



Data och metodik för utbytesberäkning: En studie på Medelpads Skogsförvaltning

Data and methodology for yield forecast: A study at Medelpads forest district

Matilda Karlsson

**Arbetsrapport 294 2010
Examensarbete 30hp D
Jägmästarprogrammet**

**Handledare:
Ljusk Ola Eriksson**

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
901 83 UMEÅ
www.srh.slu.se
Tfn: 090-786 81 00



ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-294-SE

Data och metodik för utbytesberäkning: En studie på Medelpads Skogsförvaltning

Data and methodology for yield forecast: A study at Medelpads forest district

Matilda Karlsson

Examensarbete i skogshushållning med inriktning mot planering, 30hp

Jägmästarprogrammet

EX0492

Handledare: Ljusk Ola Eriksson, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, planering

Extern handledare: Magnus Larsson, SCA Skog AB

Examinator: Tomas Lämås, SLU, Institutionen för skoglig resurshushållning, planering

Sveriges lantbruksuniversitet
Institutionen för skoglig resurshushållning
Utgivningsort: Umeå
Utgivningsår: 2010

ISSN 1401-1204
ISRN SLU-SRG-AR-294-SE

Förord

Studien har genomförts vid Institutionen för Skoglig resurshushållning, skogsvetenskapliga fakulteten vid Sveriges lantbruksuniversitet i Umeå. Examensarbetet omfattar 30 högskolepoäng (hp) på D-nivå och utgör den sista delen i Jägmästarprogrammet (*Master of Science in forestry*), ämnet är skogshushållning med inriktning mot skoglig planering. Studien är initierad av uppdragsgivaren SCA Skog AB, Sundsvall och fältarbetet har utförts vid Medelpads Skogsförvaltning.

I den värld vi lever i är vi allt som oftast mer intresserad av vad som kommer att hända imorgon än idag; människan tenderar att ha ett större intresse för vad vi kan få än vad vi faktiskt har. Så även inom den skogliga sektorn, och därav mitt intresse för skoglig planering.

Jag vill börja med att tacka min handledare vid SCA Skog AB, Magnus Larsson för att han gett mig förtroende och möjlighet att utföra denna studie, men framförallt för att du väckte mitt intresse till liv. Tack för att du trodde på mig. Men också ett stort tack för att jag fått tagit del av din oerhörda kunskap inom området och att du alltid vänt de motgångar jag stött på till något positivt.

Ett stort tack till Karl Larsson vid Medelpads Skogsförvaltning för att du utgjort ett ständigt tillgängligt stöd, och att du funnit snabba och konkreta lösningar på de flesta av problem. Tack till samtliga anställda vid förvaltningen som med kunskap och praktisk hjälp varit behjälpliga under arbetets gång och på så sätt gjort studien genomförbar.

Vid Sveriges lantbruksuniversitet vill jag tacka min handledare Ljusk Ola Eriksson för ditt stöd och din kunskap, men också för att du alltid funnits tillgänglig för givande diskussioner. Jag vill också rikta ett tack till Sören Holm som på sitt alldeles speciella sätt varit behjälplig vid de statistiska analyserna.

Ett stort tack till Johan J Möller vid SkogForsk för att du på ett pedagogiskt och informativt sätt introducerat mig i en värld av simuleringsprogram, samt varit tillgänglig för att vid många tillfällen svara på mina frågor.

Jag vill också rikta ett tack till Anders Gustafsson vid Haglöf Sweden AB, som varit ett utomordentligt supportstöd vid upprättande och konvertering av för arbetet viktiga filer.

Min nära vän och kurskamrat Maria Andersson vill jag tacka för att Du utgjort ett suveränt bollplank, men framförallt för att Du varit ett oersättligt stöd under hela utbildningstiden.

Sist men inte minst vill jag tacka mina föräldrar för att Ni alltid trott på mig och stöttat mig i alla tänkbara situationer. Utan Er vore min värld en mycket sämre plats. Tack!

Sundsvall, maj 2010

Matilda Karlsson

Sammanfattning

För att på ett så optimalt och kostnadseffektivt sätt som möjligt kunna tillgodose industrins behov av sortimentsvist virke måste skogsbruket ha kunskap om den faktiskt stående volymen fördelat per sortiment och per planerat slutavverkningsobjekt. Också medelstammen är viktig då den är av stor betydelse för avverkningsentreprenörernas objektsvisa bortsättning. Idag beräknas total volym med Näslunds (1940) eller Brandels (1990) volymfunktioner, och utbytes med Ollas (1980) utbytesfunktion för träd och bestånd på SCA Skog.

Syftet med denna studie, som initierats och finansierats av SCA Skog AB, är att utreda om det går att förbättra prognoserna av virke till industrin genom att ha bättre kontroll på utbytet av den stående skogen, med hjälp av en modernare rutin för utbytesberäkning givet dagens instruktion för taxering. Följande frågor har studerats: Hur bra är SCA Skogs utbytesberäkningar idag med data taxerat på det sätt som det samlas in idag? Hur bra kan SCA Skogs utbytesberäkningar bli beräknade med data taxerat enligt instruktion? Hur bra kan SCA Skogs utbytesberäkningar bli med data taxerat enligt instruktion och beräknat med simuleringsprogrammet Aptan?

Materialet har bestått av att ett antal slumpmässigt utvalda objekt planerade för slutavverkning och taxerade av SCA Skogs egen personal. Dessa har sedan taxerats av författaren, som tagit in uppgifter om höjd och brösthöjdsdiameter. Andra obligatoriska uppgifter har hämtats ur företagets register. Beräkningar har sedan gjorts enligt båda de befintliga rutinerna som finns på företaget idag. Försöksledet med simuleringsprogrammet Aptan kräver skadefrekvens som indata, dessa har hämtats ur skördarnas pri-filer och sammanställts. Sedan har utbyte simulerats fram med programmet.

Studien visade att den befintliga rutin som idag används på egen skog ger ett säkrare resultat av utbyte än den som övervägande används på extern mark i dagsläget. Försöksleden med befintliga data både på köp och egen skog, samt försöksledet med nytt data men de befintliga beräkningsmetoderna ger både under- och överskattningar av volymen fördelat per sortiment. Det gör dessa metoder svåra att kalibrera. Simuleringsprogrammet Aptan visar på en överskattning av volymer per sortiment, framförallt på trakter med sitt ursprung i extern mark. Överskattningen görs med en viss jämnhet vilket kan tänkas göra det enklare att kalibrera funktionen och göra den specifik för företaget.

Nyckelord: utbyte, utbytesberäkning, volym, sortiment, Aptan, pri-fil, simuleringsprogram,

Abstract

To manage the industry's need of wood assortments in a optimal and cost effective way the forest companies need to have knowledge of the actual standing volume and the yield of the planned clear cuts. The mean volume of the trunk is also important since it is important for the contractors prices. Today the total volume are estimated either with Näslund (1940) or Brandels (1990) functions of volumes, and the yield is estimated with Rune Ollas (1980) function for trunks and stands.

The purpose of this study has been to answer the following questions: How good is the yield forecast with data collected with currently used methods? How well can the yield forecasts became with data collected according to the instructions? How well can the yield forecast be with data collected according to the instruction and calculated with the program Aptan for theoretical bucking? The study has been initiated and financed by SCA Skog AB.

The material consisted of a number of randomly selected objects ready for clear cut. Diameter at breast height and height were measured in field. Other mandatory information has been taken from the company register. Yield forecasts were done with existing functions. The simulation program Aptan requires loss frequency as input, which was collected from pri-files of the harvesters. From these the frequency has been compiled. Also price lists are important inputs that been used. Yield has then been simulated.

The study indicates that the existing procedure that is currently used at SCA Skogs own forest holding gives more accurate results than the routine that is more frequently used when calculating yield at forest belonging to private forest owners. The trials with the existing data show both under- and overestimates of the yield for both own forest and private forest. This is also also true of the trial with the new data. This makes the functions difficult to calibrate. The use of the Aptan program results in an overestimation of yield per assortment, though with an evenness, especially for private forest. The evenness makes the results more easy to calibrate and in that way makes the function more specific for the company.

Keywords: yield, yield forecast, volume, assortment, Aptan, pri-file, program for simulation.

Innehållsförteckning

FÖRORD	2
SAMMANFATTNING	3
ABSTRACT	4
1 INLEDNING	6
1.1 BAKGRUND	7
2 SYFTE OCH AVGRÄNSNINGAR	9
3 SÅ ARBETAR SCA SKOG AB IDAG	10
3.1 INTERVJUDEL	10
3.1.1 Taxering av trakter på egen skog	10
3.1.2 Taxering av köptrakter	11
3.1.3 Planerarnas och taxerarnas syn på utbytesberäkningar	11
3.1.4 Virkesköparnas syn på utbytesberäkningar	12
4 MATERIAL OCH METOD	13
4.1 LITTERATURSTUDIE	13
4.2 URVAL AV OBJEKT	13
4.3 INVENTERING ENLIGT INSTRUKTION	13
4.4 DE FYRA FÖRSÖKSLEDEN	14
4.5 HÖJDKURVOR	15
4.5.1 SCA's höjdklasser	15
4.5.2 Söderbergs höjdfunktion	16
4.6 UTBYTESBERÄKNING MED OLLAS UTBYTESFUNKTION FÖR ENSKILDA TRÄD OCH BESTÅND	16
4.6.1 Brandels volymfunktion	17
4.6.3 Andel rötved, vrak och FFG	17
4.7 UTBYTESBERÄKNING MED SIMULERINGSPROGRAMMET APTAN	18
4.7.1 Indata	18
4.7.2 Beräkning av skadefrekvens	19
4.8 JÄMFÖRELSE	20
5 RESULTAT	21
5.1 OM RESULTATEN	21
5.2 RESULTAT FÖR SAMTLIGA FÖRSÖKSYTOR	21
5.3 RESULTAT FÖR OBJEKT PÅ SCA 'S EGEN SKOG	24
5.4 RESULTAT FÖR FÖRSÖK PÅ KÖPTRAKTER	27
6 DISKUSSION	30
6.1 TOLKNING AV RESULTATET	30
6.1.1 Samtliga trakter	30
6.1.2 Befintligt data	30
6.1.3 Egen skog	30
6.1.4 Extern mark	31
6.1.5 Resultatet som helhet	32
6.2 APTAN	32
6.2.1 Indata	32
6.2.2 Användarvänlighet	32
6.3 RESERVATIONER	32
6.3.1 Felkällor	32
6.3.2 Studiens upplägg	33
6.4 REKOMMENDATIONER	33
REFERENSER	35
BILAGA 1 ÅTERKOMMANDE BEGREPP	38
BILAGA 2 SPRIDNING	39

1 Inledning

Beräkningar av utbyte från en framtida avverkning är av stor vikt för att leverans av rätt råvara skall ske i rätt tid till kunden. Ett av de största hindren för att uppnå detta är förmågan att i teorin prognostisera utfallet vid avverkning (Djurberg, 1996). (För förklaring av i detta sammanhang vanligt förekommande begrepp, se Bilaga 1.)

Utbytesberäkningar kan göras för enskilda träd. Då behövs uppgifter för de specifika träden. Ett annat alternativ är att göra utbytesberäkningar för hela bestånd. I det fallet behövs data i form av beståndsmedelvärden (Ståhl & Wilhelmsson, 1994).

Innan en avverkningstrakt sluthuggs bör den taxeras. Resultatet från denna resulterar senare i en utbytesberäkning, vilken spelar en viktig roll vid drivningsplanläggning då både lång- och kortsiktiga beslut tas utifrån denna (Axelsson, 1972).

Tabeller och funktioner för utbytesberäkning som idag används bygger till stor del på forskningsresultat från mitten av 1900-talet. Näslunds (1940) större- och mindre funktioner för kubering av tall, gran och björk är ett exempel. Empiriska funktioner är framtagna för utbytesberäkning av stående skogs volym på- och under bark med indata som i fält ska vara relativt enkla att mäta. Variabler av störst vikt är trädets brösthöjdsdiameter, höjd från marken, brösthöjdsdiameterens barkprocent, kronförhållande och ålder (Näslund, 1940).

Ett annat exempel är Edgren och Nylinders (1948) funktioner och tabeller för bestämning av avsmalning och formkvot under bark. De är framtagna för utbytesberäkning för upprättande av produktionstabeller och avverkningsberäkning. Funktionerna bygger framförallt på två huvudtyper av stamformsekvationer. Den ena tolkar stamformen som jämt gående kurva utan inflexionspunkt (den punkt där en kurva övergår från konkav till konvex) och den andra ska avbilda trädstammens svagt S-formade profillinje med en kurva med inflexionspunkt (Edgren & Nylinder, 1948). Med Edgren och Nylinders funktion skattas formkvot under bark. För det behövs uppgifter om formtal som utgör en oberoende parameter i funktionen och som kan hämtas från Näslund (1940) (Djurberg, 1996). Formkvot definieras som kvoten av diametern under bark vid 60 respektive 20 procent av trädets längd från marken (Edgren & Nylinder, 1948).

Söderberg tog under 1980-talet fram höjd- och barkfunktioner för samtliga trädslag och för hela landet (Söderberg, 1992). Funktionerna är regionala och skattade med ett material som insamlats genom objektiv inventering med ett stort antal provträd från ett stort geografiskt område. I dessa geografiska områden är träd-, bestånds- och ståndortsegenskaper representerade i proportion till sin förekomst i området och därför bör funktionerna fungera bra för större områden, men med lokala avvikelser. Spridningen i procent vid skattning av enskilt värde för ett enda träd är för höjdfunktionerna 12-15 procent för tall, 15 % för gran och 16-18 procent för björk. Barkfunktionerna har en spridning på 23-24 procent för tall och gran, medan den för björk ligger mellan 30 och 40 procent (Söderberg, 1992).

Den rutin som idag ofta används för utbytesberäkning hos svenska skogsföretag är Rune Ollas utbytesfunktion för träd och bestånd vilken ger virkets förväntade sammansättning vad gäller trädslag, sortiment, dimension och värde (Ollas, 1980). Funktionen som används idag togs alltså fram i början av 1980-talet då bulkproduktion var betydligt vanligare. Nästan 30 år senare bedrivs ett skogsbruk där kunden står i allt större fokus och sågverken kräver att det timmer som levereras ska ha en viss längdfördelning per diameterklass (Möller & Sondell,

2000). Det gör att metoderna för utbytesberäkningar måste anpassas efter detta. Kunskapen om virkeslager på rot är idag inte speciellt hög, och de funktioner som idag används för utbytesberäkningar ger ingen kunskap om stockarnas diameter- och kvalitetsfördelning (Djurberg, 1996). Men då det är en välbeprövad metod har bolagen fortsatt med denna, troligen för att de nya metoderna inte anses tillräckligt säkra, och det kräver en viss insats för att implementera nya system och rutiner.

Det finns idag ytterligare ett sätt att beräkna utbyte. Simuleringsprogrammet Aptan simulerar funktionen hos skördarens apteringsdator (Staland, 2001). Det har tre huvudsakliga användningsområden, varav ett är att göra prognoser på utfallet i olika avverkningsobjekt givet prislista (Ogemark, Arlinger och Sondell, 2008). Virket kan redan i skogen tillredas så att det på bästa sätt uppfyller sågverkens beställning (Möller & Sondell, 2000). Läs mer om Aptan i kapitlet 4.7.

För att ha data till utbytesberäkning behöver någon typ av inventering utföras. Inventering är att betrakta som en investering, där kostnaden genererar information som kan komma att generera möjlighet till förbättrade beslut. Inventering som genererar data med hög noggrannhet är kostsammare att utföra än de som bidrar till motsatsen. Därför är det av stor vikt att vid planeringsarbetet välja den inventeringsmetod som är mest lämpad för ändamålet, vilket i sin tur betyder att man ska välja den metod för vilken nettot mellan intäkter från bättre beslut och inventeringskostnad är störst (Ståhl, 1994). När det kommer till uppskattning av stående skog gäller det att anpassa metod efter det behov som finns (Näslund & Hagberg, 1952). För att de skogliga planeringssystemen ska fungera på ett effektivt och tillförlitligt sätt måste indata vara så korrekta som möjligt. Ett bra sätt att samla in korrekta data är att utföra inventering i fält. Den information som en inventering kan ge om skogsinnehavet ska ligga till underlag för ett antal olika beslut vid planeringsarbetet. Exempel på dessa är beslut om avverkningsnivåer över tiden, planering av produktion i tid och rum, samt beslut i direkt samband med produktion (Lindgren, 1983).

Inventering kan utföras på två sätt, genom total- eller stickprovsmätning. Den senare varianten resulterar i lägre kostnad för inventeringsarbetet (Lindgren, 1984). Stickprovsmätning kan utföras på två sätt, subjektivt och objektivt. Den objektiva varianten innebär i praktiken att inventeraren följer givna rutiner och att mätningar sker på platser som valts ut objektivt med objektiva metoder. Den subjektiva inventeringen innebär att förrättningsmannen bedömer uppgifter på platser i beståndet som denne anser vara representativa för avdelningen (Ståhl, 1992). När det gäller objektiva inventeringar är de att se som en universalmetod som används vid insamling av data för långsiktig skogshushållning och kortsiktig avverkningsplanering (Lindgren, 1983). Ett antal ytor med en bestämd ytradieläggs då ut i beståndet. Det är i allmänhet bättre att över- än underskatta antalet ytor som skall inventeras. Dessutom ska det tas i beaktning att inventeringen bör vara av högre intensitet i bestånd där större värden kan gå förlorade på grund av felaktiga data (Ståhl, 1994). När inventering är utförd bör det insamlade materialet användas på bästa sätt, i detta fall med hjälp av någon form av utbytesberäkning.

1.1 Bakgrund

SCA Skog AB har idag problem med att det beräknade och det faktiska utfallet inte stämmer överens vid slutavverkningsposter. Volymutfallet avviker i många fall mot vad som beräknats och sortiments- och trädslagsfördelning stämmer inte överens med den volym och det sortiment som mäts in vid industri. Detta kan ha ett flertal olika orsaker. En kan vara att instruktionen för datainsamling inte tydliggjorts ordentligt, en annan att den inte följs. Det gör

att indata i den utbytesfunktion företaget använder idag inte alltid håller den kvalitet det skulle kunna göra. En annan orsak till att beräkningen inte stämmer med det faktiska utfallet kan vara att funktionen inte har den upplösning och det innehåll som krävs idag (Larsson, M, pers. komm.). Det finns också en skillnad i utbytets överensstämmande emellan slutavverkningstrakter på egens skog och lokala köp. Det tenderar att vara en större skillnad mellan teoretiskt och faktiskt utbyte på köp, vilket kan bero på att när en virkesköpare taxerar en trakt så vet denne inte om han eller hon får köpa virket av markägaren eller ej. Detta resulterar i att virkesköparen av naturliga skäl lägger mindre tid på taxeringen än vad som görs på egen skog (Wikström, pers. komm.).

Den totala kostnaden för hela virkesflödessystemet, från traktplanering tills virket finns vid industri uppgår till 25 procent av den totala omsättningen. Drivningskostnaden uppgår till 40 procent av total virkesflödeskostnad (SCA, 2008). Att skillnaden mellan teoretiskt och faktiskt utfall är så pass stor gör att företaget får oönskade flyttar av avverkningsmaskiner, vilket resulterar i extrakostnader. Det ger också kostnader för plogning av vägar och minskad produktion hos maskinlagen. I värsta fall kan de felande utfallen leda till tvångsapteringar för att SCA Skog AB skall kunna leverera det industrin efterfrågar i tid. Att utbytesberäkningarna inte stämmer överens med verkligheten gör också att de får väg- och industrilager som inte anses av optimal storlek (Larsson, M, pers. komm.). Ett säkrare teoretiskt utfall skulle ge en ökad, och bättre kommunikation med sågverken, men framförallt skulle de oönskade kostnaderna komma att minska.

2 Syfte och avgränsningar

Syftet med studien är att undersöka vad SCA Skog AB kan vinna i datakvalitet på att implementera en ny rutin för att tillföra data till traktbanken. Mer specifikt är målet att kunna besvara följande frågeställningar:

1. Hur bra är SCA Skog AB´s utbytesberäkningar med data taxerat på det sätt som det samlas in idag och med befintlig rutin för utbytesberäkning?
2. Hur bra kan SCA Skog AB´s utbytesberäkningar bli med ett data taxerat enligt instruktion och med befintlig rutin för utbytesberäkning?
3. Hur bra kan SCA Skog AB´s utbytesberäkningar bli med ett data taxerat enligt instruktion och beräknat med simuleringsprogrammet Aptan?

För att nå det syftet kommer fyra försöksled att jämföras. Ett försöksled utgörs av den befintliga rutinen för inventering och utbytesberäkning. Det kan innefatta antingen subjektiv eller objektiv inventering och volymberäkning med Näslund (1940) eller Brandel (1990). Utbytesberäkningen görs med Ollas (1980) utbytesfunktion för enskilda träd och bestånd. Detta försöksled genomförs för att studera vikten av kvalitet på indata i redan befintlig beräkningsrutin.

I försöksled 2 och 3 görs inventeringen objektivt medan volym och utbyte beräknas på samma sätt som i försöksled ett. Det som skiljer dessa försöksled åt är att led 2 gör volymberäkning med Näslund och led 3 med Brandel. För det fjärde försöksledet görs inventeringen objektivt och för utbytesberäkningen används simuleringsprogrammet Aptan.

I denna studie kommer inga kostnads- eller nyttoberäkningar att jämföras, utan tyngdpunkten ligger på själva utbytesberäkningarna och dessas utfall.

Först kommer en närmare beskrivning av nuvarande arbetssätt på SCA Skog att ges för att få en övergripande bild av hur taxering, volym- och utbytesberäkning sker. För att få material till den delen har ett antal intervjuer gjorts. Efter det finns en material- och metod beskrivning för att läsaren på ett enkelt och objektivt sätt ska få en överblick över hur studien genomförts.

3 Så arbetar SCA Skog AB idag

SCA arbetar efter målet att traktbanken skall innehålla en treårsmängd av gallrings- och slutavverkningstrakter med lämplig fördelning vad gäller årstid och bärighet. Av vikt är också att traktbanken innehåller medelårsmängder för det sortimentsåtagande varje förvaltning har (SCA, 2009). Idag arbetar företaget så att ett urval görs ur långsiktsplanen, LSP:n. De trakter som valts ut taxeras och avgränsas i fält för att en bank med objekt färdiga för avverkning skall finnas tillgänglig. Koncentrationen av de trakter som väljs ut för avverkning i en viss period bör vara så hög som möjlig (Söderholm, 2002). Om volym- och sortimentsutfallen inte stämmer överens med praktiken tvingas maskinlagen att flytta och koncentrationen av objekt blir mindre än beräknat, och därmed ökar kostnaderna (Larsson, M, pers. komm.).

3.1 Intervjudel

Ett antal intervjuer har genomförts för att ge studien en tydlig bild av bakgrundsproblematiken, och hur dagens rutiner fungerar i praktiken. De personer som intervjuats har valts med hänsyn till den specifika kunskap var och en besitter inom sitt område och utifrån den information de kunnat bidra med för att klargöra behovet av den fortsatta studien.

Den intervjuteknik som praktiserats har varit kvalitativ intervju (Trost, 2005). Det innebär att intervjun genomförts genom att respondenten fritt fått berätta omkring de frågor som ställts. I vissa fall har kompletterande frågor ställts i efterhand via e-post eller telefon under en period av fyra veckor.

3.1.1 Taxering av trakter på egen skog

Planering, det vill säga avgränsning av yttergränser, kantzoner och naturvård utförs av distriktschefer, medan taxering uteslutande läggs på entreprenad (Andersson, pers. komm). Anledningen till att just taxeringen utförs av entreprenörer är att det anses som den enklaste delen av arbetet med att planera avverkningstrakter då ingen specifik kunskap om naturvård behövs. Det är även en kostnadsfråga då det är billigare att använda entreprenörer som får betalt i kronor per taxerad kubikmeter än att anställa mer egen personal som utför taxeringsarbetet då distriktscheferna inte själva har tid (Eriksson, pers. komm).

Det finns ingen generell utbildning för taxerare, de lärs upp vid behov av distriktschefer eller rutinerade entreprenörer. Introduktion och utbildning innebär att den tekniska utrustningen innefattande klave och höjdmätare går igenom teoretiskt och i fält (Berggren, pers. komm.).

I princip alla slutavverkningstrakter på Medelpads skogsförvaltning taxeras genom objektiv cirkelyteinventering (Eriksson, pers. komm.). Ytantalet varierar beroende på objektets areal, och provyteradien baseras på antalet stammar. Varje provyta totalklavas men ytan måste enligt instruktion bestå av minst 15 stammar som skall komma att avverkas. Provträd slumpas automatiskt ut med hjälp av klavprogrammet. I genomsnitt mäts höjden på 1,5-2 träd per provyta. Om klaven slumpar fram ett träd av icke dominerande trädslag låter taxeringsmannen den slumpa ut ett nytt provträd.

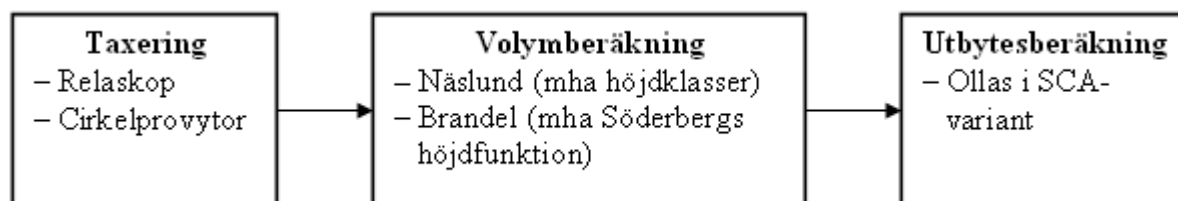
Förutom brösthöjdsdiameter och höjd samlas bortsättningsdata såsom underväxt, bärighet, ytstruktur och lutning in (Berggren, pers. komm.).

Grönkrongräns, skador och rötfrekvens mäts eller skattas inte i fält. Den rötfrekvens som senare används för utbytesberäkning är en generell siffra, som subjektivt kan räknas upp om taxeraren eller distriktschefen bedömer objektet som rötskadat (Andersson, pers. komm.).

När taxeraren samlat in de uppgifter som behövs för utbytesberäkningen bearbetas data av distriktschefen genom att denne lägger in det i befintlig rutin (Andersson, pers. komm.). På egen skog är det uteslutande Brandels funktion som används för detta ändamål och i kombination med Söderbergs funktioner för höjd (Larsson M, pers. komm.).

3.1.2 Taxering av köptrakter

Taxering utförs allt som oftast innan SCA's virkesköpare vet om denne får köpa trakten eller ej. Detta resulterar i att köparen inte lägger ner så mycket tid på taxering av objektet (Wikström, pers. komm.). Därför är relaskoptaxering en vanlig metod, höjd skattas subjektivt och vissa stödmätningar av subjektivt valda provträd förekommer. Det vanligast förekommande är att provytor läggs ut subjektivt. Men med hjälp av den programvara som finns i köparnas handdator kan objektiv cirkelyteinventering enkelt utföras, vilket nyttjas av en del virkesköpare (Östman, pers. komm.). Då samlas uppgifter om brösthöjdsdiameter och höjd in och volymen beräknas med hjälp av Näslunds (1940) eller Brandels (1990) funktion för volym av stående skog. Vilken av dessa som används är upp till köparen att själv bestämma (Wikström, pers. komm.). Vanligast är dock Näslund, delvis för att färre variabler krävs (Östman, pers. komm.) men också för att många virkesköpare är vana vid Näslunds funktion från en gammal rutin (Persson, pers. komm.).



Figur 1. Arbetsgång för volym- och utbytesberäkning vid SCA Skog AB.

Figure 1. Working procedures for volume- and yield estimations at SCA Skog AB.

3.1.3 Planerarnas och taxerarnas syn på utbytesberäkningar

Det råder delade meningar om noggrannheten i resultaten från de befintliga utbytesberäkningarna. Vissa distrikt på Medelpads skogsförvaltning har väldigt små avvikelser, medan andra distrikt har betydligt större avvikelser mellan teoretisk och faktisk volym (Johansson, pers. komm.). Justering av taxerade data tros inte förekomma och att taxerarnas ersättningsunderlag är kubikmeterbaserat tros inte heller påverka resultaten. Däremot är Söderbergs (1992) höjdfunktion i sig beroende av variabler som ståndortsindex (SI) vilken inte anses stämma i många fall. Medelpad är en förvaltning med många bördiga sluttningar där boniteten kan ha bedömts för låg vid den nyinventering som utfördes på 1990-talet (Eriksson, pers. komm.). Även ålder är en variabel som spelar roll, vilken också tas in från registerdata som inte alltid är överensstämmande med verkligheten (Andersson, pers. komm.). Data kalibreras dock för att komma åt systematiska fel i ovan nämnda variabler (Larsson M, pers. komm.).

På förvaltningen är man medveten om att det uppstår relativt stora differenser mellan volymen som taxerats i den stående skogen och det faktiska volymutfallet efter avverkning på

enskilda trakter. Dock ser resultatet på årsbasis bra ut, med endast små avvikelser. Det är de större enskilda avvikelserna som ställer till problem för produktionsfunktionen, och det är dessa man vill komma åt. Det är dock svårt att på förvaltningsnivå göra något åt detta så länge det är tillåtet för produktion att göra flera drivningsenheter till ett och samma avlägg. Drivningsenheterna taxeras var för sig, men när flera sådana slås samman är det omöjligt att samla in uppgifter för varje enskilt objekt efter avverkning och därav svårt att följa upp och jämföra. Det i sin tur gör att det är mycket svårt att komma åt problemet med differenser mellan teoretisk och faktisk volym (Eriksson, pers. komm.).

3.1.4 Virkesköparnas syn på utbytesberäkningar

Resultaten av virkesköparnas utbytesberäkningar anses i de allra flesta fall vara så dåliga att köparna tvingas justera siffrorna innan de lägger in volymer för slutavverkning i SCA´s system, detta för att inte ge markägarna uppfattningen att de kommer att få betalt för en större volym än vad som kommer att bli det faktiska resultatet och för att inte ge produktionsledarna objekt med för stora avvikelser i total- och sortimentsvisa volymer som i sin tur genererar svårigheter i deras planering (Wikström, pers. komm.).

4 Material och metod

4.1 Litteraturstudie

Ämnet skoglig planering är brett och det finns en mängd litteratur och publicerade forskningsrapporter. För att få en förståelse för den teoretiska bakgrunden och ett ämnesdjup inom det aktuella ämnet startades arbetet med en litteraturstudie. De databaser som mest frekvent använts för att söka aktuell litteratur är *LUKAS*, samt *LIBRIS* och *epsilon*. Den databas som använts för utsökning av vetenskapliga artiklar är *Google scholar*. Sökord har använts ensamma, med trunkering eller sammanskrivna med andra aktuella sökord och har utgjorts av inventering-, inventory-, objektiv cirkelprovyteutläggning-, skoglig planering-, utbyte-, utbytesberäkning-, utbytesprognos-, forest yield-, forest forecast-, höjdkurvor-, höjdfunktioner-, formkvot-, simulering-, simuleringsprogram-, simulation-, skördardator-, produktionsfil-, skadefrekvens-.

4.2 Urval av objekt

Slutavverkningsobjekt till studien har valts ut i samråd med samtliga produktionsledare på Medelpads skogsförvaltning, detta för att objekt som inom studiens tidsramar skulle komma att sluthuggas och mätas in vid industri skulle taxeras. Samtliga objekt som taxerats har funnits i förvaltningens treåriga drivningsplan tillsammans med ett stort antal andra objekt. Urvalet kan därför betraktas som slumpmässigt. Slutavverkningsobjekt från egen skog och köptrakter utgör det beräkningsgrundande materialet i denna studie och består endast av avlägg som utgjorts av en drivningsenhet.

Totalt innefattar studien 22 slutavverkningsobjekt. Tio av dessa har sitt ursprung i SCA Skogs egna skogsinnehav medan resterande 12 utgörs av trädköp.

4.3 Inventering enligt instruktion

För provyteutläggning, lokalisering i fält och för att visuellt se objektets yttergränser har en *Archer* handdator använts. Data till denna har tankats över via SCA Skogs egna program *Traktdirektiv*. Provytorna har skapats med hjälp av programmet *SCATax*.

För mätning av brösthöjdsdiameter har en Haglöfsklave av modell *Mantax Digitech* laddad med dess inbyggda mjukvara för diameterinsamling använts. Data har sparats lokalt i klaven och sedan överförs och sparats i en PC via programmet *DiGiCom*. Detta program har använts för att det för StandIn viktiga filformatet *inv* skall kunna genereras. För varje objekt har även en textfil läsbar i Microsoft Excel skapats för att på ett enkelt sätt kunna ta fram ytornas maxdiameter, samt varje objekts femte näst högsta diameter som behövs för att räkna utbyte med befintlig rutin.

Höjdmätning har skett med en *Vertex IV* och *Transponder T3*, med hjälp av dessa har även cirkelytans radie från provytecentrum kontrollerats.

Objektiv provyteinventering har tillämpats, och för varje objekt har tio provytor lagts ut. På varje yta har uppgifter om trädslag, diameter i brösthöjd och höjd samlats in. Provytornas radie har varit tio meter och på varje yta har totalklavning av brösthöjdsdiameter utförts. Ett provträd för höjd har mätts på varje yta, totalt tio höjdräd per objekt.

Förbandet har beräknats automatisk med hjälp av den handdator som använts vid fältarbetet.

Ytorna har med automatik lagts ut i nord/sydligt respektive öst/västligt ruttmönster, besökts och taxerats.

Samtliga objekt har taxerats av författaren.

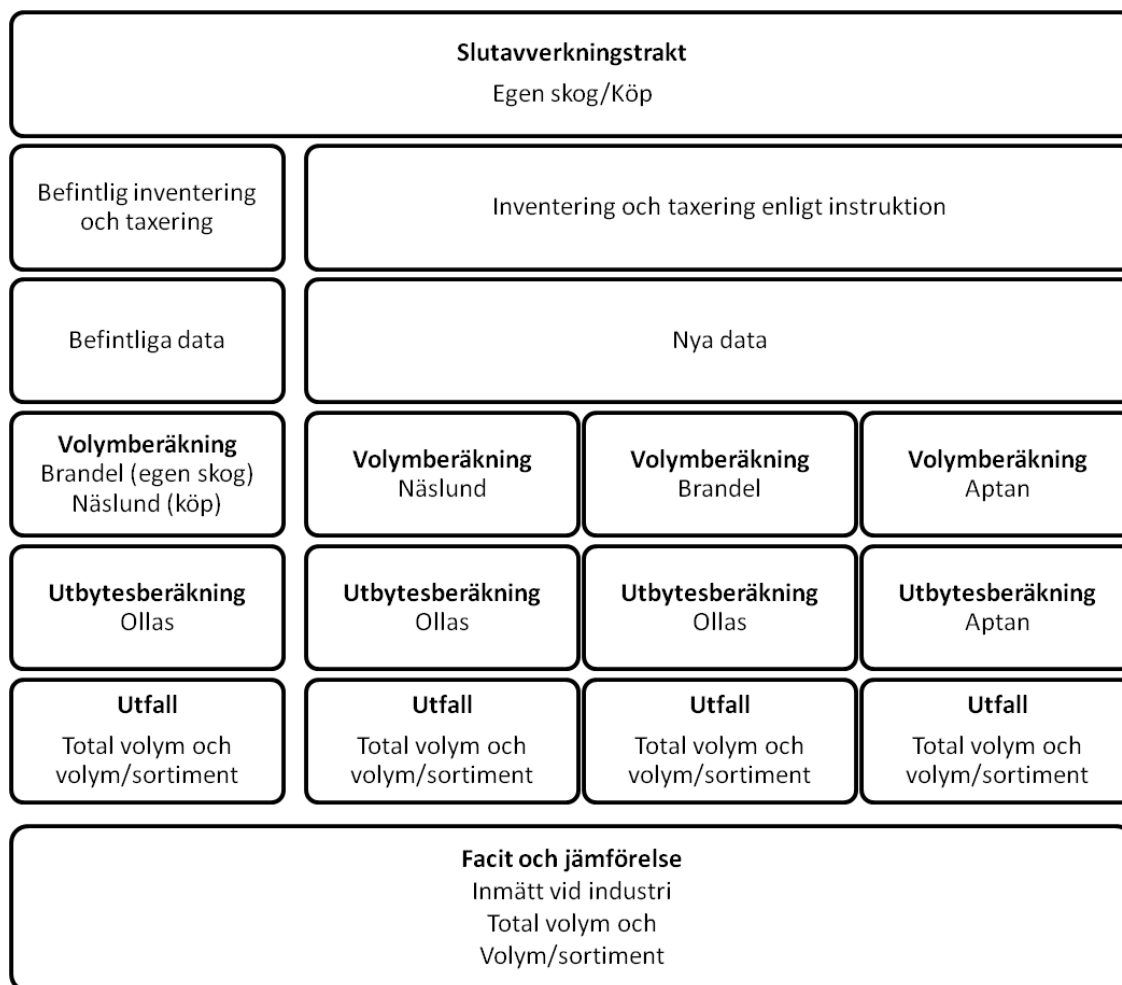
4.4 De fyra försöksleden

De fyra olika kombinationerna av metoder, försöksleden, som jämförts i studien återfinns i Figur 2. Till försöksled 1 har data från befintlig taxering använts. För objekt på egen skog har taxeringen i de flesta av dessa fall utförts med hjälp av objektiv cirkelyteinventering. Antalet ytor har bestämts av objektets areal, för två hektar 6 ytor, fyra hektar 8 ytor enda upp till 19 ytor för 20 hektar. Ytradien har bestämts av stamantal per hektar. För < 700 stammar/ha har 10 meters ytradie använts, för 700-1400 stammar per hektar 7 meters ytradie och för objekt med >1400 stammar per hektar 5 meters provyteradie (SCA, 1997). Dessa data har av distriktschefer tagits in i den befintliga rutinen för volym- och utbytesberäkning där Brandels volymfunktion typ 300-01 använts och utbyte beräknats med Rune Ollas utbytesfunktion. Resultatet av dessa har plockats fram ur SCA Skogs system för att kunna jämföras med de för studien uppmätta värdena.

Vad gäller de köptrakter som finns med i studien är de taxerade på skilda sätt utifrån olika förrättningsmän. Vanligast är dock att de är relaskoptaxerade, och att höjdklassen är skattad subjektivt med stöd av ett ospecificerat antal provträd. Beräkningar har här skett med Näslunds volymfunktion och Ollas utbytesfunktion.

För försöksled 2,3, och 4 har samma objekt som ovan taxerats om av författaren enligt beskrivningen i avsnitt 4.3. De data som samlats in har i försöksled 2 använts för att beräkna volym med Näslund och i försöksled 3 med Brandel. Utbyte har sedan beräknats med Ollas utbytesfunktion för enskilda träd och bestånd. I försöksled 4 har data använts för att beräkna volym och utbyte med simuleringsprogrammet Aptan.

Som facitvärden för hela studien har inmätning vid industri använts.



Figur 2. De fyra försöksleden
Figure 2. The four experimental passes.

4.5 Höjdkurvor

För denna studie finns två relevanta höjdfunktioner, Söderbergs höjdfunktioner (1992) för norra Sverige, samt funktioner för beräkning av höjdklasser. De senare kallas i det följande SCA's höjdklasser. Vid beräkning av volym med Näslunds (1940) volymfunktion för tall, gran och björk i norra Sverige behöver höjdklasser definieras.

4.5.1 SCA's höjdklasser

SCA's höjdklasser till grund ligger för volymberäkning med Näslunds funktion. Ursprunget till funktionerna är inte fastställt men det är möjligt att utgör anpassningar av Cernolds (1981) tabeller. De funktioner som redovisas nedan är de som är inprogrammerade i SCA system och de som tillämpats i detta arbete. Varje provträd har tilldelats en höjdklass med hjälp av nedanstående funktion:

$$\text{Höjdklass} = (H - fA - fB * \log(D)) / (fC + fD * \log(D))$$

Där

H = Höjd (m)

D = Diameter (cm)

Konstanter för tall

$$fA = 1,579$$

$$fB = -1,214$$

$$fC = -0,579$$

$$fD = 1,214$$

Konstanter för gran

$$fA = 9,952$$

$$fB = -7,65$$

$$fC = -1,488$$

$$fD = 1,912$$

4.5.2 Söderbergs höjdfunktion

SCA Skog arbetar idag även med en alternativ rutin för beräkning av volym. Här används Brandels (1990) funktion ihop med Söderbergs (1992) höjdfunktion. Vid tillämpning av Söderberg måste en kalibreringskvot bestämmas. Kalibreringen tar hand om exempelvis systematiska fel i ståndortsindex (SI), och används för att få mer konkreta volymer genom anpassning till lokalt mätta provträd. Detta har gjorts med hjälp av programmet *ushöjd*. Programmet beräknar en skattad höjd för varje enskilt provträd med vilken en kalibreringskvot kan fastställas för varje enskilt objekt med följande formel:

$$\text{Kalibreringskvot} = \frac{\sum \text{mätta höjder}}{\sum \text{skattade höjder enligt Söderbergs funktion}}$$

Ingångsvariablerna för att beräkna funktionshöjd enligt Söderberg är följande:

Provträdets diameter (mm)

Provytans totala ålder (år)

Ståndorts Index (SI) för tall (dm)

Höjd över havet (m)

Breddgrad (grader)

Det grövsta trädets diameter i brh (mm)

Tallandel (0-1)

Granandel (0-1)

Björkandel (0-1)

Delad yta (0/1) där: 0 = nej, 1 = ja

Kustnära (0/1) där: Avstånd kust > 50 km = 0, Avstånd kust < 50 km = 1

4.6 Utbytesberäkning med Ollas utbytesfunktion för enskilda träd och bestånd

Nuvarande arbetssätt vid SCA Skog innebär att volym beräknas med Brandels (1990) volymfunktion vid slutavverkning på egen skog, medan Näslund (1940) tillämpas i de allra flesta fall vid volymberäkning på köptrakter.

Själva utbytesberäkningen sker sedan med Ollas (1980). Systemet är programmerat så att användaren med en enda körning får ut både totalvolym samt utbyte av sortiment för varje specifik slutavverkningstrakt.

De data som samlats in har sammanställts och använts för att beräkna för studien andra viktiga variabler (se ovan). När alla ingångsvärden beräknats har dessa lagts in i den befintliga rutin för utbytesberäkning som idag finns på SCA Skog. För ett så bra jämförelsematerial som möjligt har total volym beräknats både med Näslund och Brandel för samtliga trakter.

4.6.1 Brandels volymfunktion

Brandels funktion 300-01 ger volym under bark ovan stubbe. Indikatorvariabler för tall är breddgrad, för gran breddgrad och höjd över havet (Brandel, 1990). Data som använts för att beräkna volym med ovanstående funktion är följande:

Areal (ha)

Antal provytor (st)

Provyteradie (m)

Breddgrad (°)

Höjd över havet (m)

Kustnära (Ja/Nej)

Ståndortsindex, tall (m)

Dfix, drivningsenhetens femte högsta diameter (cm)

Totalålder (år)

Kalibreringskvot för tall, gran och löv

Totalt antal klavade stammar/diameterklass och drivningsenhet för tall, gran och löv (8, 10, 12...46+)

För att konvertera ståndortsindex för gran till tall har Leijons (1979) översättningstabell använts.

4.6.2 Näslunds volymfunktion för tall, gran och björk i norra Sverige

De data som använts för att beräkna volym med Näslunds funktion är följande:

Areal (ha)

Antal provytor (st)

Provyteradie (m)

Höjdklass (m)

Totalt antal klavade stammar/diameterklass och drivningsenhet för tall, gran och löv (8, 10, 12...46+)

4.6.3 Andel rötved, vrak och FFG

Vid utbytesberäkningen i försöksled 1-3 har schablonvärden framtagna av SCA Skog för det aktuella geografiska området använts för att beräkna mängden rötved och frisk färsk granmassaved (FFG). Beroende på distrikt har rötfrekvensen varierat mellan 3-8 procent. Andelen FFG har varierat mellan 90-100 procent. Dock har samma värden använts för enskilt objekt oavsett försöksled ett eller två och om det är Näslund eller Brandel som använts.

Ambitionen på Medelpads Skogsförvaltning är att 100 procent av granmassaveden skall mätas in som FFG (Larsson, K. Pers. komm.). Kravet på FFG är att den är lättbarkad med "savspänd" bark, vilket betyder att bastbarken ska vara vit och seg. Färskheten bedöms per trave, för att en trave ska bedömas som färsk eller tillfredsställande färsk ska minst 90 procent av dess volym bedömas som färsk (VMR, 2007).

Den främsta anledningen till att talltimmer som avverkats på Medelpads Skogsförvaltning vrakas är krök. Andelen vrak på grund av ovan nämnd orsak är 2,8 procent under perioden 20090101-20090731. För grantimmer är främsta vrakorsak också krök och beräknas för samma period till 2,1 procent. För grantimmer är även röta en relativt stor vrakorsak och för samma period beräknas den till 0,8 procent (Larsson, T. 2009).

4.7 Utbytesberäkning med simuleringsprogrammet Aptan

Timan är det övergripande namnet på SkogForsks program för timmeranalyser, vilket är ett MDI (Multi Document Interface) program och är av Windows standard. I denna studie har version Timan 2.1 använts. I programskalet Timan återfinns programmen StandIn, vilket är programmet för stamkontroll och skapande av analysbestånd, och Aptan, som är den programdel som utgör själva apteringsanalysen (Ogemark & Arlinger, 2008).

Aptan är ett simuleringsprogram som simulerar funktionen hos skördarens apteringsdator. Aptan har tre huvudsakliga användningsområden (Staland, 2001):

- Konstruktion av prislista för styrning av virkesutfallets dimensioner och kvaliteter efter köparens önskemål.
- Jämförelse av värdeutfall enligt olika prislistor i samma bestånd.
- Göra prognoser på utfallet i olika avverkningsobjekt med utgångspunkt i inventeringsdata (för detta används StandIn).

I programmet är hela stammens längd beräkningsgrundande även om den teoretiska apteringen utförs som stegvis värdeaptering. Aptan apterar träden mot prislistor för olika sortiment (Ogemark, Arlinger & Sondell 2008). Anledningen till att principen stegvis värdeaptering är ett måste beror av att hela stamlängden inte är känd innan trädet upparbetas (Kihlblom & Sondell, 1994). Aptan simulerar näroptimal fördelningsaptering (Ogemark, Arlinger & Sondell, 2008).

I Aptan kan diameterspridningen mellan skördare och sågverk simuleras, programmet kan beräkna hur stockar i en specifik diameterklass kommer att mätas in sågverket. Detta gör att virket kan tillredas i skogen så att det på bästa sätt uppfyller sågverkens beställning (Möller & Sondell, 2000). I StandIn ligger Edgren/Nylinders funktion för avsmalning från 1948 till grund, men denna kan bytas ut för att företagsanpassa programmet (Möller, pers. komm.). Version Aptan 10 har använts för simulering i denna studie. De data som samlats in i fält har sparats ner i filformatet *inv.* för att kunna läsas direkt i StandIn, och sedan i Aptan för simulering.

4.7.1 Indata

De viktigaste parametrarna gällande indata för Aptan är brösthöjdsdiameter, höjd och skadefrekvens. Trädens diametrar måste mätas i fält, annars kan osäkerheten i prognosstockarna blir relativt stor (Möller, pers. komm.).

Andra parametrar är formkvot, kvalitetsklasser, lägsta toppdiameter för timmer och prislista. De prislistor som varit aktuella under studien är, *BOLLEV4*, *BOLTU4* och *U5BT3*. Det är av yttersta vikt att samma prislista används vid simulering som vid avverkning och därför har så skett. Skillnaden i prislistor mellan egen skog och köptrakter är den att det tillämpas striktare fördelningsaptering på egen skog, det vill säga att fördelningsgraden styr skördarens aptering hårdare mot sågverkens specifika längd- och diameterkrav (Larsson, T, pers. komm). Av de

prislistor som använts i studien är det endast den sistnämnda som använts vid avverkning och simulering på köptrakter,

4.7.2 Beräkning av skadefrekvens

Aptan kräver skadefrekvens som indata. Data om skadefrekvens har hämtats ur skördarnas pri-filer. Pri står för ”*produktion, individuell*”. I en pri-fil registreras stockarna och dess ordning i stammen individuellt (Sondell, Möller & Arlinger, 2001). I en sådan fil registreras varje stocks längd, diameter, trädslag och kvalitet (Arlinger, Möller & Sondell, 2003). Skador som registreras är bland annat röta, tvärkrökar och tjurved som leder till manuella tvångskap. För varje stam som upparbetas beräknas skördarföraren göra 0,5-1 tvångskap. Tvångskap innebär att maskinoperatören manuellt valt att kapa stammen på ett visst ställe, genom att göra avsteg från den styrande prismatrisen (Möller, pers. komm.). Stam- och kvalitetstyp registreras i filen för varje enskilt träd, förutsatt att kvalitet är definierat, i detta fall enligt VMR 1-07 (Möller, pers. komm.).

Pri-filer har sparats ner i skördardatorer hos arbetslag spridda över hela Medelpads Skogsförvaltning. Filerna som använts i studien är inhämtade från slutavverkningsobjekt på egen skog och köptrakter. De analyserade stammarna härstammar inte från samma objekt som de taxerade och för studien avverkade objekten. Dessa är slumpvis utvalda för att få en spridning över hela förvaltningen.

Filerna har sedan sammanställts med det av SkogForsk framtagna programmet *pri-analys*. Programmet kan ge användaren en rad uppgifter. De som varit aktuellt för denna studie är andelen stamfelsved, för gran har stamfelsved för rotstock särskiljts från övrig stamfelsved då denna anger rötfrekvens. För tall däremot har dessa två slagits samman. Prianalyserna har alltså skett trädslagsvis för tall och gran.

Har volymen för ett trädslag understigit 50 m^3 sk har detta objekt plockats bort vid sammanställningen. Totalt har pri-filer från 29 slutavverkningsobjekt på förvaltningen analyserats, detta innebär 17951 tallstammar och 127 432 stammar av gran, total 145 383 stammar. Detta motsvarar 7436 m^3 sk tallved, och $29 228 \text{ m}^3$ sk granved. Medelstammen för de analyserade stammarna är $0,41 \text{ m}^3/\text{träd}$ för tall och $0,23 \text{ m}^3/\text{träd}$ för gran. Fördelningen tall och gran stämmer väl överens med trädslagsfördelning på de objekt som studien innefattar.

Resultatet för varje objekt har sammanställts till procentuella medel för Medelpads Skogsförvaltning, se tabell 1 och 2. Resultatet har jämförts mot den stambank för Mellansverige som SkogForsk upprättat på uppdrag av VMF Qbera, VMR 1-07 (Möller och Moberg, 2007) för att kontrollera säkerheten.

Tabell 1. Skadefrekvens för svensk tall (*Pinus sylvestris*), Medelpads Skogsförvaltning
Table 1. Frequency of damage, Scots pine (*Pinus sylvestris*), Medelpads Skogsförvaltning

Skadefrekvens				
Tvångskap	Toppbrott	Stamfelsved i rotstock*	Stammar >15 cm	Röta
%	%	%	%	%
65	10	7	82,6	0

* Beräknat på stammar > 15 cm.

Tabell 2. Skadefrekvens för gran (*Picea abies*), Medelpads Skogsförvaltning
Table 2. Frequency of damage, Norway spruce (*Picea abies*), Medelpads Skogsförvaltning

Skadefrekvens				
Tvångskap	Toppbrott	Stamfelsesved i rotstock*	Stammar >15 cm	Röta**
%	%	%	%	%
55	10	22	52,9	19,2

* Beräknat på stammar > 15 cm.

** Beräknad på antal rötade rotstockar per objekt, >15 cm.

4.8 Jämförelse

Resultatet ur de olika försöksleden har jämförts mot inmätta volymer per sortiment vid industri (*facit*). Relativa värden har beräknats och sedan har medeltal, standardavvikelse och eventuell signifikans beräknats.

De sortiment som specificeras vid inmätning är följande. Därför har dessa kommit att jämföras med utfallet utifrån beräkningarna för varje specifikt objekt:

Total volym (m³f)
 Talltimmer (m³f)
 Grantimmer (m³f)
 Barrmassaved (m³f)
 Frisk färsk granmassaved (m³f)
 Lövmassaved (m³f)
 Totalt antal stammar (st)
 Volym/hektar (m³f/ha)

Tall- och grantimmer har även slagits samman för att ha totalt timmer (m³f) som en jämförelseparameter. Även total barrved (m³f) är en sådan.

Eftersom utbytesberäkningen inte tar hänsyn till trädens utseende ges därför inget resultat av specialsортimentet stolp vid beräkning. I de fall där stolp tagits ut har dessa volymer slagits samman med talltimmervolymer.

Vad gäller inmätt rötved har den sammanslagits med grantimmer då virket appterats som detta, och en stor del av det virke som vrakas vid inmätning på grund av röta sågas ändå (Larsson, T. pers. komm.).

Allt virke med ursprung i egen skog travmäts in vid industri. Tall- och grantimmer med ursprung som leveransvirke eller där säljaren får betalt per sortiment stockmäts (Nordin, B, 2006).

5 Resultat

5.1 Om resultaten

För samtliga ovan nämnda sortiment, sortimentgrupper och stamantal redovisas medelvärde, RMSE och p-värde.

Medelvärdet redovisas som summan av den totala avvikelsen mot facit, dividerat med antalet observationer (n).

För att pröva om utbytesberäkningarna har ett systematiskt fel testades hypotesen att det sanna genomsnittliga relativa talet för utbytesberäkningarna är lika med 1. Hypotesen kan förkastas, dvs. en systematisk avvikelse föreligger, om p-värdet är litet (ex.vis 0.05). Att hypotesen förkastas kan bero på antingen att avvikelsen från facit är stor och/eller att avvikelsen är liten men stabil.

RMSE (*Root mean square error*) ger ett mått på spridningen av avvikelserna mot det sanna värdet ett. RMSE har beräknats enligt följande

$$\sqrt{((\text{Standardavvikelsen})^2 + (1 - \text{Medelvärdet})^2)}$$

RMSE-värden som presenteras nedan tolkas enligt normalfördelning. Värdet bör vara så lågt som möjligt, och skall tolkas så att det är den högsta avvikelsen mot värdet ett i maximalt 67 procent av fallen.

På grund av ett antal osäkerhetsfaktorer har avvikelsen gentemot facit varit större än 50 procent för en del sortiment på vissa objekt. Dessa plockats bort vid de statistiska beräkningarna då de bedömts vara förorsakade av fel, t.ex. arealfel, som inte bör påverka jämförelserna i denna studie. Om dessa värden inte strukits hade de statistiska resultaten blivit mycket svårtolkade. För sortimentet lövmassaved kommer inga resultat att redovisas på grund av att avvikelserna mot facitvärden varit för stora och därför kan ett resultat med tillräckligt hög säkerhet inte redovisas.

Resultaten nedan redovisas för totalt antal taxerade objekt, samt fördelat på egen skog- och köpobjekt. Löpnummer 1-10 nedan har sitt ursprung i egen skog medan 11-22 är trädköp.

5.2 Resultat för samtliga försöksytor

Tittar man på ett av de mer ekonomiskt värdefulla sortimenten, talltimmer kan konstateras att de resultat som beräknats med befintlig metod underskattar volymen i medeltal med cirka 5 procent (Tabell 3). För det befintliga datat har fyra observationer strukits, samtliga på grund av stora överskattningar varav en observation med så mycket som 170 procent. För talltimmer kan konstateras att det bästa resultatet fås med Brandel/Ollas där avvikelsen i medeltal mot facit är minus 5 procent. Det relativt låga RMSE-värdet visar att avvikelsen mot facit är maximalt 14,5 procent för en övervägande del av observationerna. Tre observationer har dock strukits på grund höga underskattningar mot facitvärden. Simuleringsprogrammet Aptan överskattar istället volymen med cirka 5 procent.

Gemensamt för samtliga försöksled är svårigheten att skatta grantimmer. Allra sämst resultat fås med Brandel/Ollas, där både medel- och RMSE-värdet är de högsta. Det betyder att överskattningen av grantimmervolymen jämfört mot facit är hög och även att spridningen jämfört mot facit är den högsta av de fyra metoderna. Överskattningen bekräftas av att de strukna observationerna överskattade volymen med ca 60 procent. Med Näslund/Ollas har så många som sju observationer strukits; sex av dessa på grund av stor överskattning av volym. Även med det befintliga datat och med Aptan beror de strukna observationerna i samtliga fall utom ett på överskattning av volym.

Sammantaget för timmer är det mycket svårt att visa på om någon av metoderna är bättre än de andra. Den lägsta spridningen mot facitvärdet får vi med Brandel/Ollas. Medan det låga p-värdet med Aptan kan tyda på att avvikelserna är väldigt jämn.

Tabell 3 visar att Aptan erhåller en nära nog konstant överskattning; undantaget är FFG. Däremot ger simuleringsprogrammet ett relativt bra resultat när det gäller detta sortiment. Avvikelsen i medeltal mot facit är 1,2 procent och spridningen mot facit är i en övervägande del av fallen 23,5 procent, vilket bekräftas av det höga p-värdet. Det bästa resultatet för detta sortiment fås dock med befintligt data. De borttagna observationerna med de andra metoderna beror på överskattningar.

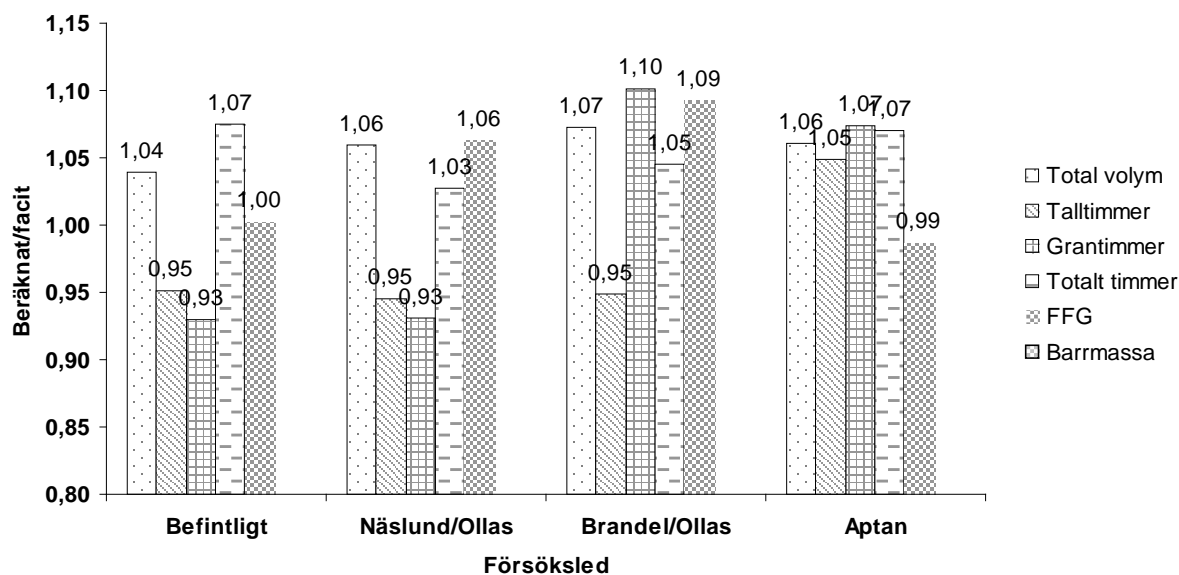
Svårast verkar det vara att skatta utbyte av barmassaved, oavsett funktion. Samtliga observationer som strukits i leden befintligt, Näslund/Ollas och Brandel/Ollas beror på stora överskattningar. För den förstnämnda har nio observationer strukits, med Näslund/Ollas har nio stycken strukits och men Brandel/Ollas har tio stycken observationer strukits. Med Aptan är tre observationer strukna på grund av överskattning, resterande två på grund av underskattning.

Tabell 3. Medelvärden, RMSE, och p-värden för samtliga studiens samtliga jämförelseparametrar, och samtliga försöksytor.

Table 3. Mean values, root mean square error and p-values of all the parameters of comparison, for all the objects.

Resultat samtliga sortiment, alla försöksytor				
Sortiment/Försöksled	Medelvärde	RMSE	P-värde	Antal (n)
Total volym				
Befintligt	1,039	0,199	0,009	22
Näslund/Ollas	1,060	0,223	0,164	21
Brandel/Ollas	1,073	0,176	0,044	22
Aptan	1,060	0,187	0,124	22
Talltimmer				
Befintligt	0,952	0,306	0,505	18
Näslund/Ollas	0,945	0,273	0,347	22
Brandel/Ollas	0,949	0,145	0,116	19
Aptan	1,049	0,267	0,403	21
Grantimmer				
Befintligt	0,930	0,217	0,567	19
Näslund/Ollas	0,931	0,253	0,293	15
Brandel/Ollas	1,101	0,292	0,135	18
Aptan	1,074	0,201	0,121	17
Totalt timmer				
Befintligt	1,075	0,189	0,062	21
Näslund/Ollas	1,027	0,190	0,506	22
Brandel/Ollas	1,046	0,168	0,200	22
Aptan	1,070	0,171	0,051	21
FFG				
Befintligt	1,003	0,341	0,973	17
Näslund/Ollas	1,063	0,358	0,475	16
Brandel/Ollas	1,093	0,405	0,313	18
Aptan	0,988	0,235	0,809	21
Barrmassa				
Befintligt	1,032	0,384	0,776	12
Näslund/Ollas	1,137	0,298	0,064	15
Brandel/Ollas	1,080	0,259	0,249	14
Aptan	1,058	0,422	0,575	17
Total barrvolym				
Befintligt	1,081	0,170	0,026	22
Näslund/Ollas	1,074	0,216	0,112	22
Brandel/Ollas	1,091	0,190	0,018	22
Aptan	1,073	0,193	0,067	22
Stamantal				
Befintligt	0,971	0,188	0,476	21
Näslund/Ollas	0,958	0,195	0,329	21
Brandel/Ollas				
Aptan				
m³t/ha				
Befintligt	1,103	0,208	0,014	22
Näslund/Ollas	1,061	0,189	0,139	21
Brandel/Ollas	1,074	0,175	0,039	22
Aptan	1,064	0,198	0,126	22

Figur 3 kan utläsas som att simuleringsprogrammet Aptan har en benägenhet att överskatta utbytet, men gör det med i samma omfattning för alla sortiment.



Figur 3. Medelvärden, avvikelseprocent (%) av facit för total volym, tall-, gran och totalt timmer, samtliga försöksytor. Där facit motsvarar 1,0.

Figure 3. Mean values, deviation percent of facit, pine-, spruce- and total of timber. For all the objects, due to facit 1,0.

Den största spridningen (se Bilaga 2) för total volym fås med Näslund/Ollas. 13 av observationerna överskattar volymen. De tre högsta extremvärdena jämfört med samtliga fyra jämförelseled representeras av denna metod. Den ger även den största underskattningen av total volym liksom den högsta underskattningen gällande totalt för timmer. Vad gäller spridningen totalt för timmer ger Aptan den observation som har den största överskattningen. Tittar man bara till köptrakter så är det dock den metod som ligger närmast facitvärdena.

För talltimmer är det befintliga datat som visar på både de största över- och underskattningarna. Med Brandel/Ollas är 16 av observationerna underskattningar och resterande 6 överskattningar. Med Aptan är läget det motsatta.

Det är relativt stora spridningar för samtliga sortiment. Spridningen för grantimmer bekräftar resultaten i tabell 3 ovan, dvs. grantimmer är det sortiment som det är svåraste att beräkna utbytet för med samtliga beräkningsmodeller. En tydlig trend är att utbyte av grantimmer underskattas med befintligt data på egen skog trakter. Den högsta överskattningen av grantimmer fås med Näslund/Ollas. Tre av observationerna med Aptan visar på en överskattning med cirka 100 procent.

5.3 Resultat för objekt på SCA´s egen skog

Sortimentet barmassa har tagits bort ur resultatdelen för egen skog på grund av för stora avvikelser mot facitvärden (Tabell 4). Med det befintliga ledet överskattades 7 av observationerna mellan 77 och 150 procent. Näslund/Ollas och Brandel/Ollas hade liknande grova överskattningar vid 6 av observationerna. Det är endast simuleringsprogrammet Aptan som gav ett användbart material med bara en outlier i form av en underskattning på 72 procent.

Det bästa resultatet för talltimmer fås med Näslund/Ollas, där medelavvikelsen från facit är 0,8 procent och där också RMSE indikerar att 67 procent av alla värden avviker från 1,0 med högst 23,9 procent. Det höga p-värdet indikerar att observationerna inte har någon större variation mot facitvärden.

För Brandel/Ollas som också får anses skatta talltimmer på egen skog relativt bra visar motsvarande värden en underskattning med 4,3 procent, en maximal avvikelse mot facit i en övervägande del av observationerna på 16,8 procent.

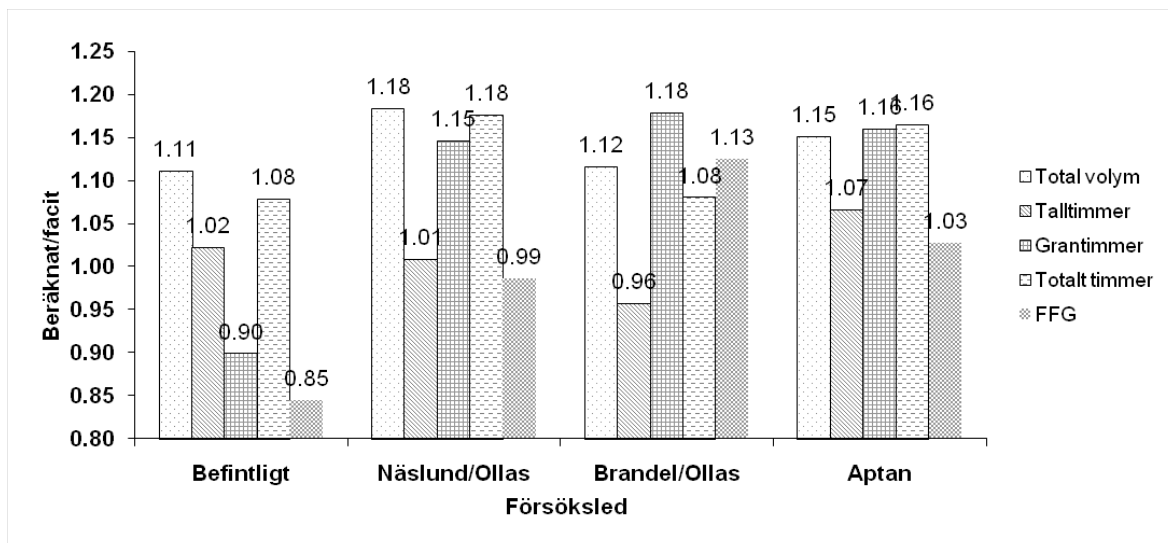
Grantimmerandelen är mycket svår att skatta på egen skog. Med Näslund/Ollas har över hälften av observationerna plockats bort på grund av överskattning, spridningen mellan de bortplockade värdena har legat mellan 53 och 140 procent. Bästa resultatet fås med det befintliga datat för detta sortiment.

Även när man bara ser till observationerna för egen skog är Aptan bra på att skatta FFG volymen.

Tabell 4. Medelvärden, RMSE, och p-värden för hela studiens samtliga jämförelse parametrar, på SCA Skogs eget markinnehav.

Table 4. Mean values, root mean square error and p-values of all the parameters of comparison, for objects at SCA Skogs forest holding..

Resultat samtliga sortiment, försök egen skog				
Sortiment/Försöksled	Medelvärde	RMSE	P-värde	Antal (n)
Total volym				
Befintligt	1,111	0,214	0,087	10
Näslund/Ollas	1,183	0,286	0,023	9
Brandel/Ollas	1,116	0,203	0,054	10
Aptan	1,151	0,252	0,042	10
Talltimmer				
Befintligt	1,022	0,219	0,801	7
Näslund/Ollas	1,008	0,239	0,918	10
Brandel/Ollas	0,957	0,168	0,456	9
Aptan	1,066	0,299	0,518	9
Grantimmer				
Befintligt	0,899	0,280	0,344	7
Näslund/Ollas	1,146	0,194	0,108	4
Brandel/Ollas	1,178	0,215	0,015	6
Aptan	1,159	0,250	0,099	6
Totalt timmer				
Befintligt	1,078	0,196	0,201	10
Näslund/Ollas	1,176	0,210	0,001	10
Brandel/Ollas	1,080	0,152	0,081	10
Aptan	1,164	0,235	0,019	9
FFG*				
Befintligt	0,845	0,291	0,096	9
Näslund/Ollas	0,986	0,260	0,898	6
Brandel/Ollas	1,125	0,418	0,376	9
Aptan	1,028	0,240	0,737	10
Total barrvolym				
Befintligt	1,082	0,186	0,179	9
Näslund/Ollas	1,212	0,291	0,013	9
Brandel/Ollas	1,141	0,219	0,025	10
Aptan	1,164	0,253	0,025	10
Stamantal				
Befintligt	1,009	0,183	0,888	9
Näslund/Ollas				
Brandel/Ollas				
Aptan				
	1,006	0,270	0,953	9
m³/ha				
Befintligt	1,120	0,243	0,067	10
Näslund/Ollas	1,168	0,244	0,176	9
Brandel/Ollas	1,106	0,188	0,049	10
Aptan	1,160	0,270	0,069	10



Figur 4. Medelvärden, avvikelseprocent (%) av facit för total volym, tall-, gran och totalt timmer, SCA skogs eget markinnehav. Där facit motsvarar 1,0.

Figure 4. Mean values, deviation percent of facit, pine-, spruce- and total of timber, for objects at SCA Skogs forest holding, due to facit 1,0.

5.4 Resultat för försök på köptrakter

Sortimentet barmassa har tagits bort ur resultatet på grund av för stora avvikelser mot facitvärden (Tabell 5). Färre avvikelser än på egen skog kan ses, men materialet blir ändå för litet för att presenteras. Samtliga observationer som tagits bort för de tre första beräkningsmetoderna berodde av överskattningar, medan det med Aptan berodde av överskattning, samt en underskattning. Jämförs samtliga metoder och jämförelseparametrar mot resultaten på egen skog finns färre borttagna observationer i resultatdelen för köptrakter.

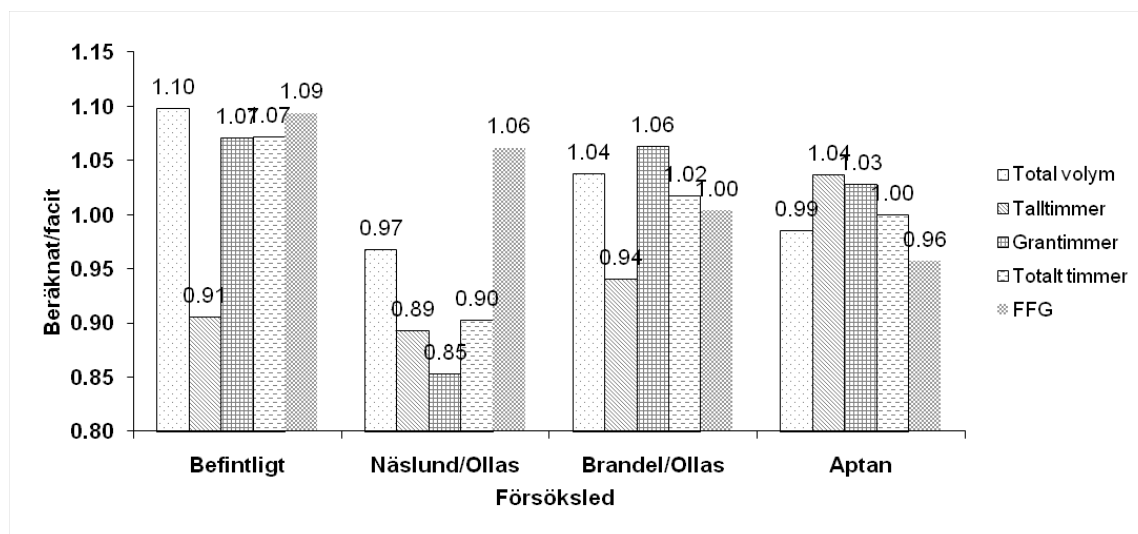
Vad gäller utbytesberäkning på köptrakter är simuleringsprogrammet bäst för samtliga jämförda värden. Medelavvikelsen för total volym är 1,5 procent, och i 67 procent av fallen är avvikelserna från ett högst 11 procent. Samma tendenser finns för tall- och grantimmer. Men för jämförelseparametern totalt timmer avviker medelvärdet från facit ingenting, och den maximala avvikelserna från ett i 67 procent av observationerna är 17,7 procent. För sortimentet FFG kan utbytet anses bäst med Brandel/Ollas om vi tittar till procentuell medelavvikelse, men tittar vi istället till avvikelserna mot ett så är Aptan återigen bäst.

Tabell 5. Medelvärden, RMSE, och p-värden för samtliga studiens samtliga jämförelse parametrar, köptrakter.

Table 5. Mean values, root mean square error and p-values of all the parameters of comparison, for objects at private forest.

Resultat samtliga sortiment, försök köptrakter				
Sortiment/Försöksled	Medelvärde	RMSE	P-värde	Antal (n)
Total volym				
Befintligt	1,098	0,193	0,067	12
Näslund/Ollas	0,968	0,135	0,416	12
Brandel/Ollas	1,038	0,158	0,415	12
Aptan	0,985	0,114	0,654	12
Talltimmer				
Befintligt	0,906	0,360	0,393	11
Näslund/Ollas	0,893	0,307	0,223	12
Brandel/Ollas	0,941	0,128	0,135	10
Aptan	1,037	0,254	0,625	12
Grantimmer				
Befintligt	1,071	0,178	0,179	11
Näslund/Ollas	0,853	0,273	0,061	11
Brandel/Ollas	1,063	0,329	0,515	12
Aptan	1,028	0,177	0,607	11
Totalt timmer				
Befintligt	1,072	0,190	0,207	11
Näslund/Ollas	0,903	0,171	0,036	12
Brandel/Ollas	1,017	0,186	0,757	12
Aptan	1,000	0,104	0,999	12
FFG*				
Befintligt	1,094	0,359	0,437	9
Näslund/Ollas	1,062	0,399	0,632	10
Brandel/Ollas	1,004	0,382	0,974	9
Aptan	0,957	0,241	0,546	12
Total barrvolym				
Befintligt	1,080	0,163	0,093	11
Näslund/Ollas	0,970	0,140	0,460	12
Brandel/Ollas	1,048	0,167	0,316	12
Aptan	0,998	0,128	0,949	12
Stamantal				
Befintligt	0,942	0,198	0,312	12
Näslund/Ollas	0,923	0,125	0,020	12
Brandel/Ollas				
Aptan				
m³f/ha				
Befintligt	1,089	0,182	0,079	12
Näslund/Ollas	0,979	0,139	0,607	12
Brandel/Ollas	1,048	0,169	0,323	12
Aptan	0,984	0,115	0,630	12

I figur 5 går att utläsa att medelvärden av avvikelser mot facit med Aptan är väldigt låga, samt att de håller sig runt ett. Flertalet ganska höga p-värden bekräftar att resultaten ligger relativt nära facit.



Figur 5. Medelvärden, avvikelseprocent (%) av facit för total volym, tall-, gran och totalt timmer, köptrakter. Där facit motsvarar 1,0.

Figure 5. Mean values, deviation percent of facit, pine-, spruce- and total of timber, for objects at private forest, due to facit 1,0.

6 Diskussion

6.1 Tolkning av resultatet

6.1.1 Samtliga trakter

Gällande total volym är det mycket svårt att dra några slutsatser om vilken metod som är bäst. Det befintliga datat har det lägsta medelvärdet, där volymen i medeltal överskattats med 3,9 procent, vilket skulle göra metoden till den bästa sett ur den synvinkeln. Avvikelsernas spridning mot facitvärdet ett är jämn mellan de fyra olika beräkningsmetoderna. Detsamma får man säga om medelvärdena, detta får tolkas som att det generellt sett stämmer relativt bra vad gäller total volym. Det är när den totala volymen bryts ner på sortimentsnivå som problemen med att beräkna ett så korrekt utbyte som möjligt uppstår.

Det som går att urskönja är kombinationen Näslund (1940) och Ollas (1980) är den metod där flest observationer plockats bort på grund av stora överskattningar av utbyte. Vad detta beror på är svårt att säga, men man kan tänka sig att det är beroende av att det också är den metod där minst ingångsvariabler används.

Studien visar tydligt att det sortiment som är av stor ekonomisk betydelse, och svårt att beräkna utbyte för är grantimmer. Resultaten pekar i egentlig mening inte ut någon metod som är avsevärt bättre än någon annan, men den minsta avvikelsen mot det givna facitvärdet ett i för en övervägande del av observationerna fås med simuleringsprogrammet Aptan.

6.1.2 Befintligt data

Det befintliga datat som taxerats av SCA Skogs egen personal visar sig innehålla stor spridning relativt facit. Vissa utbyten underskattas jämfört facitvärden, andra överskattas. Tittar man på spridningen (Bilaga 2) gällande det befintliga datat är spridningen något högre, och avvikelserna mot facit större för köptrakter än för egen skog. Detta skulle framförallt kunna tänkas bero av två orsaker. För det första är ingångsdata är i de flesta fall relaskoptaxerat, för det andra är den funktion för utbyte som använts uteslutande Näslund i kombination med Ollas. Tittar man på beräkningen av den totala volymen är resultaten som är beräknade med Näslund/Ollas med ett ingångsdata som är taxerat instruktion bättre än det befintliga. Detta gäller dock inte om man tittar på volymen uppdelad på sortiment.

6.1.3 Egen skog

Antalet objekt som i studien har sitt ursprung i SCA Skogs eget markinnehav får anses som lågt då det materialet endast innehåller tio trakter. Resultaten har ändå presenterats då de ger en indikation.

Vid volym- och utbytesberäkning används i dagsläget, som nämnts tidigare, uteslutande Brandel (1990) i kombination med Ollas (1980). Tendenser att utbytet överskattas relativt till facit finns (Tabell 4). Studien visar att total volym överskattas i medeltal med 11,6 procent, jämfört de andra tre beräkningarna ger denna det bästa resultatet. Det låga p-värdet kan i detta fall tolkas som att beräkningarna avviker lite, men relativt stabilt från facit. Det bekräftas om man bryter ner resultatet och analyserar observation för observation. Även totalt för timmer ger denna metod det bästa resultatet.

Tittar man på enskilda sortiment ger Näslund i kombination med Ollas det bästa resultatet vad gäller talltimmer. Inga observationer har där heller tagits bort på grund av stora avvikelser. Det höga p-värdet indikerar även att det finns en signifikans med facitvärden.

Bortsett från talltimmer fås de sämsta skattningarna på dessa trakter då total volym beräknats med Näslund och utbytet med Ollas. Detta kan troligen förklaras med att det för dessa trakter finns en mängd grunddata i SCA Skogs register som använts vid beräkningarna med Brandel. Ålder, breddgrad och höjd över havet är exempel på ingångsvärden för beräkning av totalvolym med Brandel, men inte med Näslund. Ju fler ingångsvariabler desto säkrare bör resultatet bli givet att värdena är tillförlitliga, vilket kan urskönjas om resultatet ur dessa två funktioner jämförs.

6.1.4 Extern mark

Simuleringsprogrammet Aptan har visat sig vara bäst på att beräkna utbyte i jämförelse mellan de fyra försöksleden (Tabell 5). Det visar sig att programmet överskattar utbytet något. Överskattningen sker dock med jämnhet; det finns ett systematiskt fel som visar sig i en nära nog konstant överskattning av samtliga sortiment. Det borde gå att hitta orsaken till detta systematiska fel och därigenom få riktigt bra skattningar.

För de ekonomiskt viktiga sortimenten tall- och grantimmer är medelavvikelsen för Aptan relativt mot facitvärden plus fyra, respektive tre procent. Avvikelsena mot det givna facitvärdet ett är i en övervägande del av fallen maximalt 25 procent för talltimmer och 18 procent för grantimmer.

Aptan visar sig även skatta total volym och stående fastkubikmeter per hektar mycket bra. Avvikelsen mot ett för två tredjedelar av fallen är för dessa jämförelseparametrar endast 11 procent. Man bör också beakta att endast en observation tagits bort för alla sortiment sammantaget med denna metod och detta på grund av en underskattning.

Att skatta total volym med Brandel och utbytet med Ollas ger de näst bästa resultaten för köptrakter. Den relativa avvikelsen mot facit är något högre än med Aptan för tall- och grantimmer, minus sex, respektive plus sex procent. Skillnaden mot Aptan är jämnheten i avvikelserna. Att kalibrera funktionerna blir svårare med Brandel/Ollas där spridningen från facit går både upp och ner. Avvikelsena från det givna facitvärdet ett är också högre med denna funktion.

De goda resultaten med Aptan på trakter med sitt ursprung på extern mark kan förklaras med att de prislistor som används på dessa trakter i mindre grad utsätts för fördelningsaptering, styrningen mot sågverkens längd- och diameterkrav är inte lika hård som vad den är på egen skog. Prislistor till köptrakter tillåter att skördardatorn gör avsteg från industrins beställning i högre grad än de på egen skog. Detta betyder att skördardatorn tillåts att aptera mer timmer på ursprung extern mark än egen skog.

Resultatet med befintligt data jämfört mot facit på köptrakter får anses relativt osäkert, då virkesköparna justerar utfallet av utbytesberäkningarna i efterhand. Trots dessa justeringar är det detta försöksled som ger de sämsta resultaten, vilket kan förklaras av att köptrakter i de allra flesta fall taxeras genom relaskopytor. Virkesköparna använder sig i många fall inte heller av data som breddgrad och höjd över havet, något som innebär att det befintliga datat måste beräknas med Näslund.

6.1.5 Resultatet som helhet

Försöksleden befintliga data och Näslund i kombination med Ollas (Tabell 3, 4 och 5) ger de sämsta resultaten och den största spridningen runt värdet ett.

Att använda Brandel för att beräkna total volym och Ollas för utbyte ger relativt bra resultat då data taxerat enligt instruktion används. Spridningen får här anses som relativt bra. Detsamma gäller för simuleringsprogrammet Aptan. Det som skiljer de båda metoderna åt är att det finns en konstant överskattning av total volym med Aptan. Brandel i kombination med Ollas tenderar att ha en både under- och överskattning av utbytet beroende på sortiment.

6.2 Aptan

Som ses ovan så ger Aptan ett mycket bra resultat på köptrakter, men det som får anses som mest positivt med simuleringsprogrammet är att det konsekvent överskattar volymen. Detta gör det enklare att i framtiden kalibrera bakomliggande funktioner för ett ännu säkrare resultat.

6.2.1 Indata

Indata i Aptan är mer omfattande än i de andra två testade funktionerna, men kräver å andra sidan inte mer tid. Uppgifter om brösthöjdsdiameter och höjd är desamma som behövs som indata i både Näslund och Brandel i kombination med Ollas. Höjd över havet och breddgrad används då totalvolym beräknas med Brandel. Den stora skillnaden är skadefrekvens, kvalitetsklasser och prislista. I och med att skadefrekvensen kan beräknas med hjälp av information från skördarnas pri-filer, kvalitetsklasserna finns att hämta via VMF och Skogforsk framtaget data är det data som i princip redan finns. Prislister är också material som redan finns att tillgå då dessa konstrueras och skickas ut till skördarna som apterar virket utefter dessa.

6.2.2 Användarvänlighet

Det som får anses som negativt med programmet är att det kräver en hel del inläringstid. Hela programskalet, Timan, och dess program måste ställas in i flera led för att fungera. Flera av inställningarna förefaller sig inte naturliga för en ovan användare. Det finns även ett antal buggar i programmet som ger felmeddelanden vid simulering, men som inte påverkar resultatet. Detta är något som kan orsaka problem i form av onödig tidspillan för användaren.

6.3 Reservationer

6.3.1 Felkällor

I en studie som denna finns en rad felkällor som läsaren bör vara medveten om. Den största felkällan i denna studie är de facitvärden som använts. Dessa värden är hämtade från varje enskilt objekt, inmätt vid industri. Data för objekt med ursprung i egen skog får anses innehålla en större osäkerhet då detta travmäts vid industri, medan ursprung extern mark stockmäts.

Det virke som kommer in till industri kan vara mer eller mindre än vad som faktiskt avverkats på respektive objekt. På vägen från apterat träd till industri kan mycket hända. Skotaren kan missa ett antal stockar, timmerbilschaufförer kan välja att plocka med sig virke från andra avlägg för att fylla sina bilar på väg till industri och det finns även en viss sannolikhet att virke skadas vid transport och klassas ned vid inmätning.

En annan felkälla är arealen. De arealer som använts i studien är de planerade arealerna för slutavverkning. Det har kontrollerats så att hela objekt avverkats. Men miljö- och naturvärdesträd, mindre dungar och kantzoner innehåller volymer som blir kvar som stående skog.

Den rötfrekvens som använts vid beräkning med det befintliga datat, samt med Näslund och Brandel i kombination med Ollas är generella skattningar som är vedertagna inom varje distrikt på Medelpads Skogsförvaltning. Säkerheten i dessa siffror kan ifrågasättas. Den skadefrekvens som använts i simuleringsprogrammet Aptan härstammar ur pri-filer hämtade från hela förvaltningen, alltså ett stort geografiskt område och kan därför ha påverkat utfallet åt det ena eller andra hållet.

Den mätutrustning som använts vid taxering kan, även om den kalibrerats innan användning bidragit med vissa felmarginaler.

6.3.2 Studiens upplägg

Upplägget av själva studien kan diskuteras. På grund av begränsade tidsramar innehåller studien bara 22 objekt. Naturligtvis hade resultaten gett en ännu större säkerhet om de taxerade objekten varit fler.

Som facitdata kan diskuteras om det är korrekt att använda inmätning vid industri, speciellt för ursprung egen skog där virket per sortiment travmäts. Skördarmätning hade kanske varit att förespråka, å andra sidan kräver det välkalibrerade maskiner, vilket man vid studiens början inte kunde garantera och därför valdes inmätning som facit.

6.4 Rekommendationer

Idag används Näslund (1940) uteslutande vid utbytesberäkning på köptrakter. Detta bör ses över av SCA Skog. Enligt resultaten ovan så är det den metod för utbytesberäkning som ger de sämsta resultaten.

Brandel(1990) och Söderberg (1992) i kombination med Ollas (1980) ger en bättre utbytesberäkning än Näslund (1940) och SCA's höjdklasser i kombination med Ollas (1980). Brandel/Söderberg rekommenderas idag enligt de befintliga rutinerna på egen skog. Förhoppningsvis kommer då även köptrakter att beräknas med denna funktion. Information om breddgrad och höjd över havet kan på ett enkelt sätt plockas fram ur de system som finns idag. Nackdelen med denna funktion är att den är svårare att kalibrera på grund av att avvikelserna beroende av sortiment både under- och överskattas. Väljer företaget att fortsätta med de utbytesberäkningar de använder idag bör de se till att taxeringen utförs enligt instruktion, samt beräkna skade- och rötfrekvenser per distrikt med hjälp av skördarnas pri-filer och använda dessa i dagens system.

Den bästa metoden visar sig vara att beräkna utbyte med simuleringsprogrammet Aptan, delvis på grund av jämnheten i avvikelse. Fortsatta tester och anpassningar av programmet för att räkna fram en säker kalibreringskvot torde vara det bästa för företaget på längre sikt. Säkerheten i siffrorna kan bli mycket hög, speciellt om skadefrekvenser tas fram distriktvis utifrån skördarnas pri-filer. Detta skulle i praktiken varken vara tidskrävande eller innebära några större kostnader för företaget då informationen finns att hämta ur skördarnas datorer. Att använda de prislistor som skördarna apterar efter när utbyte beräknas borde även logiskt sett ge det säkraste resultatet. Det kan dock kräva en högre grad av framförhållning än vad

företaget har idag gällande tillverkning av prislistor. Ett alternativ skulle kunna vara att man taxerar och beräknar enligt dagens befintliga rutin för att ha data i traktbanken, och att man i någon form av automatiserat system simulerar fram utbyte med hjälp av bland annat prislistan närmare avverkningens tidpunkt.

Ett förslag är att installera Aptan i någon del av företaget och då göra tester och anpassningar av utbytesberäkningar, parallellt med ordinarie rutiner och jämföra utfallen under en längre tid. Det skulle kunna ske i ett väl avgränsat projekt med en tydlig utvärdering som grund för eventuellt beslut om införande av simuleringsprogrammet som ordinarie rutin i företaget.

Referenser

Tryckta källor

Arlinger, J, Möller, J & Sondell, J. 2003. *A description of pri-files*. SkogForsk. Arbetsrapport nr 599. Uppsala.

Axelsson, R. 1972. *Utbytesberäkning – Jämförelse mellan cirkelyte- och relaskopmetod vid stickprovstagning*. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, redogörelse nr 6.

Brandel, G. 1990. *Volymfunktioner för enskilda träd*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogsproduktion. Rapport nr 26. Garpenberg.

Cernold, Å. 1981. *Utbytestabeller för rotstående skog*. Norra Sverige. Centrala sågverksföreningen. Falun.

Djurberg, H. 1996. *Den skogliga informationens roll i ett kundanpassat virkesflöde. – En bakgrundsstudie samt simulering av inventeringsmetoders inverkan på noggrannhet i leveransprognoser till sågverk*. Examensarbete i ämnet skogsuppskattning och Skogsindelning. ISRN SLU-SRG-AR--11--SE

Edgren, V & Nylinder, P. 1948. *Funktioner och tabeller för bestämning av avsmalning och formkvot under bark – Tall och gran i norra och södra Sverige*. Meddelanden från statens skogsforskningsinstitut. Band 38. Nr 7. Stockholm.

Kihlblom, P & Sondell, J. 1994. *Prov med två simuleringsverktyg för aptering*. SkogForsk. Resultat nr 16. Uppsala.

Larsson, T. 2009. SCA Skog AB. Virkesavdelningen. Intern publikation. Sundsvall.

Leijon, B. 1979. *Tallen och granens produktion på lika ståndort*. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogsskötsel. Umeå.

Lindgren, O. 1983. *Inventering av skogsbestånd – en metodöversikt*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biometri och skogsindelning. Rapport nr 4. Umeå.

Lindgren, O. 1984. *A study on circular plot sampling of Swedish forest compartments*. Swedish University of Agricultural Sciences, Department of Biometry and Forest Management. Section of forest mensuration and management. Umeå. ISBN 91-576-2037-7

Möller, J & Essen von I. 1997. *Fördelningsaptering – En fungerande metod även på små trakter och vid liten tillåten värdeavvikelse*. SkogForsk. Resultat nr 14. Uppsala.

Möller, J & Sondell, J. 2000. *Kundanpassning kräver bättre diamettermätning – möjligheter i skogen*. SkogForsk. Resultat nr 15. Uppsala.

Möller, J & Moberg, L. 2007. *Stambank VMF Qbera, VMR 1-07*. SkogForsk. Arbetsrapport Nr 641. Uppsala. ISSN 1404-305X.

Nordin, B. 2006. *Handbok för virkestransporter*. SCA Skog intern publikation. Sundsvall.

- Näslund, M. 1940. *Funktioner och tabeller för kubering av stående träd – Tall, gran och björk i norra Sverige*. Meddelanden från statens skogsforskningsanstalt 32:4. Stockholm.
- Näslund, M & Hagberg, E. 1952. *Kuberingstabeller – Tall gran och björk i norra Sverige*. Svenska skogsvårdsföreningens förlag. Stockholm.
- Ogemark, T & Sondell, J. 1997. *Avverkningsprognoser på stocknotnivå – baserade på inventering och simulering*. SkogForsk. Resultat nr 21. Uppsala.
- Ogemark, T & Arlinger, J. 2008. *Användarhandledning Timan 2.1*. SkogForsk. Uppsala.
- Ogemark, T, Arlinger, J & Sondell, J. 2008. *Användarhandledning Aptan i Timan 2.1*. SkogForsk. Uppsala.
- Ollas, R. 1980. *Nya utbytesfunktioner för träd och bestånd*. Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, Ekonomi nr 5.
- SCA. 1997. *Skogsskötselhandboken*. SCA Skog AB. Skogsvårdsavdelningen. Intern publikation. Sundsvall.
- SCA. 2008. SCA Skog AB, intern publikation. Sundsvall.
- SCA. 2009. *Skogsskötselhandboken*. SCA Skog AB. Skogsvårdsavdelningen. Intern publikation. Sundsvall.
- Staland, J. 2001. *Styrning av kundanpassade virkesflöden*. Examensarbete i ämnet skoglig planering. Arbetsrapport 85. ISRN SLU-SRG-AR--85—SE
- Sondell, J, Möller, J & Arlinger, J. 2001. *Tredje generationens apteringsdatorer*. SkogForsk. Resultat nr 14. Uppsala.
- Ståhl, G. 1992. *En studie av kvalitet i skogliga avdelningsdata som insamlats med subjektiva inventeringsmetoder*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biometri och skogsindelning, avdelningen för skogsuppskattning och skogsindelning. Rapport 24. Umeå.
- Ståhl, G. 1994. *Skogsinventering – en investering i skoglig information*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biometri och skogsindelning. Rapport nr 27. Umeå.
- Ståhl, G & Wilhelmsson, E. 1994. *Planering av skogsbruk*. Kurslitteratur. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skoglig resurshushållning och geomatik. Umeå.
- Söderberg, U. 1992. *Funktioner för skogsindelning – Höjd, formhöjd och barktjocklek för enskilda träd*. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogstaxering. Rapport 52. Umeå.
- Söderholm, J. 2002. *De svenska skogsbolagens system för skoglig planering*. SLU, arbetsrapport 98. ISRN SLU-SRG--AR--98--SE
- TNC 96. 1994. Skogsordlista. Tekniska nomenklaturcentralens publikationer nr 96.

Tekniska nomenklaturcentralen och Sveriges skogsvårdsförbund. Västervik. ISBN 91-7196-069-1.

Trost, J. 2005. *Kvalitativa intervjuer*. Studentlitteratur, Lund. ISBN 91-44-03802-X

VMR. 2007. *Kompendium i virkesmätning del V enligt VMR 1-06*.

Personliga meddelanden

Andersson, J. *Distriktschef, Medelpads Skogsförvaltning, SCA Skog AB*. Muntligt 2009-06-17. Telefon 070-696 98 10

Berggren, M. *Taxeringsentreprenör*. Muntligt 2009-06-17. Telefon 070-589 25 98

Eriksson, B. *Skötselchef, Medelpads skogsförvaltning, SCA Skog AB*. Muntligt 2009-06-17. Telefon 060-19 39 47

Johansson, T. *Distriktschef, Medelpads Skogsförvaltning, SCA Skog AB*. Sundsvall. Muntligt 2009-06-22. Telefon 060- 19 34 64

Larsson, K. *Utvecklingschef, Medelpads Skogsförvaltning SCA Skog AB*. Sundsvall. Muntligt 2009-09-02. telefon: 060- 19 34 79

Larsson, M. *Skoglig planeringschef, SCA Skog AB*. Sundsvall. Muntligt löpande. Telefon 060-19 33 03

Larsson, T. *Virkesspecialist, Medelpads Skogsförvaltning SCA Skog AB*. Stöde. Muntligt 2009-09-01. Telefon: 0691-368 41.

Lindgren, O. *Planerings specialist, O L Skogsinventering*. Muntligt 2009-06-16. Telefon 0631-337 95

Möller, J. *Forskare, SkogForsk*. Uppsala. Muntligt löpande. Telefon 018-18 85 66

Wikström, M. *Marknadschef, Medelpads skogsförvaltning, SCA Skog AB*. Muntligt 2009-06-22. Telefon 060-19 39 33

Östman, H. *Virkesköpare, Medelpads Skogsförvaltning, SCA Skog AB*. Muntligt 2009-06-03. Telefon 060-19 39 41

Bilaga 1 Återkommande begrepp

Drivningsenhet: Ett homogent område skog avsett och planerat för avverkning (SCA, 2009).

Egen skog trakt: Geografiskt avgränsat område på SCA skog AB´s eget markinnehav där slutavverkning, eller annan slags avverkning är planerad.

Fördelningsaptering: Apterung där skördardatorn tillåts göra avsteg från värdeaptering, och inom vissa ramar styra mot en önskad längd- och diameterfördelning. Värdeavvikelse ställs in i kronor eller procent (Möller & Essen von, 1997).

Höjdkurva: Kurva som återger samband mellan trädens höjd och diameter (TNC 96, 1994).

Köptract: Geografiskt avgränsat område där SCA Skog AB på uppdrag av privat markägare planerat slutavverkning.

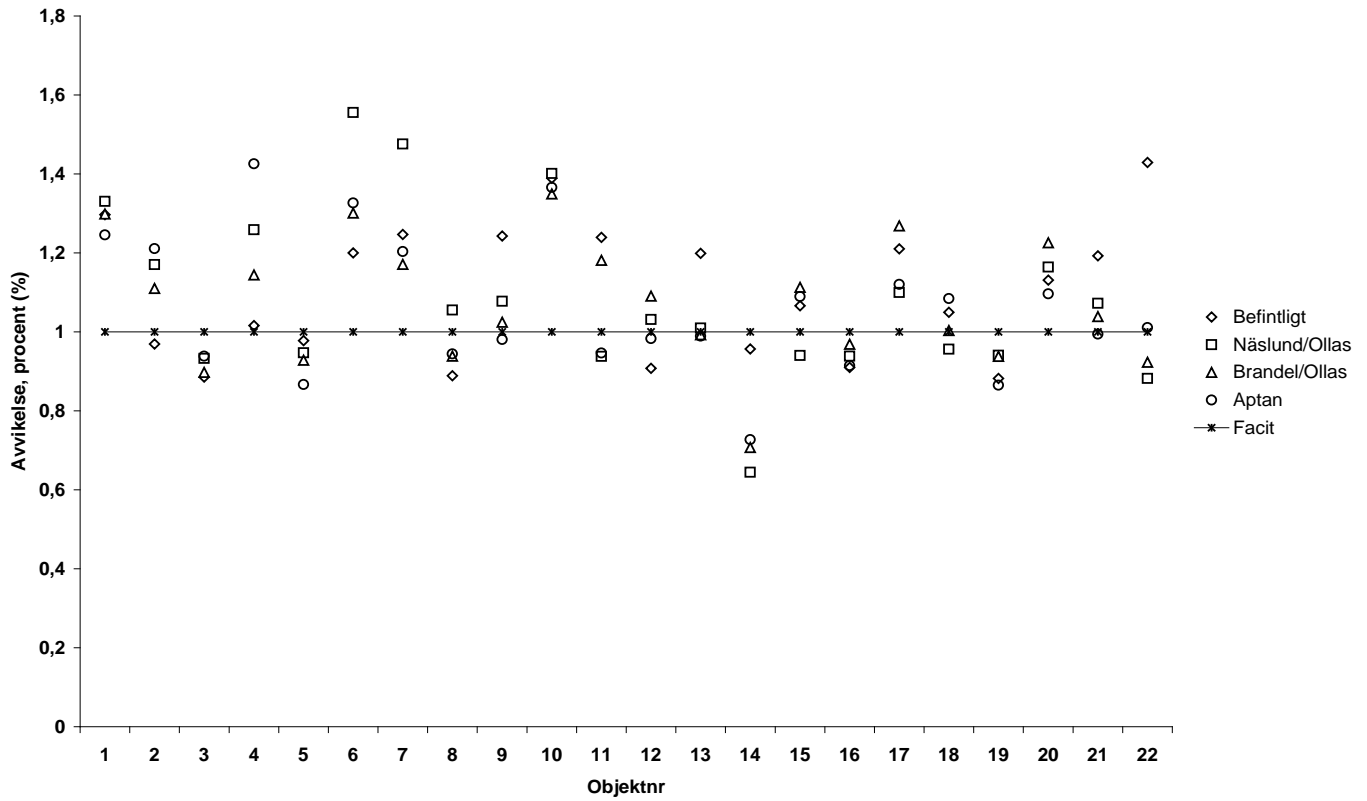
Utbyte: Sortimentsutfallets volym i förhållande till trädets hela eller gagnvirkesdugliga del av volymen (TNC 96, 1994).

Utbytesfunktion: Funktion med vars hjälp totalvolym för träd och bestånd kan omsättas till volymer för olika virkessortiment (Ståhl & Wilhelmsson, 1994).

Volymfunktion: Funktion enligt vilken volym av rotstående träd kan bestämmas med ledning av två eller flera objektiva mätbara trädkaraktärer (TNC 96, 1994).

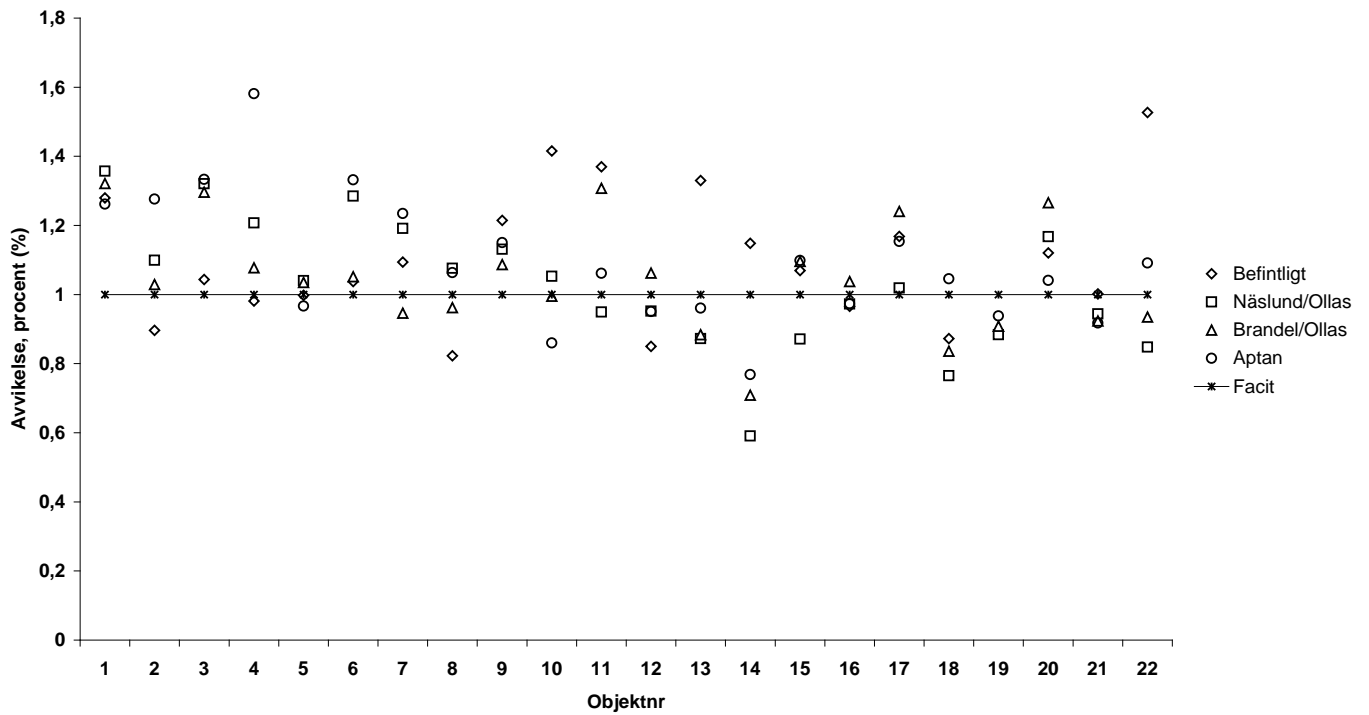
BILAGA 2 Spridning

Spridning för totalvolym



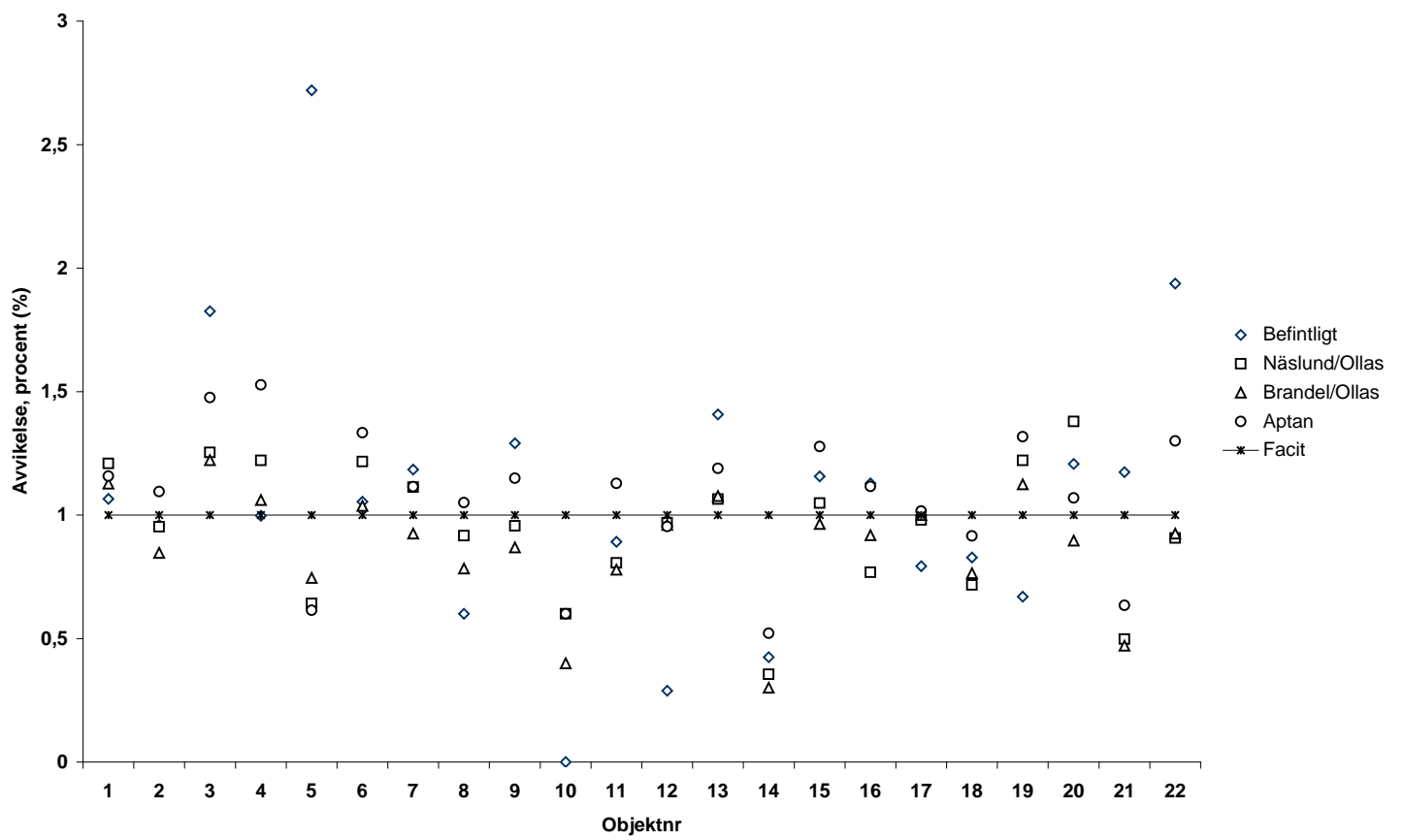
Spridning för total volym, relativt facitvärden.
Deviation of total volume, relative to facit

Spridning, totalt timmer.



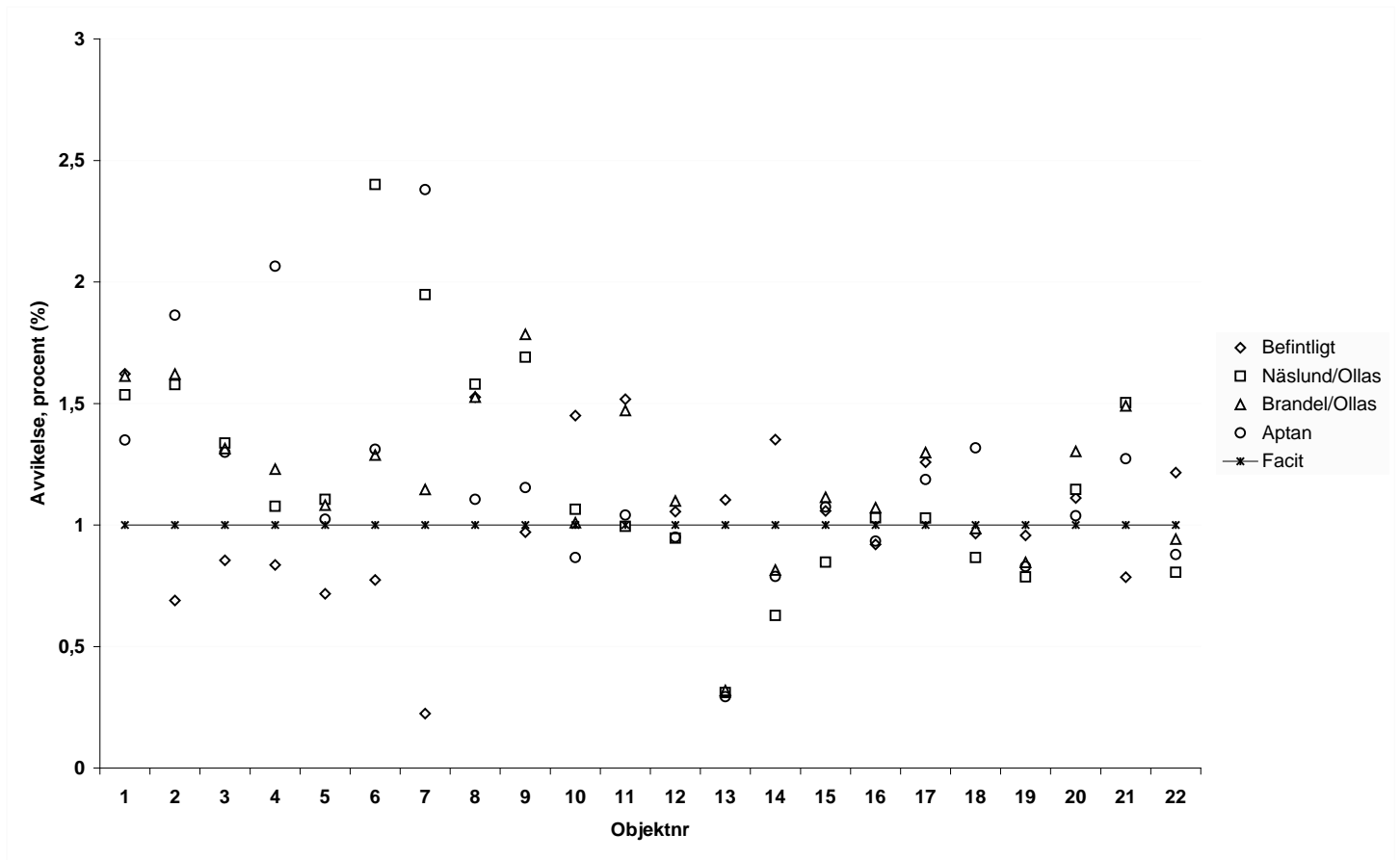
Spridning för timmer, relativt mot facitvärden
Deviation of timber, relative to facit

Spridning, talltimmer.



Spridning för talltimmer, relativt mot facit.
Deviation for timber of pine, relative to facit

Spridning, grantimmer.



Spridning för grantimmer, relativt mot facit.
Deviation for timber of spruce, relative to facit