 2005).

Sveaskog använder idag affärsformen stamprissättning i sin verksamhet. Svårigheterna med affärsformen uppges vara att hitta korrekt kvalitetsindexet, vilket i sin tur kan leda till att man inte hittar en korrekt prissättning. Man upplever även att det kan vara svårt för säljaren att förstå hur denna affärsform är uppbyggd. Affärsformen anges dock fungera lika bra i gallring som i slutavverkning, men att det blir problem om beståndet som skall avverkas innehåller mycket lövträd. Detta eftersom att skördarens mätdata då blir mindre tillförlitliga, då kvalitetssäkringen enbart omfattar tall och gran. I övrigt upplevs stamprissättning vara en snabb och enkel affärsform att arbeta med (Ulf Jonsson, produktionstekniker, Sveaskog AB, personlig kommunikation, 2012-03-08).

Även Södra Skogsägarna har under 2012 börjat använda sig av stamprissättning som en affärsform mot sina medlemmar. Även hos Södra anges korta ledtider och god precision vara fördelar med affärsformen (Södra skogsägarna, 2012, Länk E)

2.6 Kvalitetssäkring av längd- och diamettermätning med skördare

För att kunna säkerställa att skördarnas dimensionsmätning gav tillförlitliga och säkra data introducerade Virkesmätningföreningarna, i början av 2007, en instruktion för kvalitetssäkring av längd- och diamettermätning med skördare

(SDC, 2012, Länk A). Principen i denna instruktion bygger på en arbetsmetod där maskinförarna själva skall kontrollmäta de stammar som apteringsdatorn slumpar ut. Kontrollmätningen skall göras med dataklave och minst en kontrollmätning per arbetsskift (åtta timmar) skall utföras.

Flera stora skogsbolag i Sverige arbetar idag i någon form med denna kvalitetssäkring, däribland Sveaskog AB och Södra Skogsägarna. Idag är cirka 160 skördare i landet certifierade för kvalitetssäkrad längd och diametermätning av Virkesmätningföreningarna (Lars Henriksson, verksamhetsspecialist, SDC, personlig Kommunikation 2012-03-09).

2.7 Driftsättning av kvalitetssäkring

I samband med att kvalitetssäkringen driftsätts besöker en revisor från VMF arbetslaget. Revisorn utbildar och instruerar maskinförarna i dataklavens, mjukvarornas och maskinens funktioner. Efter att driftsättningen genomförts, kontrollmäter arbetslaget en stam per skift. Vid dagens slut skickas kontrollfilerna (ktr) tillsammans med produktionsfilerna (prd) elektroniskt till Skogsbrukets datacentral (SDC). Från SDC:s internetportal kan sedan revisorn sedan se resultatet av förarnas mätningar och därigenom även se hur skördaren mäter. En viktig detalj i dessa rutiner är att maskinföraren inte kan se stammarnas dimensioner i dataklaven under tiden de klavas och på så vis undviks att förarna söker sig mot "rätt" mått enligt klaven, även om det inte är det verkliga.

När sedan maskinen uppnår de nivåer av noggrannhet som finns redovisade i tabell 2.2 blir den godkänd och anses då vara kvalitetssäkrad. Den kan även godkännas direkt vid driftsättningen om den redan då uppfyller kraven. Om resultatet sedan sjunker under larmnivåerna måste åtgärder vidtas för att höja resultatet.

Tabell 2.2 Larmnivåer för kvalitetssäkrad skördarmätning. Avvikelseerna gäller för differensen mellan mätningarna som skördaren (M1) och förarna (M2) har gjort.

| Nyckeltal | Larmnivå | Stor avvikelse |
|------------------------------------|------------|----------------|
| Diameter på bark | | |
| Systematisk avvikelse | ± 3,0 mm | ± 4,5 mm |
| Andel mätningar inom ± 4 mm | min 50 % | min 35 % |
| Andel mätningar med > 20 avvikelse | max 5 % | max 7,5 % |
| Standardavvikelse | max 7,0 mm | max 9,0 mm |
| Stocklängd | | |
| Systematisk avvikelse | ± 2,0 mm | ± 3,0 cm |
| Andel mätningar inom ± 2 cm | min 60 % | min 40 % |
| Andel mätningar med > 20 avvikelse | max 5 % | max 7,5 % |
| Standardavvikelse | max 3,0 cm | max 4,5 cm |
| Frekvenser | | |
| Frekvenser kontrollstammar | min 0,1 % | min 0,07 % |
| Andel avvisade kontrollstammar | max 5 % | |

Källa: Instruktion för kvalitetssäkring av längd- och diamettermätning med skördare. (Länk A, SDC)

Efter att maskinen har blivit driftsatt och godkänd gör revisorn cirka två fältbesök om året vid maskinlaget. Under detta fältbesök kontrollmäter revisorn de stammar som maskinförarna mätt på avverkningsplatsen. Detta görs för att säkerställa att maskinförarna hanterar klaven enligt den givna instruktionen (Möller m.fl. 2010). Skillnaden mellan revisorns och maskinförarnas mätningar får inte vara större än vad som anges i tabell 2.3.

Tabell 2.3 Högsta tillåtna avvikelser mellan maskinförarens (M2) och revisorns (M3) mätningar.

| Nyckeltal | Förare – Revisor |
|-----------------------------|------------------|
| Diameter på bark | |
| Systematisk avvikelse | ± 2,0 mm |
| Andel mätningar inom ± 4 mm | min 80 % |
| Standardavvikelse | max 3,0 mm |
| Stocklängd | |
| Systematisk avvikelse | ± 1,2 cm |
| Andel mätningar inom ± 2 cm | min 90 % |
| Standardavvikelse | max 2,0 cm |

Källa: Instruktion för kvalitetssäkring av längd- och diamettermätning med skördare.

Det kan vara värt att notera att alla mätningar görs på bark även om handelsmättet alltid är under bark (m^3_{fub} eller m^3_{to}). Detta eftersom kontrollmätningarna skall utvärdera hur maskinen mäter och inte hur datorn beräknar. Eftersom diametern under bark beräknas av apteringsdatorn med hjälp av barkfunktioner, skall virket mätas på bark.

I och med maskinlagets dagliga insändning av kontrollfiler så skapas ett ständigt informationsflöde mellan maskinlaget och dess revisor. I detta flöde kan skördarens (M1) mätningar kontinuerligt jämföras med förarnas (M2) mätningar. Förarnas mätningar (M2) kvalitetssäkras sedan genom revisorns (M3) mätningar. För att detta system skall vara tillförlitligt krävs att informationsflödet M1-M2-M3 är kontinuerligt.

2.8 Intern kvalitetssäkring inom AB Karl Hedin

Under 2012 kommer AB Karl Hedin att genomföra en intern kvalitetssäkring av sina entreprenörer. Syftet med denna kvalitetssäkring är att man internt skall få bättre kontroll över skördarnas mätning och lägga mer fokus på frågan. Genom bättre dimensionsmätning av skördarna hoppas man kunna få en bättre logistikplanering, bättre aptering och att eventuellt kunna använda skördarens dimensionsmätning som underlag för entreprenörens ersättning (Stefan Ericsson, produktionsledare, AB Karl Hedin, personlig kommunikation, 2012-04-11). Syftet med denna kvalitetssäkring är inte att kunna använda skördarens dimensionsmätning som underlag för leverantörsbetalning, för detta krävs att VMF kvalitetssäkrar maskinen.

I den interna kvalitetssäkringen kommer en av AB Karl Hedins produktionsledare att fungera som revisor enligt VMF:s instruktion. En annan skillnad mellan den interna kvalitetssäkringen och VMF:s instruktion är att kravet på 60 % av längdmåtten skall vara inom ± 2 cm skärps till 70 % (Stefan Ericsson, produktionsledare, AB Karl Hedin, personlig kommunikation, 2012-04-11). I övrigt används samma larmnivåer som VMF: instruktion.

2.9 Syfte

Syftet med detta examensarbete är att undersöka om skördarens dimensionsmätning av virket blir bättre i samband med att mätningen kvalitetssäkras. Det bör understrykas att syftet med denna studie inte är att jämföra olika maskinfabrikat, modeller eller förare, utan enbart att jämföra skördarnas mätningstatus före och efter driftsättandet av en kvalitetssäkring.

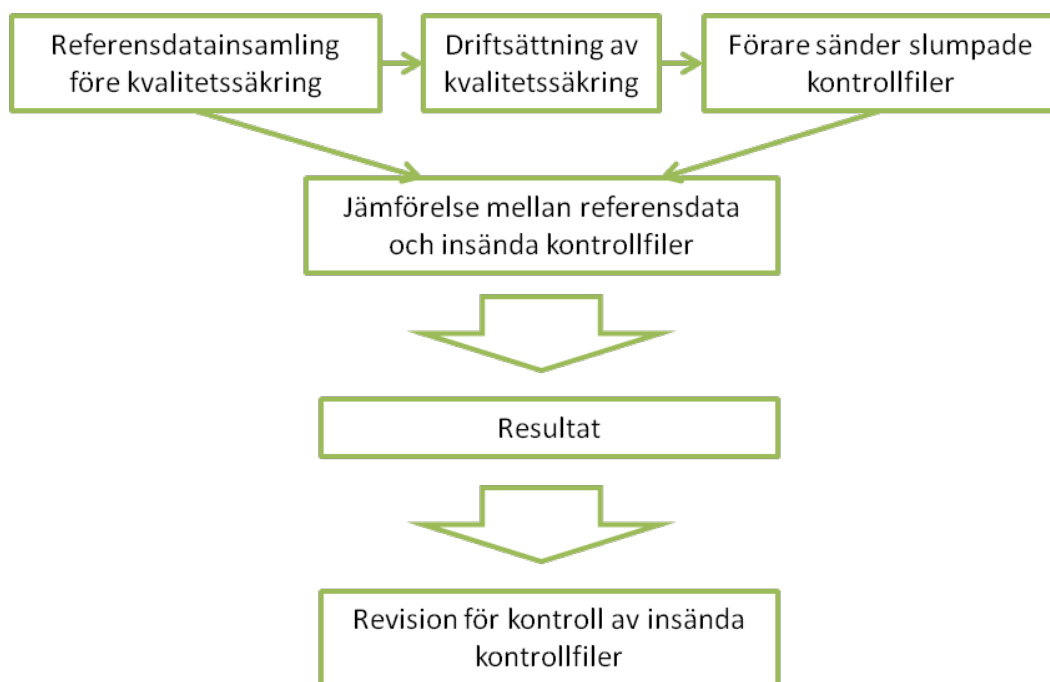
3. MATERIAL OCH METODER

3.1. Metoden

Metoden som användes för referensdatainsamlingen liknar den som beskrivs i SDC:s instruktion för virkesmätning med skördare (länk A). Denna referensdatamätning skulle alltså kunna sägas vara en skördarens mätning (M1) och förarens mätning (M2) mätning där skördarens mätning kontrollmätts av förare med hjälp av dataklave.

När apteringsdatorn valt en kontrollstam upparbetas den stammen. Föraren får veta att stammen skall kontrollmätas först när första stocken skall kapas. Detta för att föraren inte skall kunna välja en finare stam än medelkvaliteten i beståndet och på så vis få ett för beståndet missvisande bra resultat. När hela stammen har upparbetats sänder apteringsdatorn en stamfil (stm) till dataklaven. Därefter klavar föraren stammen. I dataklaven skapas då en kontrollfil (ktr) som kan sändas till apteringsdatorn eller som vid denna referensdatainsamling, till en vanlig PC.

Apteringsdatorns slumpgenerator ställdes under referensdatainsamlandet på en frekvens av 1:3. Frekvensen 1:3 valdes för att kunna göra mätningarna inom en rimlig tidsram och ändå få ett urval som var valt av apteringsdatorns slumpgenerator. Detta gjorde att varje maskin bara behövde besökas tre till fyra gånger i fält. Storleken på referensdata var satt till minst 200 diametermått och minst 50 längdmått per trädslag och maskin.



Figur 3.1. Arbetsgång för den metod som används vid denna studie.

När maskinerna sedan är driftsatta kommer förarna kontinuerligt att skicka kontrollfiler för de stammar som de själva har kontrollmätt. Dessa av förarna

mäta filer kommer att jämföras med de referensdata som är insamlade innan driftsättningen. Denna analys kommer göras när minst 50 längdmått och minst 15 diametermått har skickats in från förarna. Just denna mängd insända kontrollstammar är rekommenderade i SDC:s instruktion. För att säkerställa att förarnas handhavande med klaven kommer även en revision att ske i denna undersökning.

Jämförelsen mellan indata och de förarmäta stammarna kommer ske efter de parametrar som finns redovisade i tabell 3.1

Tabell 3.1. Parametrar utifrån vilka indata och förarmätta stammar kommer att jämföras.

| Gran | Tall |
|--|--|
| Systematisk avvikelse, diameter | Systematisk avvikelse, diameter |
| Systematisk avvikelse, längd | Systematisk avvikelse, längd |
| Standardavvikelse, diameter | Standardavvikelse, diameter |
| Standardavvikelse, längd | Standardavvikelse, längd |
| Andel i träffprocent inom +/- 2 cm på längd | Andel i träffprocent inom +/- 2 cm på längd |
| Andel i träffprocent inom +/- 4 mm på diameter | Andel i träffprocent inom +/- 4 mm på diameter |

3.2. Dataklaven

Den dataklave som användes under studien vara en Haglöf Digitech.

Programvaran som användes var Skalman 6.7.

För att minska antalet felkällor i studien användes samma klave vid alla mätningar. Innan några mätningar utfördes kontrollerades att klaven var kalibrerad.

3.3. Skördarna

I denna studie ingick fyra skördare. Dessa redovisas i tabell 3.2.

När skördarna som skulle delta i studien skulle väljas ut bland AB Karl Hedins entreprenörer, gjordes detta efter följande krav:

- Maskinerna skulle ha stor geografisk spridning inom AB Karl Hedins verksamhetsområde, detta för att täcka in olika typer av skog.
- Maskinerna skulle ha en apteringsdator som kunde hantera slumpade stammar.
- Maskinerna skulle i huvudsak arbeta med slutavverkning, alternativt allroundmaskiner sysselsatta med mellan gallring och slutavverkning.
- Alla maskiner skulle om möjligt vara av olika maskinfabrikat.
- Maskinerna skulle inte tidigare vara kvalitetssäkrade av VMF.

Tabell 3.2. Skördare som ingick i studien.

| Maskin nummer | Maskinfabrikat (modell) | Aggregat | Apteringsdator (version) |
|---------------|-------------------------|----------|--------------------------|
| 1 | John Deere (1470) | H480 | Timbermatic 300 (2.9.5) |
| 2 | John Deere (1270) | H754 | Timbermatic 300 (2.11.2) |
| 3 | Ponsse (Bear) | H8 | Optiwin 4G (4.705) |
| 4 | Valmet (901.1) | SP 561 | Maxi Aptman (4.6.8) |

3.4. Datorprogrammen

Under denna undersökning har tre programvaror använts.

Den första var WinDP, programversion 1.4.19. Detta program användes för att kunna föra över kontrollfilerna från dataklaven till persondatorn. Programmet är utarbetat av Haglöf Sweden AB.

Det andra programmet var KtrAnalysis, programversion 0.03. Programmet användes för att kunna analysera de insamlade referensdata. Programmet finns att ladda ner från SkogForsks hemsida.

Det tredje programmet som använt under denna studie är SDC:s program Kvalitetssäkring skördare. Detta program går att nå via SDC:s webbportal ViolWebb med inloggningsuppgifter och licenser från SDC, vilket AB Karl Hedin under denna studie har tillhandhållit. Programmet har använts för att analysera de kontrolstammar som maskinförarna sänt in.

4. RESULTAT

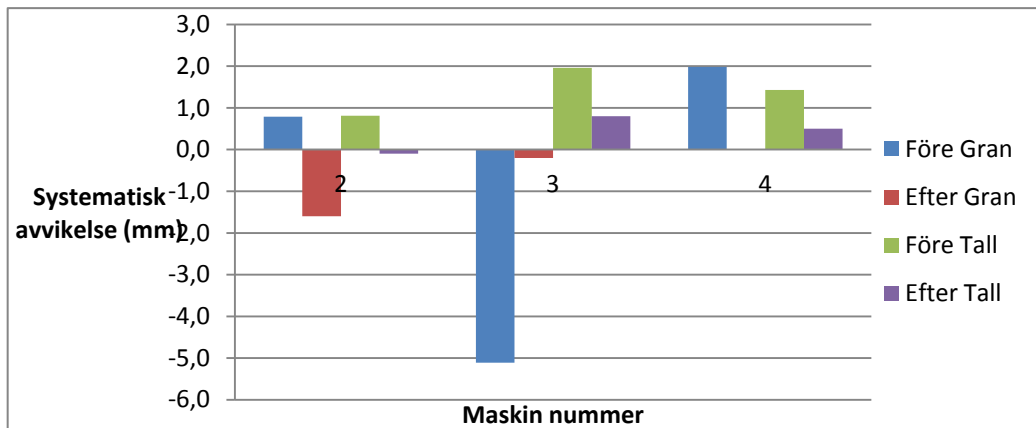
I detta kapitel behandlas resultaten av de mätningar som utfördes inom ramen för denna studie. På grund av yttre omständigheter har inte maskin nummer ett kunnat delta i studien till fullo och därför har data från den maskinen utelämnats.

4.1 Diameter

Som tabell 4.1 visar har två av de tre maskiner som ingick i studien fått en bättre diametermätning efter att kvalitetssäkringen driftsatts. Störst förbättring har maskin tre uppvisat, den hade dock sämst mätning innan. Vad gäller maskin nummer fyra har dess förbättring inte varit så stor. Dess mätning var dock inom de godkända larmnivåerna redan innan studien startade, så förbättringspotentialen var inte lika stor som för maskin tre. Vad gäller maskinnummer två, har även den förbättrat sina mätresultat på tall medan det på gran har skett en försämring. Dock hade även maskin nummer två på många punkter en godkänd nivå innan studien startade. I figur 4.1 visas närmare hur de olika maskinernas systematiska avvikelse på diametern har förändras under studiens gång.

Tabell 4.1. Resultatet av diametermätningarna som gjort på gran, före respektive efter att arbetsmetoden med kvalitetssäkring driftsatts.

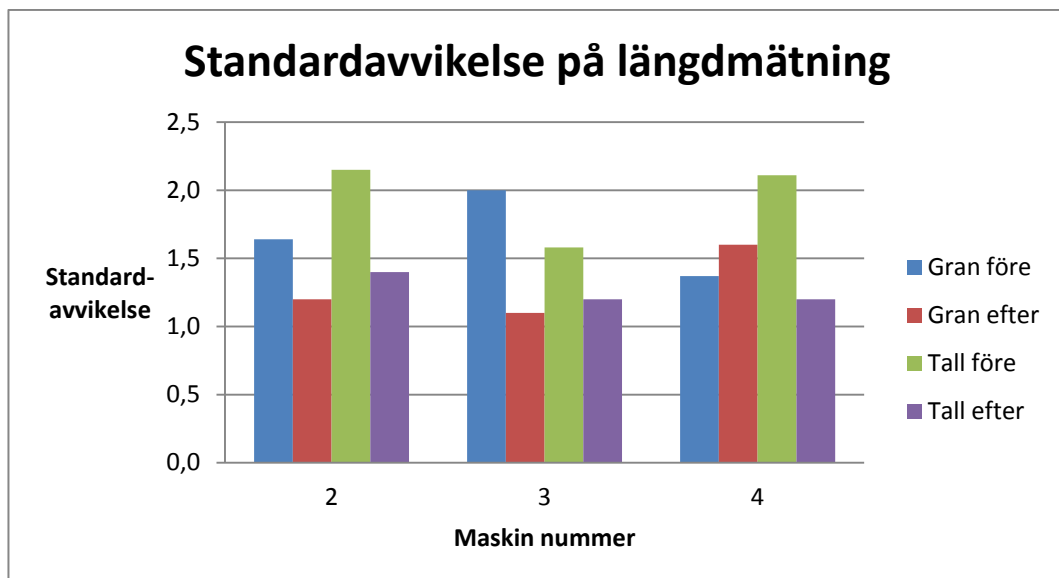
| Maskin nummer 2 | | | | |
|--|-------------|-------------------|-----------------|------------------|
| Gran | Före | Efter 11/4 | Larmnivå | Differens |
| Systematisk avvikelse, diameter (mm) | 0,8 | -1,6 | ± 3,0 | 2,4 |
| Standardavvikelse, diameter (mm) | 5,0 | 5,3 | 7,0 | -0,3 |
| Andel i träffprocent inom +/- 4 mm på diameter (%) | 62,1 | 57,0 | 50,0 | 5,1 |
| Tall | Före | Efter 11/4 | Larmnivå | Differens |
| Systematisk avvikelse, diameter (mm) | 0,8 | -0,1 | ± 3,0 | 0,9 |
| Standardavvikelse, diameter (mm) | 6,7 | 4,3 | 7,0 | 2,4 |
| Andel i träffprocent inom +/- 4 mm på diameter (%) | 54,1 | 72,0 | 50,0 | -17,9 |
| Maskin nummer 3 | | | | |
| Gran | Före | Efter 11/4 | Larmnivå | Differens |
| Systematisk avvikelse, diameter (mm) | -5,1 | -0,2 | ± 3,0 | -4,9 |
| Standardavvikelse, diameter (mm) | 5,9 | 5,3 | 7,0 | 0,6 |
| Andel i träffprocent inom +/- 4 mm på diameter (%) | 36,6 | 63,0 | 50,0 | -26,4 |
| Tall | Före | Efter 11/4 | Larmnivå | Differens |
| Systematisk avvikelse, diameter (mm) | 2,0 | 0,8 | ± 3,0 | 1,2 |
| Standardavvikelse, diameter (mm) | 7,9 | 9,1 | 7,0 | -1,3 |
| Andel i träffprocent inom +/- 4 mm på diameter (%) | 38,7 | 30,0 | 50,0 | 8,7 |
| Maskin nummer 4 | | | | |
| Gran | Före | Efter 11/4 | Larmnivå | Differens |
| Systematisk avvikelse, diameter (mm) | 2,0 | 0,0 | ± 3,0 | 2,0 |
| Standardavvikelse, diameter | 5,9 | 3,6 | 7,0 | 2,3 |
| Andel i träffprocent inom +/- 4 mm på diameter | 66,2 | 78,0 | 50,0 | -11,8 |
| Tall | Före | Efter 11/4 | Larmnivå | Differens |
| Systematisk avvikelse, diameter | 1,4 | 0,5 | ± 3,0 | 0,9 |
| Standardavvikelse, diameter | 5,2 | 5,1 | 7,0 | 0,1 |
| Andel i träffprocent inom +/- 4 mm på diameter | 61,8 | 67,0 | 50,0 | -5,2 |



Figur 4.1. Diagrammet visar den systematiska avvikelserna på maskinernas diamettermätning, före och efter kvalitetssäkringen.

4.2 Längd

I tabell 4.2 redovisas resultaten från de längdmätningar som gjordes före och efter kvalitetssäkringen. Återigen har maskin tre uppvisat störst förbättring men även när det gäller längdmätningen var det maskin tre som hade sämst mätning innan. Den förbättring som maskin tre uppvisar är den största enskilda förbättringen i procentenheter som uppvisats i denna studie. Maskin två och fyra har inte gjort några större förbättringar, räknat i procentenheter. Men dessa maskiners mätning uppfyllde dock de godkända larmnivåerna redan innan studien startade. Som visas i diagrammet i figur 4.2 nedan, har standardavvikelsen sjunkit för samtliga maskiner utom för maskin fyra för trädslaget gran.

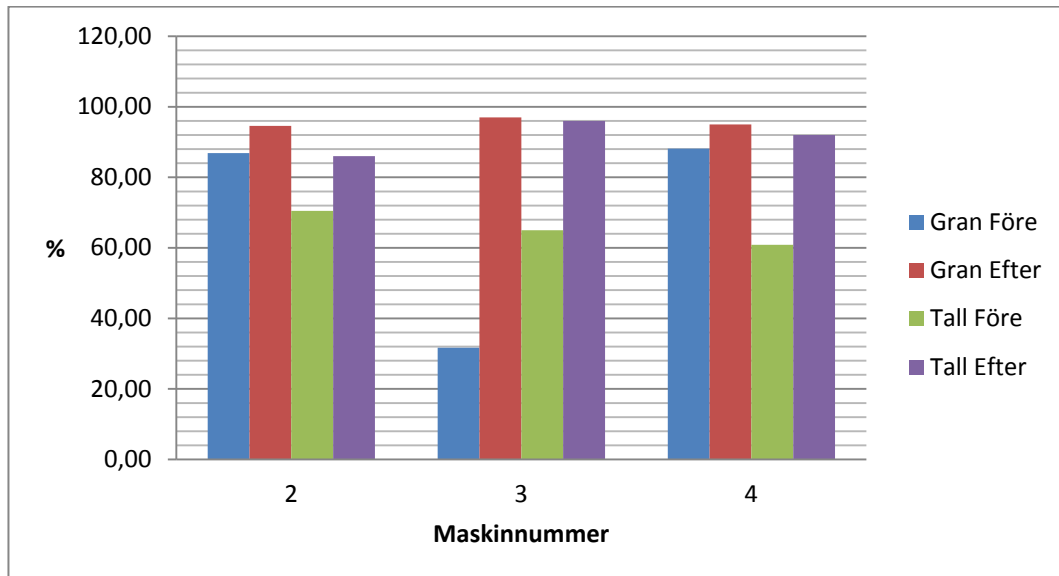


Figur 4.2. I diagrammet visas hur maskinernas standardavvikelse har förändrats under studien.

Tabell 4.2. Resultatet av längdmätningarna som gjort på gran, före respektive efter att arbetsmetoden med kvalitetssäkring driftsatts.

| Maskin nummer 2 | | | | |
|---|-------------|-------------------|-----------------|------------------|
| Gran | Före | Efter 11/4 | Larmnivå | Differens |
| Systematisk avvikelse, längd (cm) | 0,8 | 0,0 | ± 2,0 | 0,8 |
| Standardavvikelse, längd (cm) | 1,6 | 1,2 | 3,0 | 0,4 |
| Andel i träffprocent inom +/- 2 cm på längd (%) | 86,9 | 94,6 | 60,0 | -7,7 |
| Tall | Före | Efter 11/4 | Larmnivå | Differens |
| Systematisk avvikelse, längd (cm) | 1,1 | -1,4 | ± 2,0 | 2,5 |
| Standardavvikelse, längd (cm) | 2,2 | 1,4 | 3,0 | 0,8 |
| Andel i träffprocent inom +/- 2 cm på längd (%) | 70,5 | 86,0 | 60,0 | -15,5 |
| Maskin nummer 3 | | | | |
| Gran | Före | Efter 11/4 | Larmnivå | Differens |
| Systematisk avvikelse, längd (cm) | 3,1 | -0,2 | ± 2,0 | 3,3 |
| Standardavvikelse, längd (cm) | 2,0 | 1,1 | 3,0 | 0,9 |
| Andel i träffprocent inom +/- 2 cm på längd (%) | 31,7 | 97,0 | 60,0 | -65,3 |
| Tall | Före | Efter 11/4 | Larmnivå | Differens |
| Systematisk avvikelse, längd (cm) | 1,8 | 0,4 | ± 2,0 | 1,4 |
| Standardavvikelse, längd (cm) | 1,6 | 1,2 | 3,0 | 0,4 |
| Andel i träffprocent inom +/- 2 cm på längd (%) | 65,0 | 96,0 | 60,0 | -31,0 |
| Maskin nummer 4 | | | | |
| Gran | Före | Efter 11/4 | Larmnivå | Differens |
| Systematisk avvikelse, längd | 0,9 | 0,3 | ± 2,0 | 0,6 |
| Standardavvikelse, längd | 1,4 | 1,6 | 3,0 | -0,2 |
| Andel i träffprocent inom +/- 2 cm på längd | 88,1 | 95,0 | 60,0 | -6,9 |
| Tall | Före | Efter 11/4 | Larmnivå | Differens |
| Systematisk avvikelse, längd | 2,2 | 0,7 | ± 2,0 | 1,5 |
| Standardavvikelse, längd | 2,1 | 1,2 | 3,0 | 0,9 |
| Andel i träffprocent inom +/- 2 cm på längd | 60,9 | 92,0 | 60,0 | -31,1 |

Som figur 4.3 visar, har alla maskiner i studien förbättrat sina mätresultat. Samtliga har efter studien en högre träffprocent inom +/- 2 cm från det visade värdet. I diagrammet framgår det tydligt att maskin nummer tre förbättrat sin längdmätning under studiens gång.



Figur 4.3. I diagrammet ovan visas maskinerna träffprocent inom +/- 2 cm på längd, före respektive efter kvalitetssäkringen.

4.3 Revision

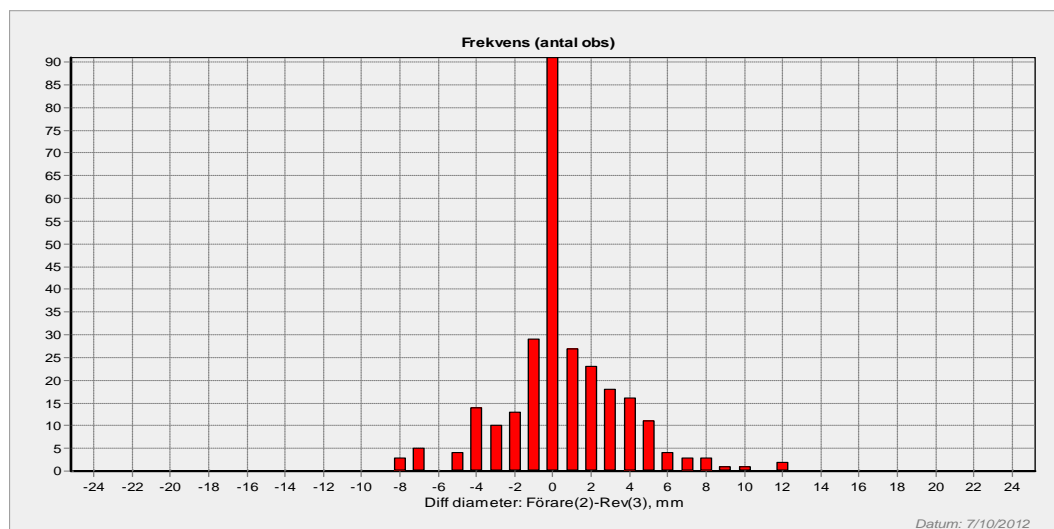
I detta avsnitt redovisas de revisionsmätningar av maskinförarnas mätningar som utfördes i denna studie. I revisionsresultaten har inte trädslagen hållits isär när de analyserats. Detta eftersom att syftet med mätningarna inte är att se hur maskinen mäter utan hur föraren mäter. I detta kapitel redovisas endast revisionsmätningarna på diameter. Resultatet från hela revisionen finns att läsa i bilaga 1.

Som tabell 4.3 visar uppfyller förarna enbart kraven för nyckeltalet systematisk avvikelse. Samtliga förare har problem med en för stor spridning i sina mätningar, vilket leder till att de inte uppfyller kravnivåerna för nyckeltalen andel mätningar inom ± 4 mm samt standardavvikelse.

Tabell 4.3. Resultatet av diametermätningarna som utfördes vid revisionen av förarnas mätning.

| Maskin ID 2 | | |
|---------------------------------|-----------------|---------------------|
| Nyckeltal | Resultat | Godkänd nivå |
| Systematisk avvikelse (mm) | -1,65 | ± 2,0 |
| Andel mätningar inom ± 4 mm (%) | 56,98 | min 80 |
| Standardavvikelse (mm) | 5,68 | max 3,0 |
| Maskin ID 3 | | |
| Nyckeltal | Resultat | Godkänd nivå |
| Systematisk avvikelse (mm) | 0,61 | ± 2,0 |
| Andel mätningar inom ± 4 mm (%) | 54,05 | min 80 |
| Standardavvikelse (mm) | 6,02 | max 3,0 |
| Maskin ID 4 | | |
| Nyckeltal | Resultat | Godkänd nivå |
| Systematisk avvikelse (mm) | 0,7 | ± 2,0 |
| Andel mätningar inom ± 4 mm (%) | 65,43 | min 80 |
| Standardavvikelse (mm) | 4,27 | max 3,0 |

När alla revisioner från de olika maskinförarna analyseras tillsammans, visar det sig dock att de i medeltal kommer närmare de ställda kraven, se figur 4.4.



Figur 4.4. Diagrammet visar spridningen inom revisionsmätningarna för alla förare tillsammans.

5. DISKUSSION

5.1 Diameter

Eftersom diametermättet är viktigt för att kunna använda rätt stock till rätt produkt, är det viktigt att diametermätningen är korrekt redan i skogen. I denna undersökning har diametermätningen generellt förbättras mer procentuellt än längdmätningen, undantaget maskin nummer tvås mätning på gran.

Just maskin nummer två har under studiens gång haft stora problem med potentiometrarna som mäter diameter med hjälp av kvistknivarna. Samt ett större datorhaveri som raderade grundkalibreringen för dimensionsmätningen. Detta har troligtvis varit en starkt bidragande orsak till att maskin nummer två inte har förbättrat sin diametermätning.

Diametermätningen har förbättrats både på tall och gran, även om den största förbättringen har skett på gran. Att tallen inte har förbättras lika mycket som gran, torde ha att göra med tallen genom sin ofta något ovala form och sina olika barktyper är svårare att mäta än granen.

Över tid finns goda förhoppningar om att alla maskiner som ingick i studien skall klara de kravnivåer som är uppsatta inom kvalitetssäkringen. Förbättringspotentialen för maskinerna i denna studie är även stor. Även om de idag uppfyller de krav som ställs, finns det fortfarande potential att bli ännu bättre

5.2 Längd

Vad gäller längdmätningen har det under studien både uppvisats toppar och dalar i resultatet. Här finns ju t.ex. den största förbättringen i hela studien. Men också en försämring av mätresultatet på en maskin. Alla maskiner har dock efter studien haft över 85 % träff inom +/- 2 cm, vilket är betydligt högre än vad kravnivåerna är.

Liksom för diametermätningen så har de bästa resultaten visats upp för trädslaget gran. Detta har troligtvis att göra med tallens olika barktyper. Här kan alltså en del av förklaringen till varför inte resultatet är 100 % vara att barkparametrarna i maskinernas mjukvaror inte är helt perfekta. De avvikelser som barkparametrarna ger torde dock vara marginella.

Ett problem som återkommer vid längdmätning är så kallade barksläpp. Det vill säga när barken under en längre eller kortare sträcka lossnar från stammen men sitter kvar på mätjulet. Detta får till följd att mätjul inte rullar utan glider mot stammen och ingen längd registreras under denna sträcka. Detta brukar dock vara ganska uppenbart när det sker och stammarna kan tas bort vid kontrollmätningarna. Men risk finns ändå att kortare barksläpp inte upptäcks och ger ett felaktigt längd vid kontrollmätningen. Detta problem skulle eventuellt

kunna avhjälpas genom att utrusta skördaraggregatet med dubbla mätthjul. Men någon sådan konstruktion existerar sannolikt inte idag.

5.3 Revisionen

Tyvärr klarade igen av förarna revisionskraven till fullo, även om vissa av nyckeltalen uppnåddes. Troligtvis beror detta inte på att maskinförarna mäter på ett felaktigt sätt. Det största felet i revisionen kan istället vara att revisionen på grund av tidsbrist kom att utföras under savningsperioden, då mycket av barken skallas av stammen vid bearbetning i skördaraggregatet. Problemet med barkavskav leder till att det var svårt att göra mätningen på ett felfritt sätt, främst på diametern. VMF rekommenderar att man inte gör revisioner under sådana förhållanden.

Senare under året har revisionsmätningar gjorts, dock utanför ramarna för denna studie. I dessa mätningar klarade samtliga förare kraven.

5.4 Förarens inverkan på resultatet

Under denna studie kan det konstateras att hur bra eller dåligt en skördare mäter delvis beror på maskinens tekniska och mekaniska status, men kanske främst på hur maskinföraren sköter, kontrollerar och kalibrerar sin maskin. Detta är även en viktig del i arbetsmetoden med kvalitetssäkringen, att lyfta upp frågan och göra förarna uppmärksamma på dimensionsmätningen. Förarna har även under de senare fältbesöken uttalat att de slumpade stammarna har gjort att det läggs mer tid och kraft på kontroll och kalibrering. Självklart finns här en inkörningsperiod och det gäller att få med alla på tåget.

I samband med studien visade det sig finnas ett behov av att höja kompetensen hos en några av maskinförarna när det gäller handhavandet av skördaren och dataklaven och tillhörande mjukvaror.

5.5 Felkällor

I denna studie finns naturligtvis en hel del tänkbara felkällor varav mätningarna med klaven sannolikt är en av de mest betydelsefulla. Det är högst troligt att de flesta mänskligt orsakade felen är systematiska, alltså till exempel ett felaktigt arbetssätt, som kan bero på rena missförstånd i metodiken. Detta innebär att de med små justeringar borde kunna rättas till.

Även hos maskinerna finns felkällor. Dessa kan dock oftast vara slumpartade, d.v.s. att saker och ting helt enkelt plötsligt går sönder och måste lagas. Men det finns även exempel på systematiska fel på maskinerna. Bland dessa kan t.ex. felaktigt tryck på kvistknivar och matarhjul vara värda att nämna då det påverkar mätningen i högsta grad om inte stammen ligger rätt i aggregatet. Eller om vi sett

i studien, där ett hårddiskshaveri har haft stor inverkan på en av maskinernas mätning.

Ett annat klassiskt fel är att dataklaven inte är kalibrerad eller att måttbandet som används vid kontrollmätningarna har en felaktig längd. Dessa fel kan låta banala, men är faktiskt vanligare än vad man kan anta och har dessutom stor inverkan på resultatet.

5.6 Gamla förhoppningar och nya mål

Som tidigare skrivits i denna rapport fanns en målbild med ett operativt krav där 90 % av längdmåtten skulle ligga inom ± 5 cm spridning och 90 % av diametermåtten skulle ligga inom ± 4 mm. Det är då bara konstatera att en maskin som är bra sköt och som körs av en insatt och intresserad förare idag kan uppnå de målen. Faktum är att en av de maskiner som ingick i studien, efter kvalitetssäkringen uppfyllde kraven för både tall och gran. En maskin uppfyllde kraven på gran. Målen kan därför anges vara delvis uppfyllda.

Dock behövs mer studier och teknisk utveckling i framtiden, både när det gäller den berörande mätning vi har idag och den beröringsfria mätning som är under utveckling.

5.7 Effekter av bättre dimensionsmätning

5.7.1 Volymsutbyte

De positiva effekterna av en exaktare och tryggare dimensionsmätning är många. Några av dem har redan tagits upp i inledningen av denna rapport.

En stor fördel är att man med mer tillförlitlig dimensionsmätning skulle kunna minska övermålet, som skördarna idag använder för att vara säkra på att inte stockarna blir för korta. Men för att göra om ord till siffror följer här ett litet räkneexempel på vad 2 centimeter i minskat övermål skulle innebära vid sågverket i Karbenning.

Ingående faktorer

| | |
|------------------------------------|---------------|
| Minskat övermål: | 2 cm |
| Medeldiameter toppmätt under bark: | 23,5 cm |
| Antal stock per år: | 1 560 000 st. |
| Virkespris per m ³ to: | 490 sek |

$$\text{Stockändans area: } 0,235^2 \times \pi \div 4 = 0,434 \text{ m}^2$$

$$\text{Minskad volym per stock: } 0,02 \times 0,434 = 0,000 868 \text{ m}^3$$

$$\text{Minskad volym per år: } 0,000 868 \times 1 560 000 \approx 1354 \text{ m}^3$$

$$\text{Minskad kostnad per år: } 1354 \times 490 \approx 663 400 \text{ sek}$$

Som exemplet ovan visar finns mycket att tjäna både i volym och pengar. Till exempel 663 400 sek per år, bara i Karbenning!

5.7.2 Informationsflöde

Utöver det som berör själva virket och virkesbehandlingen så har även skördarmätningen stor betydelse i informationsflödet runt avverkningen. De flesta sågar har idag mycket små virkeslager om man ser till vad som har varit brukligt ur ett historiskt perspektiv. Detta gör att man är mycket beroende av ett jämnt flöde in till industrin. Med en säker dimensionsmätning av skördaren blir informationsflödet mer tillförlitligt. Detta kan i förlängningen leda till att man ytterligare kan minska de kostsamma lagren.

6. SAMMANFATTNING

Denna studie har utförts tillsammans med AB Karl Hedin. Syftet har varit att undersöka om ett arbetssätt som kallas "kvalitetssäkring" verkligen ger en bättre mätning.

Arbetsättet i denna studie utgår framförallt ifrån SDC:s instruktioner för kvalitetssäkring av längd- och diametermätning med skördare. Först har skördarens mätningsstatus kontrollerats objektivt genom klavning av stammar som valts av skördarens apteringsdator. Detta innan det nya arbetssättet har introducerats. Därefter har förarna själva utfört kontrollmätningar i det dagliga arbetet. Dessa två mätningar har sedan jämförts i resultatet. För att utesluta den mänskliga felfaktorn i mätningarna har även en revision av förarnas mätningsmetodik utförts. Totalt har tre skördare ingått i denna studie.

Resultatet från denna studie visar att kvalitetssäkringen ger en bättre dimensionsmätning. En av de skördarna som ingick i studien har t.ex. så mycket som 65 % bättre träffprocent inom +/- 2 cm på längdmätning. Överlag har de flesta av de nyckeltal som mäts förbättrats. Bara i enstaka fall har mätresultatet på nyckeltalen försämrats.

Studien har visat att en skördare inte mäter bättre än vad dess förare är insatt i tekniken. En viktig funktion med detta arbetssätt är att lyfta upp ämnet och få förarna intresserade av hur skördaren mäter. Vi har under studien också sett att dagens maskiner kan uppfylla de visioner som fanns i början av 1990-talet. Det lär dock behövas mer studier inom ämnet, främst på de nya beröringsfria mätmetoderna som är under utveckling.

7. REFERENSLISTA

Publikationer

- Andersson, B. (1994). Kalibrering av mätutrustning på skördare. Resultatnummer 14. Skogforsk. Uppsala.
- Andersson, B. (1996). Skördare – aktuella kalibreringsfrågor. Resultatnummer 3. Skogforsk. Uppsala.
- Andersson, B & Landström, M. (1993). Kommunikation med olika apteringsdatorer Resultatnummer 13. Skogforsk. Uppsala.
- Andersson, M, Hannrup, B, William Larsson, Wilhelmsson, L Grönlund, A, Nyström, J, Johansson, S & Oja, J. 2008. Slutrapport för projekt "MÄTTEKNIK FÖR AVVERKNINGSMASKINER". Arbetsrapport 664, 2008. Uppsala.
- Anon, 2009. Virkesmätning med skördare, Sveaskog Förvaltnings AB.
- Arlinger, J & Möller, J. (2006). Kvalitetssäkring av skördarnas mätning. Resultatnummer 20. Skogforsk. Uppsala.
- Arlinger, J & Möller, J. (2007). Virkesvärdestest 2006 – mätnoggrannhet. Resultatnummer 5. Skogforsk. Uppsala.
- Granlund, P & Hallonberg, U. Virkesvärdestest 2001 del 1: Virkesskador Dagens skördare hanterar virket skonsamt. Resultatnummer 8. Skogforsk. Uppsala.
- Jönsson, P & Hannrup, B. (2007). Virkesvärdestest 2006 – virkesskador. Resultatnummer 7. Skogforsk. Uppsala.
- Karlsson, A. (2011). Förutsättningar för betalningsgrundande skördarmätning hos Derome Skog AB. Examensarbete 30 hp, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogens produkter. Uppsala.
- Löfgren, B & Wilhelmsson. (1998). Beröringsfri diametermätning – rapport från ett utvecklingsprojekt. Skogforsk. Uppsala.
- Malinen J & Palander P. (2004). Metrics for Distribution Similarity Applied to the Bucking to Demand Procedure. University of Joensuu. International Journal of Forest Engineering, 15(1).
- Myhrman, D. (2000). Teknik för stora engreppsskördare – aggregatet. Resultatnummer 3. Skogforsk. Uppsala.
- Möller, J. (1998). Virkesmätning med skördare. Resultatnummer 16. Skogforsk. Uppsala.

Möller J, Arlinger J, Moberg L, Wilhelmsson L. (2005). Automatisk kvalitetsklassning och stampris – framtidens affärsform? Resultatnummer 22. Skogforsk. Uppsala.

Möller, J & Sondell, J. (2000). Kundenpassning kräver bättre diamettermätning-möjligheter i skogen. Resultatnummer 15. Skogforsk. Uppsala.

Möller, J & Sondell, J. (2000). Kundenpassning kräver bättre diamettermätning-teknik och möjligheter vid sågen. Resultatnummer 14. Skogforsk. Uppsala.

Möller J, Sondell J, Arlinger J, Räsänen T & Poikela A. (2010). Demand specification for quality certification of harvester measurements – Calibration and control of harvesters. Skogforsk. Uppsala.

Möller, J & Sondell, J. (2003) Betalningsgrundande skördarmätning. Resultatnummer 10. Skogforsk. Uppsala.

Sondell, J. (1993). Ändamålsanpassad aptering. Resultatnummer 18. Skogforsk. Uppsala.

Sondell, J. Möller, J. & Arlinger, J. (2001). Virkesvärdestest 2001 del 2: Apterering. Tredje generationens apteringsdatorer. Resultatnummer 14. Skogforsk. Uppsala.

von Essen, I & Möller, J. (1997). Fördelningsaptering – en fungerande metod, även på små trakter och vid liten tillåten värdeavvikelse. Resultatnummer 14. Skogforsk. Uppsala.

von Essen, I & Sondell, J. (1996). Apteringsdatorerna allt bättre. Resultatnummer 1. Skogforsk. Uppsala.

Internetdokument

Länk A:

SDC (2012). [Online] Instruktion för kvalitetssäkring av längd- och diamettermätning med skördare.

http://ny.sdc.se/admin/PDF/pdfiler_VMUVMK/M%C3%A4tningsinstruktioner/SDCs%20instruktion%20f%C3%B6r%20Kvalitetss%C3%A4kring%20av%20sk%C3%B6rdare%2C%202009.pdf [2012-01-26]

Länk B:

SDC (2012). [Online]. Instruktion för virkesmätning med skördare.

http://ny.sdc.se/admin/PDF/pdfiler_VMUVMK/M%C3%A4tningsinstruktioner/SDCs%20instruktion%20f%C3%B6r%20Kvalitetss%C3%A4kring%20av%20sk%C3%B6rdare%2C%202009.pdf [2012-01-26]

Länk C:

Elmia Classics (2012). [Online]. Broschyr för Mini Brunnett 578, tvågreppsskördare, år 1980.

<http://app.elmia.se/classic/files/Bruunett578P1980.pdf> [2012-07-01]

Länk D:

Elmia Classics (2012). [Online]. Broschyr för Aktiv Skotten 758, år 1977.

<http://app.elmia.se/classic/files/AktivSkotten758Processorca1977.pdf> [2012-07-09]

Länk E:

Södra Skogsägarna (2012). [Online]. Södra inför skördarmatning med stampris.

<http://www.sodra.com/sv/Pressrum/Nyheter/Inlagg/Pressmeddelande/Aktuella-nyheter/Sodra-infor-skordarmatning-med-stampris/> [2012-07-09]

BILAGA 1 - REVISIONEN I SIN HELHET

I denna bilaga redovisas alla resultat från revisionerna som gjordes i samband med denna studie.

Maskin ID 2

| Nyckeltal | Resultat | Godkänd nivå |
|---------------------------------|----------|--------------|
| Diameter på bark | | |
| Systematisk avvikelse (mm) | -1,65 | ± 2,0 |
| Andel mätningar inom ± 4 mm (%) | 56,98 | min 80 |
| Standardavvikelse (mm) | 5,68 | max 3,0 |

Stocklängd

| | | |
|---------------------------------|-------|---------|
| Systematisk avvikelse (cm) | 1 | ± 1,2 |
| Andel mätningar inom ± 2 cm (%) | 84,71 | min 90 |
| Standardavvikelse (mm) | 1,73 | max 2,0 |

Maskin ID 3

| Nyckeltal | Resultat | Godkänd nivå |
|---------------------------------|----------|--------------|
| Diameter på bark | | |
| Systematisk avvikelse (mm) | 0,61 | ± 2,0 |
| Andel mätningar inom ± 4 mm (%) | 54,05 | min 80 |
| Standardavvikelse (mm) | 6,02 | max 3,0 |

Stocklängd

| | | |
|---------------------------------|-------|---------|
| Systematisk avvikelse (cm) | -0,19 | ± 1,2 |
| Andel mätningar inom ± 2 cm (%) | 95,24 | min 90 |
| Standardavvikelse (mm) | 1,6 | max 2,0 |

Maskin ID 4

| Nyckeltal | Resultat | Godkänd nivå |
|---------------------------------|----------|--------------|
| Diameter på bark | | |
| Systematisk avvikelse (mm) | 0,7 | ± 2,0 |
| Andel mätningar inom ± 4 mm (%) | 65,43 | min 80 |
| Standardavvikelse (mm) | 4,27 | max 3,0 |

Stocklängd

| | | |
|---------------------------------|-------|---------|
| Systematisk avvikelse (cm) | 1,17 | ± 1,2 |
| Andel mätningar inom ± 2 cm (%) | 91,67 | min 90 |
| Standardavvikelse (mm) | 0,96 | max 2,0 |