



Institutionen för skogens produkter och marknader

Ändamålsanpassad TINA-sortering av sågtimmer

Enduse orientated gamma-ray sorting of sawlogs

Henrik Sjölander



Institutionen för skogens produkter och marknader

Ändamålsanpassad TINA-sortering av sågtimmer

Enduse orientated gamma-ray sorting of sawlogs

Henrik Sjölander

*Examensarbete 20 poäng, i ämnet virkeslära
Henrik Sjölander, jägmästarkursen 95/00*

*Handledare SLU: Hans Weslien
Handledare Iggesund Timber AB: Birger Åström*

Förord

Detta examensarbete har utförts vid Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå och ingår som en del av jägmästarutbildningen där studenten självständigt ges möjlighet att planera och tillämpa förvärvade kunskaper. Värd företag för examensarbete har varit Iggesund Timber AB.

Jag vill framför allt tacka mina handledare, Birger Åström vid Iggesund Timber AB samt Hans Weslien vid SLU.

Jag vill även tacka alla de personer som på olika sätt varit involverade i arbetet hos Iggesund Timber AB. Alla inblandade alltifrån inmätning av timmer till sågning och utbytesvärdering av de färdiga produkterna har visat stort engagemang och kommit med värdefulla synpunkter under arbetets gång. Den kunskap som de har delat med sig har varit och kommer alltid att vara av stort värde för mig.

Hudiksvall, Januari 2003

Henrik Sjölander

Innehållsförteckning

Sammanfattning	7
Summary	8
1. Inledning	9
1.1 Bakgrund.....	9
1.2 Syfte	10
1.3 Avgränsning.....	10
2. Material och metoder	11
2.1 Arbetets uppläggning.....	11
2.2 Försöksmateriallets sammansättning	11
2.3 Urval och märkning av försöksmaterial	12
2.4 Kvalitetsbedömning av stockmaterial	12
2.5 Inmätning med TINA mätram.....	13
2.6 Provsågning.....	13
2.7 Torkning.....	14
2.8 Vidareförädling	14
2.8.1 MONOLIT®	14
2.8.2 DUOLIT®	14
2.9 Kvalitetsbedömning och värdering.....	14
2.9.1 Kvalitetsbedömning och värdering av MONOLIT®	14
2.9.2 Kvalitetsbedömning och värdering av DUOLIT®	14
2.9.2.1 DUOLIT® 4 ex 50 x 50 mm.....	15
2.9.2.2 DUOLIT® 2 ex 75 x 75 mm.....	15
2.10 Statistik.....	15
2.10.1 Statistisk analys	15
2.10.2 Multivariat analys.....	16
2.10.3 Prediktionsresultat	16
3. Resultat.....	17
3.1 Försöksmateriallets sammansättning	17
3.2 Längd och kvalitetsfördelning hos sågad vara	19
3.2.1 DUOLIT® 4 ex	19
3.2.2 DUOLIT® 2 ex	19
3.3 MONOLIT® 100 x 100 mm	22
3.4 Statistisk analys	23
3.4.1 Prediktionsmodell 1.....	23
3.4.2 Prediktionsmodell 2.....	23
3.5 Modellernas prediktionsförmåga.....	23
3.5.1 Prediktionsmodell 1.....	24
3.5.2 Prediktionsmodell 2.....	25
4. Diskussion	27
5. Referenser	29

Sammanfattning

Svensk sågverksindustri har under de senaste åren lidit av en hårt pressad ekonomi med höga råvarupriser och låg vidareförädlingsgrad. De ekonomiska resultaten är starkt beroende på hur väl sågverken utnyttjar sin råvara. Detta blir extra tydligt när sågverken väljer att försöka förändra sin produktion mot en högre andel kundanpassade produkter. Det blir därför allt viktigare att i ett tidigt skede hitta rätt stock till rätt slutprodukt.

Iggesund Timber AB är ett sågverk inom Holmen-koncernen, produktionen består av en relativt stor andel kundanpassade specialprodukter för träbearbetande industrier. Syftet med detta arbete var att undersöka förutsättningarna för automatisk ändamålsanpassad kvalitetssortering av furustocker. Förutsättningarna för den automatiska sorteringen var att använda ordinarie timmersortering bestående av en TINA-mätram som arbetar med s.k. genomlysningsteknik. Förutom yttre form som diameter, avsmalning och krok så mäter TINA ”inre kvalitet” i form av densitetsvariationer i veden. Tidigare undersökningar har visat att det med goda resultat går att förbättra metodiken för att kvalitetssortering.

Sorteringskraven inriktades i detta fall mot timmer i dimensionsklassen F 290 (290 – 299 mm to) som bl.a. används för produktion av ämnen och komponenter. Förutsättningarna i detta fall skiljer sig gentemot tidigare studier som enbart inriktats mot sortering av standardvaror enligt Nordiskt Trä. Dessa studier baseras vanligen på medelkvaliteten hos två centrumutbyten vilket visat sig vara otillräckligt.

Inom ramen för detta arbete har två stycken prediktionsmodeller för automatisk ändamålsanpassad timmersortering av furustocker utvecklats. Modellerna baseras på 178 st. stockar som märkts med olika färger och siffror för att de skulle gå att återidentifiera efter sönderdelning. Efter torkning och hyvling utfördes den omfattande sorteringen ända ned på komponentnivå. Ansvarig sorterare märkte tydligt ut kvalitetsgränser på virkesämnet med en speciell märkkrita. Ämnets enskilda längd och kvalitet mättes därefter upp och bokfördes var för sig. I samband med mätningarna så noterades även defekter så som krokighet, vankant, sprickor, sprötkvist med mera. Med hjälp av färg- och siffermärkning kunde sedan varje enskilt ämne och dess kvalitet prissättas och summeras till rätt ursprungsstock. Kvalitet och längd för respektive ämne ligger till grund för den slutliga värderingen av varje enskild stock

De båda prediktionsmodellerna beskriver det förväntade utfallet av ämnen och komponenter för den träbearbetande industrin. Modellerna har likartad prediktionsförmåga. Den ena modellen baseras på samtliga 178 stockar och den andra modellen baseras på 110 slumpvis utvalda stockar av de totalt 178. Trots att modellerna baseras på olika delar av grundmaterialet skiljer de sig mycket lite åt från varandra vilket tyder på stabilitet i mätvärdena. De nya prediktionsmodellerna grundas på två densitetsvariabler och två variabler för yttre form, samtliga baserade på mätningar med TINA-mätramen. Multivariat analys har använts för den statistiska analysen.

Arbetet visar att det med drygt 70 % säkerhet går att prediktera lämpliga stockar då stockmaterialet grupperas i godkänd och icke godkänd kvalitet.

Med bättre mätutrustningar och utvecklade analysverktyg går det att förbättra resultaten betydligt. I dagsläget så finns det redan modernare och effektivare mätramar utvecklade. Med bakgrund av detta är den svenska sågverksindustrin förvånansvärt dålig på att utnyttja möjligheterna med automatisk timmersortering. Med ökad förädlingsgrad och råvaru-utnyttjande kommer tidig kvalitetssortering av timmer att aktualiseras. Intresset bör vara störst för sågverksindustrier där man satsar på ökad förädlingsgrad. Det kommer dock att betyda ett förändrat marknads- och kvalitetstänkande vilket i slutänden kanske är det svåraste för sågverken att ta till sig.

Summary

Title: *Enduse orientated gamma-ray sorting of sawlogs*

Swedish sawmills of today suffer from unsatisfying economy with high costs and low benefits. The economical result depends on how well the sawmill can use their raw material. Iggesund Timber AB, a sawmill in the Holmen group, produces a large amount of enduse orientated products for the woodworking industry. Therefore the aim of this student thesis was to investigate the possibility of automatic enduse orientated quality grading of Scots Pine (*Pinus sylvestris*) saw logs by using a gamma-ray log scanner.

Igesund Timber AB has the possibility to grade logs automatically with TINA, a two way gamma-ray log scanner. Grading and classification of Scots Pine logs in Sweden today are mainly manual but can in some rare cases be automatic. Classification is mostly based on mean quality of the two centreboards and mean value settings for a large group of logs. In aspect of the enduser this classification is not satisfying.

The study consists of 178 pine logs in the timber class F290 – 299 mm which was randomly taken from the timber yard. This timber class is for example used for production of high quality components, mainly for the European market.

The pine logs were carefully marked with colours and numbers in one end before sawing. The marking was very important for the re-identification. After the drying all boards were planed. All sorting of the planed boards were made by the personal of Iggesund Timber AB. The length and quality for each component were summed and provide the total value for each log.

The value of each log was then used in the statistic analysis (based on multivariate calibration). The analysis resulted in two prediction models for automatic gamma-ray sorting of pine. The models result in two quality indexes that express the expected amount of components for the woodworking industry (mainly furniture production).

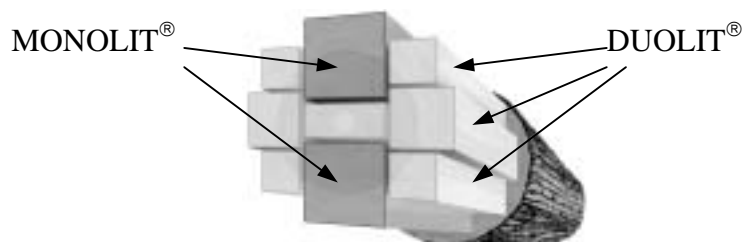
The new quality indexes are based on two density variables and two external shape variables. The expected precision of the models is that they give about 70 % correct classification when sorting the logs into two quality groups. With developed log scanners and analysis methods it is possible to improve the precision of the sorting.

In my opinion, it is obvious that the Swedish sawmill industry could improve their results by using defined methods for automatic timber sorting. But that would also mean a major change in thinking about market and quality, which I think may be the hardest part in this traditional industry.

1. Inledning

1.1 Bakgrund

Iggesund Timber är ett företag inom Holmen-koncernen som tillverkar och distribuerar sågade trävaror. Produktionen utgörs till stor del av kundanpassade specialprodukter för träbearbetande industrier samt en del standardvaror för den mer traditionella trävarumarknaden. Några av produkterna är registrerade under varumärkena MONOLIT[®] och DUOLIT[®] vilka har postningsmönster enligt figur 1 nedan.



Figur 1. Ovanstående figur beskriver hur MONOLIT[®] och DUOLIT[®] sågas ur en timmerstock. Centrumutbytet kallas MONOLIT[®] och sågas som 2 ex. Sidoutbytet kallas DUOLIT[®] och sågas även det som 2 ex vilket resulterar i 2 st. sidoutbyten med typiskt DUOLIT-utseende. Dessa två sidoutbyten klyvs **efter** torkning i samband med hyvling.

Dagens höga råvarupriser medför att sågverkens ekonomiska resultat är starkt beroende på hur väl sågverken kan utnyttja sin råvara. Detta faktum blir allt tydligare när sågverken anpassar sig med en allt högre andel kundanpassade produkter. Det blir därför allt viktigare att i ett tidigt skede hitta rätt stock till rätt slutprodukt.

Den inmätningstrustning som används av Iggesund Timber arbetar med hjälp av s.k. genomlysningsteknik. Utrustningen utvecklades under 1980-talet och kallas populärt för TINA. Timmerstocken genomlysas av gammastrålar vilket ger en mängd information om bl.a. densitet, diameter och yttre form under bark. Information från TINA-mätningen har sedan använts för att beräkna fram ett så kallat godhetstal. Godhetstalet kan enklast beskrivas som ett kvalitetsindex vilket beskriver det förväntade värdet av det sågade utbytet.

Att kvalitetssortering av timmer med hänsyn till slutlig virkeskvalitet var något att satsa på fastslog Sederholm (1988) och Nylinder (1990). Metoderna för att förutsäga stockars kvalitet hade förbättrats och började implementeras hos allt fler sågverk. De flesta grundade sig dock enbart på stockens yttre form. De viktigaste yttre variablerna för att avgöra en stocks inre kvalitet är bl.a. avsmalning, ytjämnhet (bulighet), ovalitet och krokighet (Nylinder, 1990). Genom att utnyttja TINA-mätningens möjlighet att "se in" i stocken så går det att öka precisionen i sorteringen (Anon., 1989).

För att öka noggrannheten vid kvalitetssortering utvecklades därför nya sorteringsmodeller. De modeller som idag används för kvalitetssortering vid Iggesund Timber är utvecklade av Hagman (1992). Dessa godhetstalsindex består av en modell för gran och en annan för furu. Modellerna är linjära och grundade på mätdata från en TINA-mätning och visade att det med ca 75 % säkerhet gick att kvalitetssortera stockar i två olika klasser, en hög och låg kvalitet. Kvaliteten mot vilken man grundat beräkningarna beskrevs som ett medelvärde av de två sågade centrumutbytena.

Iggesund Timber har alltså en timmerinmätningstrustning som gör det möjligt att automatiskt sortera timmer i olika kvalitetsklasser. Denna möjlighet utnyttjas dock för närvarande i en relativt liten omfattning vad beträffande kvalitetssortering direkt mot kundanpassade specialprodukter. Tidigare undersökningar av Trätek Skellefteå har visat att det är går att kvalitetssortera timmer med goda resultat (Grönlund et al., 1992).

Det var mot denna bakgrund som Iggesund Timber realiserade detta examensarbete. Med utgångspunkt från befintlig inmätningstrustning ville man belysa problemet och om möjligt utveckla en metod för bättre timmersortering. Det faller sig rätt naturligt att stockar med låg kvalitet inte skall användas och sågas till produkter med höga slutkrav. Stockar av låg och ordinär kvalitet bör därför så tidigt som möjligt sorteras ut till ordinarie standardsortiment.

1.2 Syfte

Syftet med arbetet var att med utgångspunkt från Iggesund Timbers erfarenheter och kunnande söka efter samband mellan stockars kvalitet och TINA-mätarens mätsignaler. Målet med arbetet är att om möjligt hitta en modell som har tillräckligt bra prediktionsförmåga för att användas till automatisk kundorderanpassad kvalitetssortering av furustockar.

1.3 Avgränsning

Primärt studeras sambandet mellan TINA-mätarens mätsignaler och kvaliteten hos den DUOLIT[®] som erhålls vid sågning av furustockar i sågklassen F 290 vilken omfattar diametern 290-299 mm to. Sekundärt vill man om möjligt även analysera centrumutbytet som i aktuell postning benämns MONOLIT[®]. D.v.s. kan man anta att sorterade stockar lämpade för DUOLIT[®] innehåller högre andel MONOLIT[®] av godkänd kvalitet än osorterade stockar. Vidare implementering av sorteringsmodell i TINA-mätare ligger utanför examensarbetets tidsram.

2. Material och metoder

2.1 Arbetets uppläggning

Mätning och provsågning utfördes vid Iggesund Timbers sågverk i Iggesund. Innan arbetet sattes igång så diskuterades hela försöksuppläggningsen med berörda parter. Eftersom man önskade att minimera störningar av ordinarie produktion så utarbetades en noggrann försöksplan. Försöksplanen minskade risken för misstag samtidigt som det gjorde det lättare att förutse eventuella problem (se figur 2 nedan).



Figur 2. De olika stegen i undersökningen.

Arbetet omfattar furustockar som togs direkt ur diametersorterat s.k. ”skogfallande sortiment” vilket medför att stockar av alla kvaliteter ingår. Aktuell sågklass benämns F290 med klassgränserna 290-299 mm to. Efter urvalet av försöksmaterialet gjordes en manuell kontrollmätning och märkning av stockarna. Märkningen utfördes för att stockarnas identitet skulle vara möjlig att följa genom hela processen från stock till färdig produkt (se bilaga 1). Virkesmätningsföreningen klassade stockarnas kvalitet enligt VMR:s timmersorteringsregler. Stockarna mättes sedan individuellt med TINA och alla mätdata lagras för vidare beräkningar.

Efter sågning torkades den sågade varan tillsammans med ordinarie produktion. Därefter skickades centrum (MONOLIT[®]) och sidoutbyten (DUOLIT[®]) vidare för fortsatt förädling och kvalitetsbedömning. Alla data sammanställdes och databearbetningen kunde ta vid. Den statistiska analysen och databearbetningen ligger till grund för framtagandet av två modeller för kvalitetssortering av sågtimmer till rätt slutprodukt.

2.2 Försöksmaterialets sammansättning

All datainsamling på själva stockmaterialet skedde under november 1999. Vädret under perioden var för årstiden mycket gynnsamt, varken snö eller is påverkade märkning eller kontrollmätning av stockarna. Införseln av den aktuella diameterklassen är förhållandevis blygsam, ett lågt antal stockar per dygn medför att man får material från många olika avverkningsstrakter. Risken att denna diameterklass utgörs av ett allt för ensidigt material kan anses som mycket liten. Samtliga stockar härstammade från Iggesund Timbers ordinarie virkesfångstområde. Erfarenhetsmässigt vet Iggesund Timber att stockar lämpade för DUOLIT[®] vanligtvis utgörs av rotstockar med mycket god furukvalitet, s.k. A-kvalitet. Det har dock visat sig att en viss andel av mellanstockar av s.k. I-kvalitet kan ge godtagbara utbyten, därför är det viktigt att få ett försöksmaterial som omfattar alla kvalitetsklasser. Normal fördelning hos Iggesund Timber anses vara ca 40 % A-kvalitet och 60 % I-kvalitet.

2.3 Urval och märkning av försöksmaterial

Vid urvalet togs 206 st. furustockar helt slumpmässigt ur den sen tidigare diametersorterade sågklassen F290. Inget särskilt urval eller sortering efter stockkvalitet förekom. Ett ”referensmaterial” med ytterligare 5 st. stockar valdes därefter med kravet att de skulle vara av mycket dålig kvalitet. Genom att skilja på ordinarie och ”styrt” material påverkas inte kommande statistiska bearbetningen.

Märkningen av försöksmaterialet gjordes på timmerplanens upplagsplats. Där tilldelades stockarna ett individuellt stocknummer. Detta stocknummer följde sedan stocken genom hela den fortsatta processen. Märkningen utfördes med olika färg och sifferkombinationer i stockens rotända. Med hjälp av den individuella färg och sifferkoden kunde man sen identifiera ursprunglig stockidentitet även hos den färdiga slutprodukten (se bilaga 1).



Figur 3. Bild tagen vid märkningstillfället. Stockarna målades först vartefter noggrann stämpling utfördes.

2.4 Kvalitetsbedömning av stockmaterial

De nummerade stockarna kvalitetsbedömdes av personal från VMF Qbera enligt gällande virkesmättningsföreskrifter. Bedömningen gjordes manuellt på timmerplan och utfördes med klave, måttband och yxa. Nedanstående data samlades in.

- Stocknummer
- Kvalitet
- Diameternedsättning
- Längdavrättning
- Vrakningsorsak
- Anmärkningar

2.5 Inmätning med TINA mätram

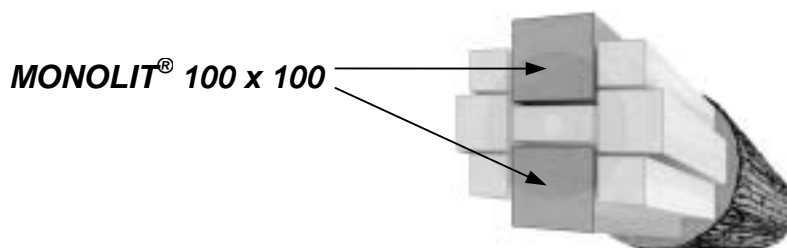
Efter kvalitetsbedömningen transporterades stockarna till timmerinmätningstationen där stockarnas ordningsföljd genom TINA-mätramen registrerades. Kalibrering av mätramen utförs varje dag. Ordningsföljden registrerades både manuellt och med videokamera. Resultaten från stockmätningen med TINA sparades enligt normal rutin i en speciell resultatfil vilken senare bearbetades i kalkylprogrammet Excel.

Totalt erhålls 28 st. storheter från TINA-mätramen. Dessa beskriver både stockens inre variation och yttre form (se bilaga 2). Efter den stockvisa TINA-mätningen lagrades försöksmaterialet på upplagsplats i väntan på provsågning.

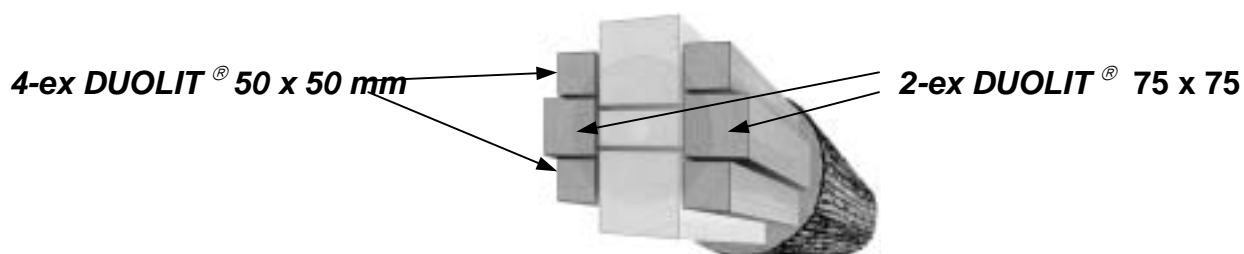
2.6 Provsågning

Provsågningen gjordes den 22 december 1999 vid Iggesund Timbers sågverk i Iggesund. Såglinjen består av planreducerare, profilerare och klingsågar. Provsågningen gjordes under ordinarie produktion. För att undvika förluster av provmaterial p.g.a. inkörningsproblem så utfördes själva provsågningen i slutet av ordinarie postning.

Stockarna sågades enligt postningsmönstret för DUOLIT 8, (se figur 4 och 5 nedan) anpassat för sågklassen F290. En stor del av bearbetningen sker långt ut i stockens mantelyta, vilket ställer stora krav på produktionsutrustning. Observera att märkebitarna inte ingår i försöket eftersom de endast fungerar som märkefångare och inte betingar något större ekonomiskt värde i detta fall.



Figur 4. Centrumutbytet MONOLIT®, detta sågsätt ger kvadratiska och stabila produkter med stående årsringar.



Figur 5. Sidoutbytet 2 ex och 4 ex DUOLIT® ger utbyten med stående årsringar och hög andel kvistfritt virke. Sågning enligt DUOLIT 8 resulterar i två stycken typiska "block" som sönderdelas till 4-ex och 2-ex DUOLIT® efter torkning i samband med hyvling.

2.7 Torkning

Efter sågningen torkades virket tillsammans med ordinarie produktion enligt de torkprogram som normalt används för produkten. Sidoutbytena DUOLIT 8 torkades till en fuktkvot på 12 % i Iggesund Timbers kammartorkar. Ungefärlig torktid var i detta fall 500 timmar. Före torkning noterades sidoutbytenas inbördes placering i de strölagda virkespaketen. Denna registrering minimerade risken för sammanblandningar även om märkningen skulle försvinna under torkningen. Centrumutbytena (MONOLIT[®]) torkades till en fuktkvot på 18 % (skeppningstorr). Denna torkning gjordes i Iggesund Timbers äldre vandringstork i Håsta, Hudiksvall. Ungefärlig torktid för centrumutbytena var ca 220 timmar.

2.8 Vidareförädling

2.8.1 MONOLIT[®]

Utöver ordinarie torkning och kapning/justering så gjordes ingen ytterligare förädling av centrumutbytet MONOLIT[®] 100 x 100 mm.

2.8.2 DUOLIT[®]

Efter torkning i kammartork vidareförädlas sidoutbytet DUOLIT[®] i ett flertal olika steg. Varje enskild stock resulterar i 2 st. karaktäristiska DUOLIT-block. Vidarebearbetningen gjordes enligt det gängse förfarandet där blocken klyvs och hyvlas till rätt dimension i ett enda moment. I nästa steg utfördes kvalitetsbedömning och kapning enligt aktuell produktspecifikation. Sönderdelningen av DUOLIT[®] ur **en** stock resulterar slutligen i följande hyvlade produkter/ämnen.

2 stycken 2 ex DUOLIT[®] 75 x 75 mm.

4 stycken 4 ex DUOLIT[®] 50 x 50 mm.

2.9 Kvalitetsbedömning och värdering

2.9.1 Kvalitetsbedömning och värdering av MONOLIT[®]

Totalt bedömdes 410 st. centrumutbyten av MONOLIT[®] 100 x 100 mm. Efter torkning i vandringstork utfördes en manuell kvalitetsbedömning. MONOLIT[®] sorteras i kvalitetsklass **1 - 3** samt **vrak (VII)** vilken är den sämsta kvaliteten. Utöver kvalitet registrerades avkortning, orsak till avkortning samt övriga anmärkningar. Det enskilda ämnets längd och kvalitet låg till grund för den slutliga värderingen enligt aktuell prislista.

2.9.2 Kvalitetsbedömning och värdering av DUOLIT[®]

Totalt bedömdes 410 st. hyvlade sidoutbyten av DUOLIT[®] 2 ex och 820 st. hyvlade sidoutbyten DUOLIT[®] 4 ex. där DUOLIT[®] 2 ex bedöms enligt helt andra kravspecifikationer än DUOLIT[®] 4 ex. Mätningarna måste vara möjliga att härleda till rätt ursprungsstock, vilket medförde att utbytesbedömningen i båda fallen utfördes före den egentliga inkapningen. Att göra utbytesbedömningen efter inkapning skulle ha omintetgjort identifiering av ämnets ursprungsidentitet.

2.9.2.1 DUOLIT® 4 ex 50 x 50 mm

Kvalitetskraven på DUOLIT® 4 ex är höga och endast helt defekt- och kvistfria virkesstycken accepteras. På det ännu inte sönderdelade ämnet markerades alla virkesfel med en speciell märkkrita. Det enskilda ämnet längdmättes och bokfördes därefter. Med hjälp av virkesstyckets färg- och siffermärkning kunde sedan den totala mängden kvistfritt virke med längdfördelning härledas och summeras till rätt ursprungsstock.

Mätningarna gjordes i 5 cm moduler. Minsta tillåtna längd sattes till 35 cm vilket underlättade och snabbade på den omfattande mätproceduren. De kvistfria ämnen som hade vankant bokfördes som en egen vankantskvalitet. Information från varje enskilt utbyte ligger till grund för slutlig värdering av varje enskild stock. Använd prislista premierar långa längder framför korta vilket ökade värdet hos stockar som resulterar i långa kvistfria utbyten av DUOLIT® 4 ex 50 x 50 mm.

2.9.2.2 DUOLIT® 2 ex 75 x 75 mm

Kvalitetssortering av DUOLIT® 2 ex ställer höga krav på sorteringspersonal som måste beakta en mängd olika sorteringsregler. Man kan dock säga att kvalitetssortering görs i fyra olika klasser. Kvalitetsklasserna betecknas A - D. Rent praktiskt så gick sorteringen till på följande sätt. Ansvarig sorterare märkte tydligt ut kvalitetsgränser på virkesämnet med en speciell märkkrita. Ämnets enskilda längd och kvalitet mättes därefter upp och bokfördes var för sig. I samband med mätningarna så noterades även virkesfel som krokighet, vankant, sprickor, sprötkvist, felsågning och andra virkesfel.

Med hjälp av färg- och siffermärkning kunde sedan varje enskilt ämne och dess kvalitet prissättas och summeras till rätt ursprungsstock. Kvalitet och längd för respektive ämne ligger till grund för den slutliga värderingen av varje enskild stock. Använd prislista premierar långa längder framför korta vilket ökar värdet hos stockar som resulterar i långa högkvalitativa utbyten.

2.10 Statistik

2.10.1 Statistisk analys

Den statistiska analysen jämför alla insamlade stockdata med slutligt stockvärde. Uppmätta data för stockarna utnyttjas som X-variabler, Y-variabeln representeras av kvaliteten omräknad som ett värde per längdenhet av stocken och kan ses som den ”nyttiga längden hos stocken”. Det framräknade stockvärdet (Y) kan sedan användas som grund för ett nytt kvalitetsindex, ett s.k. godhetstal.

Det visade sig i ett mycket tidigt stadium att modellernas prediktionsförmåga blev bättre och säkrare om man inriktade den statistiska analysen mot enbart söka efter andelen DUOLIT® istället som det till en början var tänkt för både DUOLIT® och MONOLIT®. Orsaken till att MONOLIT® inte tillförde analysen någon ökad förklaringsgrad tillskrivs de mycket tillåtande kvalitetsreglerna för just denna produkt. Den fortsatta statistiska analysen för kvalitetsindex Y grundar sig därför på utbytet DUOLIT®.

2.10.2 Multivariat analys

Multivariat analys användes för den statistiska bearbetningen. Multivariata analysmetoder förenklar hanteringen av stora datamängder med många variabler (Manly & Bryan 1994, Geladi & Kowalski 1986, Wold 1987). Metoden gör det dessutom enklare att hantera material där det kan uppkomma många felkällor utan att för den skull överarbeta modellen. Metoderna är relativt väl etablerade inom kemometrin där man ofta arbetar med stora datamängder (Martens & Naes, 1989). Även AB Trätek och Luleå Tekniska Högskola använder med stor framgång ovanstående analysmetoder för att ta fram förbättrade statistiska sorteringsmodeller för timmersortering.

Analysen inleddes med principalkomponentanalys (PCA) för att få en översikt över datat. Ickerelevanta objekt s.k. ”outliers” uteslöts om det var uppenbart att något fel uppkommit. För att skapa prediktionsmodeller användes Partial Least Squares Regression (PLS). PLS är en regressionsmetod som utnyttjar samband mellan s.k. principalkomponenter. Modeller är linjära med formen $y = ax + bx_1 + \dots$

För att avgöra en modells giltighet används oftast förklaringsgrad och prediktionsförmåga. Förklaringsgrad R^2 anger hur stor del av variationen i datamängden som förklaras i Y . Variationen består ofta av en viss del s.k. brus. För att avgöra vad som egentligen är brus används prediktionsförmågan Q^2 . Prediktionsförmågan beräknas genom korsvalidering och är ett mått på hur bra modellen är på att förutsäga värdet Y för nya observationer (Martens & Naes, 1989). För att få en så bra modell som möjligt så valdes därför de variabler som hade det största inflytandet på Y -variabeln. Modellen valdes med ett antal principalkomponenter och variabler som gav den högsta förklaringsgraden och var signifikant vad beträffande korsvalideringen. Alla test som utfördes i denna undersökning gjordes med signifikansnivån 5 %.

Den multivariata modellen som baseras på PCA och PLS-regression är framtagna med hjälp av programvaran EXTRACT, utvecklad av Otto Lindeberg vid tidigare MoDo FoU i Örnsköldsvik.

2.10.3 Prediktionsresultat

När de slutliga modellerna var framtagna jämfördes predikterade värden med uppmätta verkliga värden hos Y -variabeln. Genom att klassificera resultaten i två olika grupper, en godkänd och en icke godkänd klass så erhöles ett mått på predikterad träffprocent.

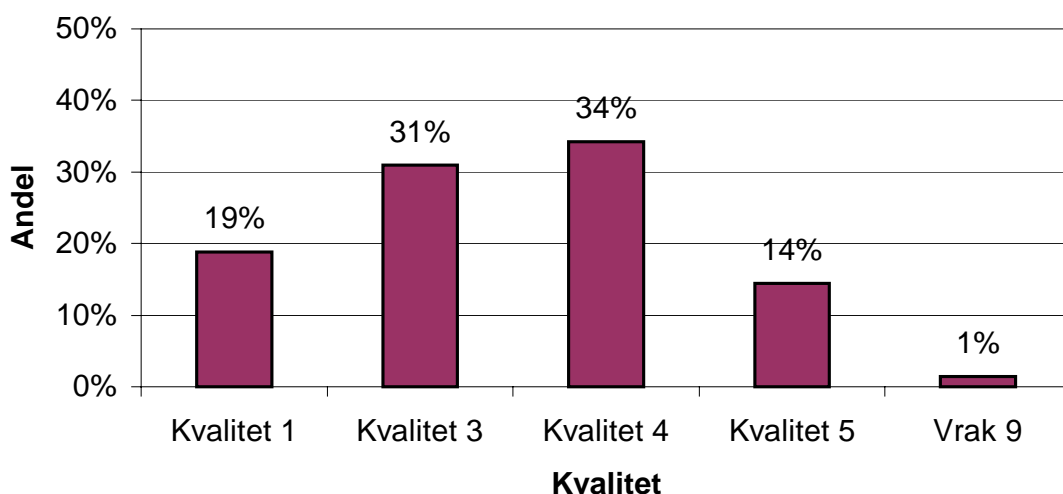
Eftersom prediktionsresultaten beror på vilken värdegräns (kvalitetsindex Y) som sätts för godkänd kvalitet presenteras kontinuerliga samband mellan vald gräns och klassnings säkerhet. Det är sedan upp till Iggesund Timber att ange vilken gräns som krävs för att en stock ska ha tillräckligt högt värde för att passa som DUOLIT 8. Vet man denna gräns så kan man med diagrammet som hjälp se spridning och vid vilken nivå det är värt att sätta ett nytt kvalitetsindex (godhetstal).

3. Resultat

Resultat består av tre delar. Den första beskriver försöksmaterialets sammansättning. Den andra redovisar resultaten från kvalitetsbedömning och övrig datainsamling av de slutliga produkterna. Den tredje beskriver och redovisar framtagna modeller och deras prediktionsförmåga.

3.1 Försöksmaterialets sammansättning

Ursprungligen bestod försöksmaterialet av totalt 206 st. furustockar ur sågklassen F 290 med klassgränserna 290 – 299 mm to. Av dessa uteslöts 20 st. stockar p.g.a. svårighet att säkert avgöra ursprunglig stockidentitet. Det slutgiltiga antalet stockar i försöket uppgick till 186 st. Försöksmaterialets kvalitetsfördelning enligt VMF Qbera redovisas i figur 6 nedan.



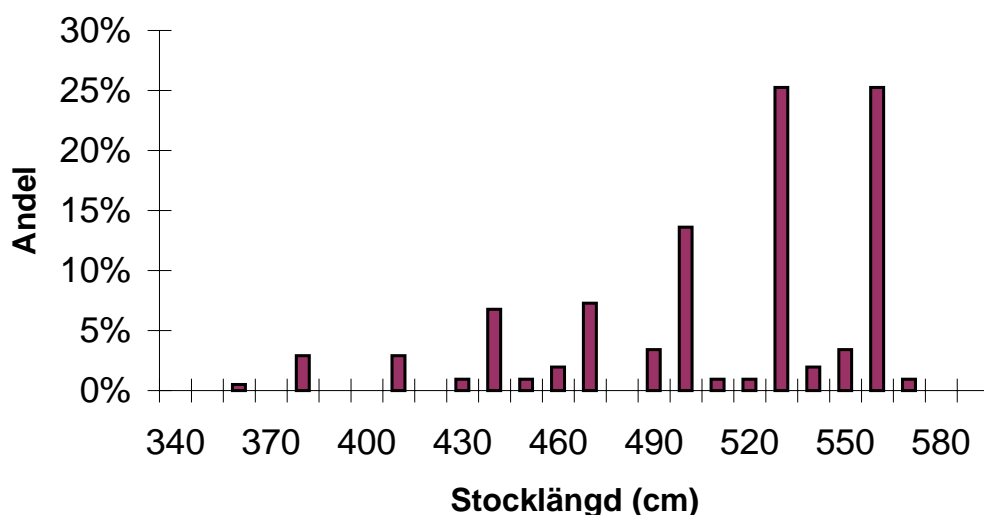
Figur 6. Försöksmaterialets procentuella kvalitetsfördelning enligt VMF Qbera. Bedömningen baserad på de ursprungliga 206 furustockarna i sågklassen F 290.

Vid ordinarie TINA kvalitetssortering uppdelad i två kvaliteter anser Iggesund Timber det normalt med ca 40 % A-kvalitet och 60 % I-kvalitet. Överfört till VMR:s kvalitetsregler så kan man grovt säga att alla kvalitet 1 och hälften av alla kvalitet 3 stockar tillhör A-kvalitet. Resterande stockar i klass 3 samt övriga i klass 4, 5 och 9 anses tillhöra I-kvalitet. Tabell 1 nedan visar att ovanstående antagande stämmer relativt bra.

Tabell 1. Procentuell kvalitetsfördelning hos försöksmaterialet jämfört med ”normalt” utfall av A-kvalitet respektive I-kvalitet i sågklassen F 290 mm.

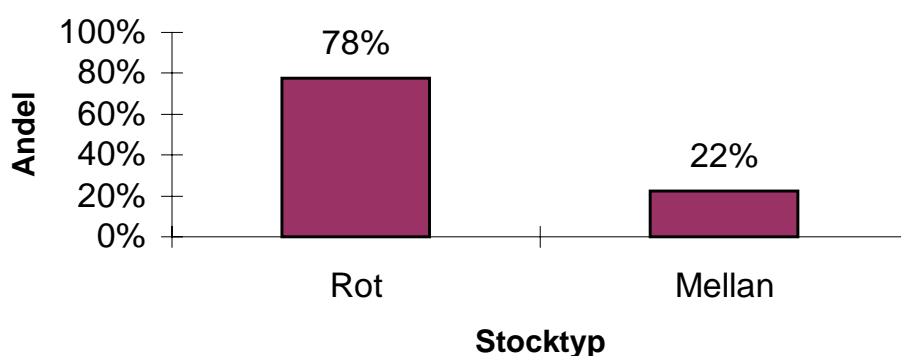
	Procentuell kvalitetsfördelning av A och I –klass	
	A -klass	I -klass
Försöksmaterialet F 290.	35%	65%
Normalt utfall F 290.	40%	60%

I figur 7 nedan beskrivs längdfördelningen i 10 cm-intervall hos försöksmaterialet. Ingen särskild längdsortering är utförd. Stockar med längder runt 550 cm speglar aptering och prissättning, vilken premierar långa stockar framför korta. Den vanligaste stocklängden enligt mätningarna är längder runt 530- 560 cm. Medellängden hos försöksmaterialet beräknades till 504,2 cm.



Figur 7. Procentuell längdfördelningen för de stockar i sågklassen F 290 om ingick i försöket.

I figur 8 visas försöksmaterialets fördelning på rot- och mellanstockar. Försöksmaterialet består till största del av rotstockar vilket är naturligt eftersom andelen levererade mellanstockar minskar med ökad stockdiameter.

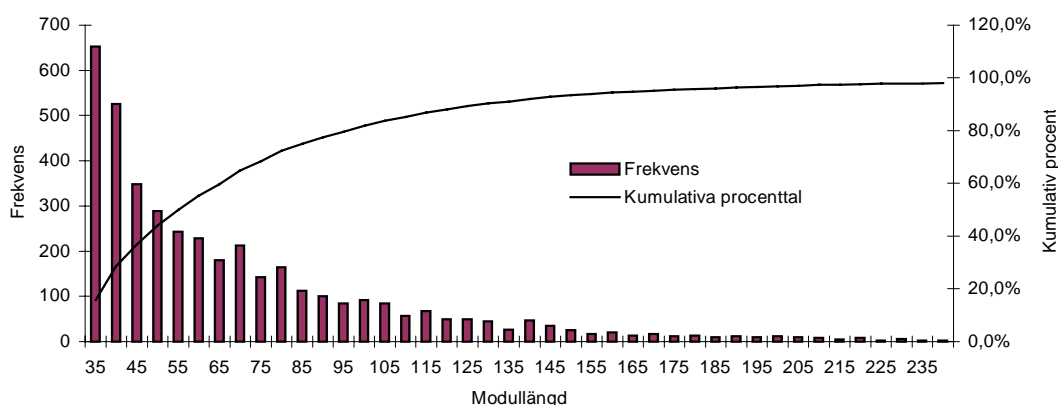


Figur 8. Fördelningen av rot- och mellanstockar hos försöksmaterialet i sågklassen F 290.

3.2 Längd och kvalitetsfördelning hos sågad vara

3.2.1 DUOLIT[®] 4 ex

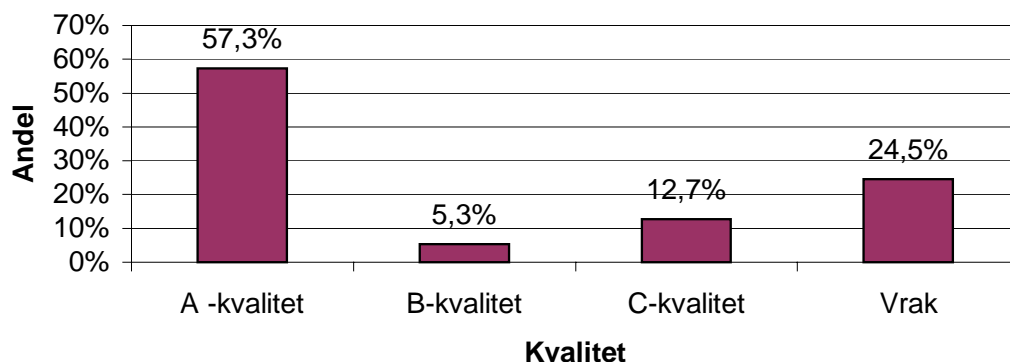
Sammanlagt bedömdes 744 st. sidoutbyten. Kvalitetsbedömning av dessa sidoutbyten resulterade i 4130 st. enskilda ämnen. Kvalitetskravet var helt kvist och defektfria ämnen i längder mellan 35 och 240 cm. Varje virkesstyckes längd registrerades i 5-centimetersmoduler (se figur 9 nedan). Den slutliga medellängden för ämnen av DUOLIT[®] 4 ex 50 x 50 mm var 74,6 centimeter.



Figur 9. Längdfördelningen för DUOLIT[®] 4 ex 50 x 50 mm, mätt i 5 cm-moduler.

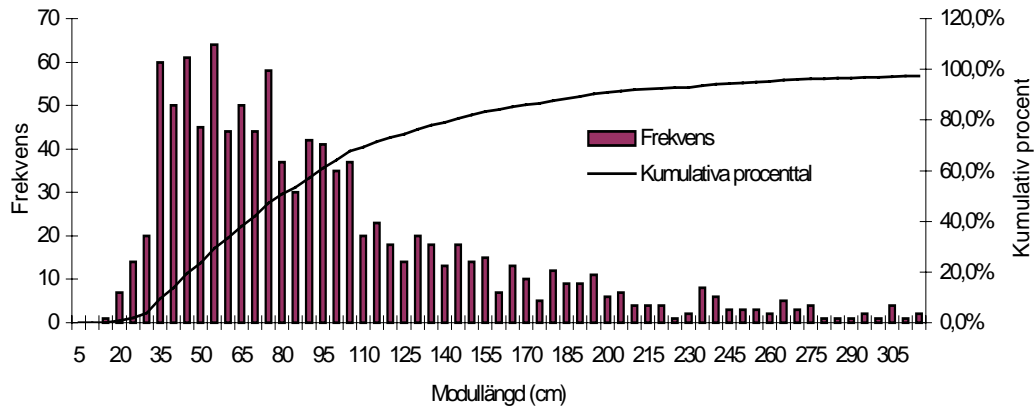
3.2.2 DUOLIT[®] 2 ex

Totalt ingick 372 st. sidoutbyten av typen DUOLIT[®] 2 ex 75 x 75 i försöket. DUOLIT[®] 2 ex kvalitetsbedöms i fyra olika klasser, A, B, C samt vrak. Kvalitetsfördelningen mellan de olika klasserna redovisas i figur 10 nedan.



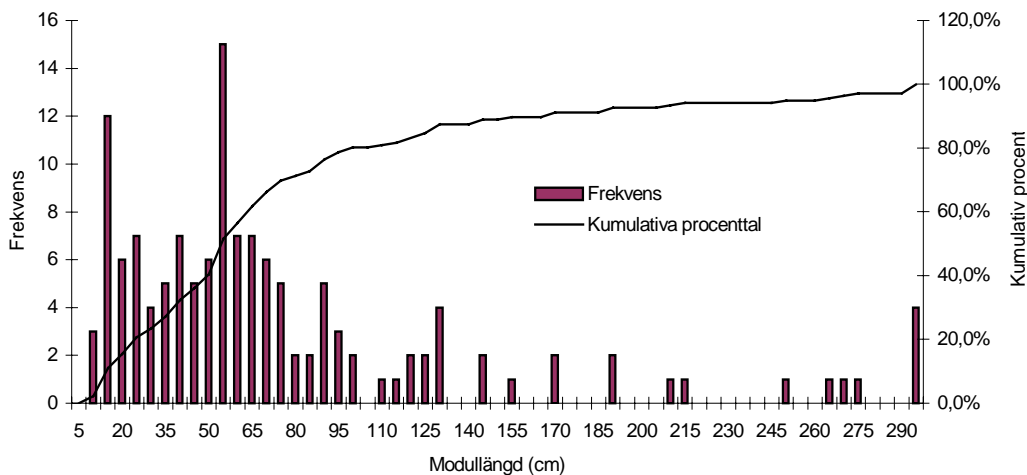
Figur 10. Procentuell kvalitetsfördelningen hos sidoutbytet DUOLIT[®] 2 ex 75 x 75 mm.

Efter kvalitetsbedömning registrerades längd för varje enskilt ämne. Kvalitetsklass A är störst med totalt 1095 st. ämnen. Längdfördelningen för dessa redovisas i nedanstående diagram (figur 11). Slutlig ämnesmedellängd för DUOLIT 2 ex 75 x 75 mm av A-kvalitet var 102,4 centimeter.



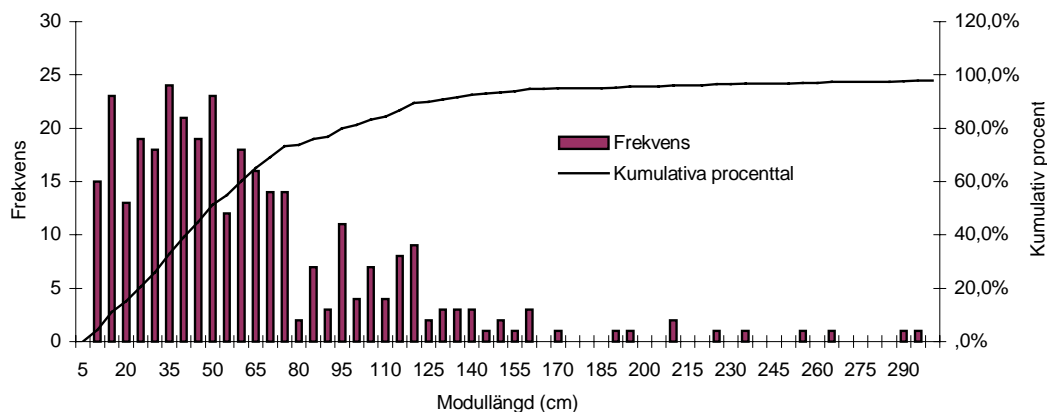
Figur 11. Längdfördelningen för DUOLIT[®] 2 ex 75 x 75 i kvalitetsklass A.

Sett till volymen så är DUOLIT[®] 2 ex 75 x 75 mm av B-kvalitet minst av de tre kvalitetsklasserna. Antalet ämnen i denna klass uppgår till 132 st. med en medellängd av 76,1 cm. Längdfördelningen för materialet i kvalitetsklass B redovisas i nedanstående diagram (figur 12).



Figur 12. Längdfördelningen för DUOLIT[®] 2 ex 75 x 75 i kvalitetsklass B.

Kvalitetsklass C är näst störst och består totalt av 340 st. olika ämnen. Medellängden är beräknad till 67,8 cm. Längdfördelningen för kvalitetsklass C redovisas i nedanstående diagram (figur 13).



Figur 13. Längdfördelningen för DUOLIT[®] 2 ex 75 x 75 i kvalitetsklass C.

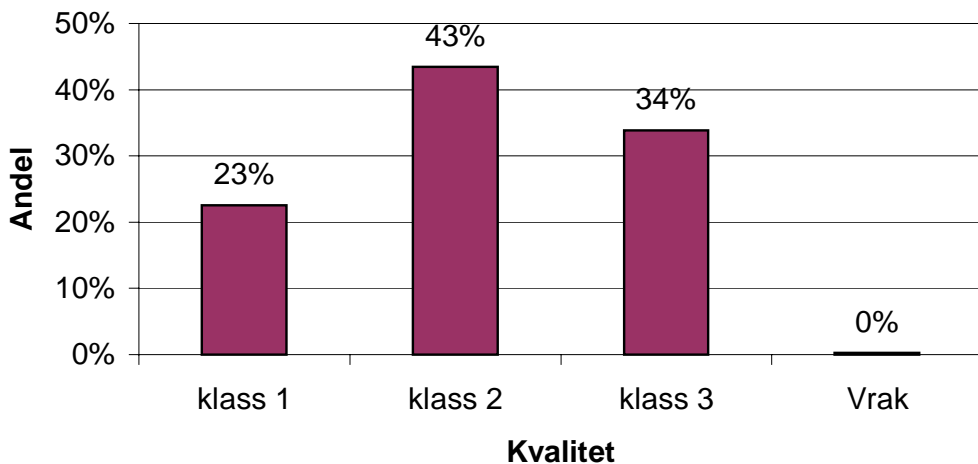
I nedanstående tabell 2 finns en jämförande sammanställning av de olika kvalitetsklasserna hos DUOLIT[®] 2 ex 75 x 75 mm.

Tabell 2. Jämförelse mellan de olika kvalitetsklasserna i DUOLIT[®] 2 ex 75 x 75.

	Kval A	Kval B	Kval C
Medellängd (cm)	102,4	76,1	67,8
Medianlängd (cm)	79	54,5	50
Typvärde (cm)	52	54	10
Min (cm)	8	9	8
Max (cm)	556	530	518
Total längd (m)	1101	103	23
Antal ämnen (st.)	1095	132	340

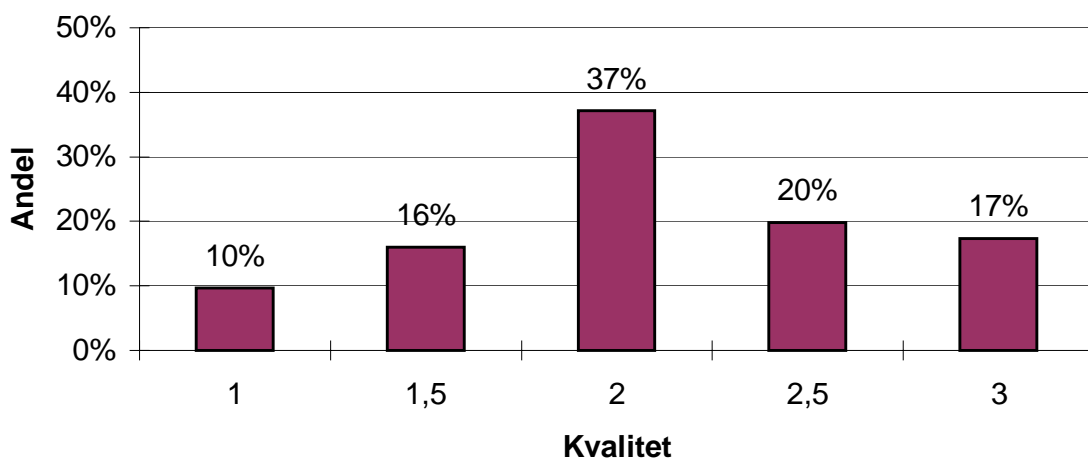
3.3 MONOLIT® 100 x 100 mm

Totalt kvalitetsbedömdes 372 st. centrumutbyten, s.k. MONOLIT® 100 x 100 mm. Dessa centrumutbyten delas in i fyra olika kvalitetsklasser, klass 1 – klass 3 samt vrak. Den låga andelen vrak ger information om att klass 3 tillåter en stor andel defekter. Kvalitetsfördelningen hos de enskilda centrumutbytena i figur 14 nedan följer väl den fördelning som Iggesund Timber anser som normal.



Figur 14. Procentuell kvalitetsfördelningen för centrumutbytet MONOLIT® 100 x 100 mm.

Kvalitetsfördelningen uttryckt som medelvärdet av stockens båda manuellt kvalitetsbedömda centrumutbyten visar att endast en mindre del av stockmaterialet har båda centrumutbytena tillhörande kvalitetsklass 1. Stockmaterialet domineras i stället av stockar som har båda centrumutbytena av kvalitet 2 alternativt ett utbyte av kvalitet 1 och det andra utbytet av kvalitet 3 se figur 15.



Figur 15. Stockvis procentuell kvalitetsfördelningen uttryckt som medelvärdet av kvaliteten hos de båda centrumutbytena MONOLIT® 100 x 100 mm. Kvalitetsklassen vrak ingår ej eftersom den utgör en så liten andel av materialet.

3.4 Statistisk analys

Principal Component Analys (PCA) och Partial Least Square (PLS) användes för den statistiska analysen. Den statistiska analysen reducerade det ursprungliga antalet stockar från 186 till 178 st. Uteslutna observationer orsakades av extremt avvikande indata och brister i datainsamling. Partial Least Square (PLS) analys användes för beräkningarna av de linjära modellerna för sortering av furutimmer. Modellerna valdes med det antal principalkomponenter och variabler som gav den högsta förklaringsgraden samt var signifikanta vad beträffande korsvalidering.

Två olika modeller har arbetats fram, jämförts och valts för att prediktera lämpliga stockar för s.k. DUOLIT 8 sågning. Modellerna är linjära och antalet X-variabler reducerades från TINA:s 28 st. (se bilaga 2) till 4 st. De variabler som visat sig ha den starkaste förklaringsgraden i både prediktionsmodell 1 och 2 är följande

- **GOHT** -Godhetstal Olle Hagman (nuvarande kvalitetsindex).
- **BulT** -Bulighet. Medelavvikelsen mellan diametern och 50 cm långa räta linjer.
- **TätT** -Täthetsvariation. Medeltalet av absolutavvikelser av diametervärden från räta linjer per stockfjärdedel. De två mittbitarna är viktade dubbelt.
- **YtjT** -Ytjämnhet. Medeltalet av absolutavvikelser av diametervärden från räta linjer per stockfjärdedel

3.4.1 Prediktionsmodell 1

Prediktionsmodell 1 grundar sig på data från hela materialet (178 st. stockar).

$$\text{Kvalitetsindex } Y = 1,1378 - 0,0003 * \text{GOHT} - 0,0003 * \text{TätT} - 0,0260 * \text{BulT} + 0,0133 * \text{YtjT}$$

Prediktionsmodell 1 använder 45,5 % av den lokala variansen i X matrisen för att förklara 35,2 % av variansen i Y-variabeln. Uttryckt som R^2 är förklaringsgraden 0,594 (59,4 %). För utförligare modellstatistik se bilaga 3.

3.4.2 Prediktionsmodell 2

Prediktionsmodell 2 skiljer sig gentemot modell 1 genom att den grundar sig på 110 st. slumpvis utvalda stockar av de 178 som ursprungligen ingick i prediktionsmodell 1. Denna modell har tagits fram för att jämföra stabiliteten samt söka efter eventuella skillnader mellan de båda modellerna. Prediktionsmodell 2 provades slutligen på de resterande 68 stockarna som inte tagits med i beräkningarna för modell 2 och därför kunde utnyttjas som ett oberoende testmaterial.

$$\text{Kvalitetsindex } Y = 1,2676 - 0,0004 * \text{GOHT} - 0,0004 * \text{TätT} - 0,0361 * \text{BulT} - 0,0095 * \text{YtjT}$$

Prediktionsmodell 2 använder 41,8 % av den lokala variansen i X matrisen för att förklara 38,4 % av variansen i Y-variabeln. Uttryckt som R^2 är förklaringsgraden 0,568 (56,8 %). För utförligare modellstatistik se bilaga 3.

3.5 Modellernas prediktionsförmåga

Den kvalitetsbedömning och värdering som gjorts i detta arbete har utförts för att på ett bra sätt beskriva den stockkvalitet som skulle vara önskvärd för sågning av s.k. DUOLIT 8. Predikerade resultat har jämförts med uppmätta "sanna" värden vad beträffande andelen DUOLIT[®]. De följande diagrammen (figur 15, 16 och 17) och tabellerna (tabell 3, 4, 5) presenterar prediktionsresultaten hos prediktionsmodell 1 och 2 vid olika kvalitetsindex. Kvalitetsindex är den uppmätta nyttan eller om man så vill "värdet" av den totala mängden komponenter av DUOLIT[®] -kvalitet per cm stocklängd.

3.5.1 Prediktionsmodell 1

I tabell 3 och figur 16 jämförs prediktionsresultaten vid olika kvalitetsindex för modell 1. Vilket kvalitetsindex som är mest relevant bestäms av användaren.

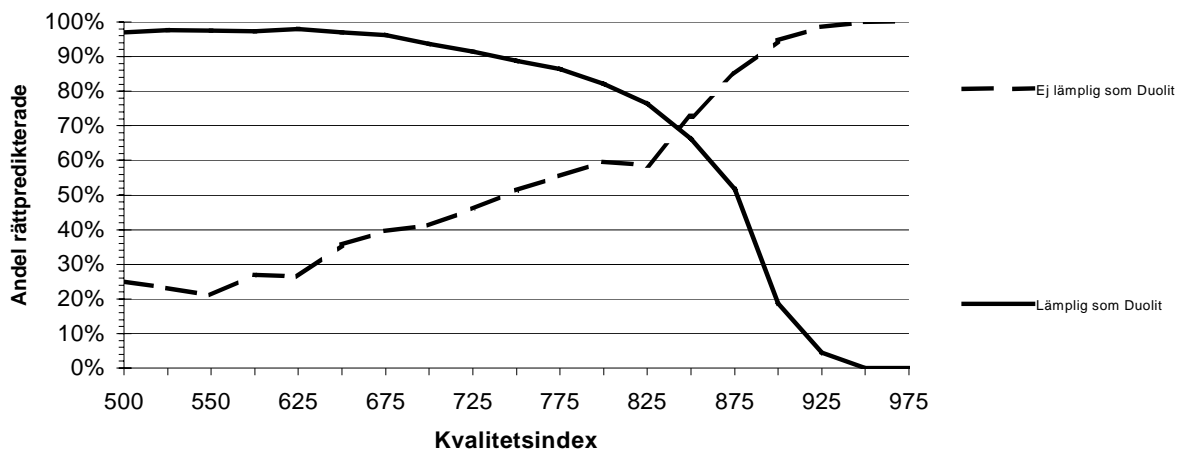
Tabell 3 nedan skall läsas på följande sätt. Beroende på valt kvalitetsindex (600-900) kan man se ingående "halt" av stockar med acceptabel kvalitet av totala antalet. Den ingående "halten" DUOLIT-stockar varierar beroende på valt kvalitetsindex. Vid kvalitetsindex 700 kan man utläsa att 71,35 % av det totala antalet stockar är tillräckligt bra för DUOLIT medan resterande stockar i detta fall anses vara för dåliga. I tabellen kan man även utläsa att 79,21 % av totala antalet stockar är rättsorterade. Dessutom kan man utläsa att det är möjligt att hitta 94,49 % av den ingående halten (71,35 %) av acceptabla stockar. Vid samma kvalitetindex kan man samtidigt utläsa att det går att hitta 41,18 % av de stockar som **inte** var lämpliga som DUOLIT.

Tabell 3. Prediktionsmodell 1, resultatjämförelse mellan olika kvalitetsindex.

Kvalitetsindex Y	Ingående "halt" av Duolit (%)	Rätt sorterat av totalt antal stockar (%)	Andel rättpredikerade stockar av respektive "kvalitet" vid olika kvalitetsindex (%)	
			Lämplig som Duolit	Ej lämplig som Duolit
600	85,39	87,64	98,03	26,92
700	71,35	79,21	94,49	41,18
800	50,00	71,35	83,16	59,55
900	26,97	74,16	18,75	81,25

Förenklat innebär det att 71 av 100 stockar har tillräckligt bra kvalitet för att klassas som DUOLIT - stockar, de resterande 29 stockarna är för dåliga. Av dessa 71 st DUOLIT-stockar är det sedan möjligt att sortera fram 66 st. stockar vilket medför att man missar 5 st. Modellen hittar 12 st. av de 29 st. stockarna som var för dåliga och missar 17 st. av de dåliga stockarna. Antalet "rätt" sorterade stockar av det totala antalet stockar slutar därigenom på 78 st. och fås om man summerar de 66 stockarna lämpliga för DUOLIT och de 12 som inte var lämpliga för DUOLIT.

Figur 16 nedan beskriver prediktionsmodell 1 i diagramform och visar andelen rätt predikerade stockar av respektive stocktyp (lämplig eller ej lämplig) av den totala ingående "halten" av DUOLIT-stockar vilken varierar beroende på valt kvalitetsindex. Ett högre kvalitetsindex betyder ett större värde för respektive stock.



Figur 16. Prediktionsresultat för modell 1.

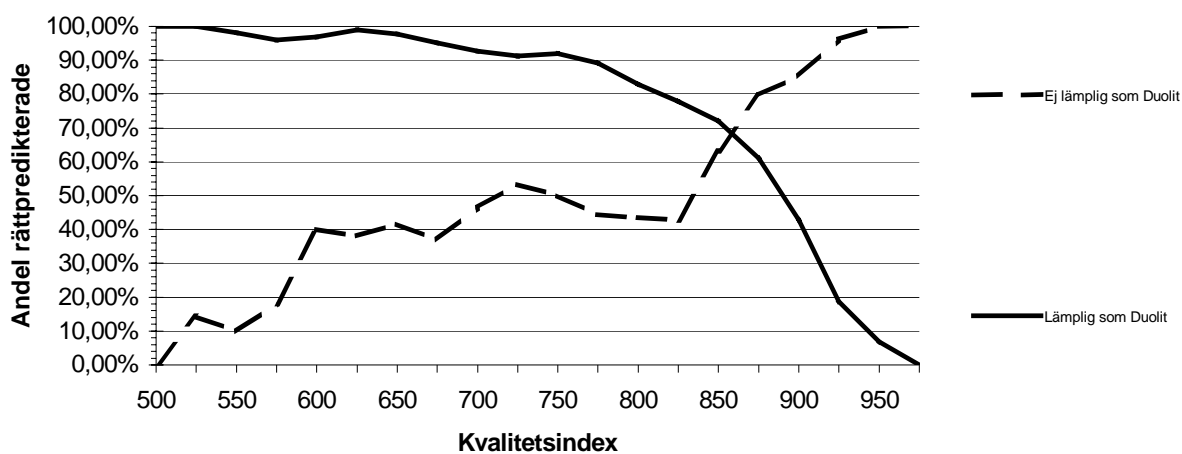
3.5.2 Prediktionsmodell 2

I tabell 4 och figur 17 jämförs prediktionsresultaten vid olika kvalitetsindex för modell 2. Tabell 4 och figur 17 läses på samma sätt som resultaten i prediktionsmodell 1.

Tabell 4. Prediktionsmodell 2, resultatjämförelse mellan olika kvalitetsindex.

Kvalitetsindex	Ingående "halt" av Duolit (%)	Rätt sorterat av totalt antal stockar (%)	Andel rättpredikterade stockar av respektive "kvalitet" vid olika kvalitetsindex (%)	
			Lämplig som Duolit	Ej lämplig som Duolit
600	86,36	89,09	96,84	40,00
700	74,55	80,91	92,68	46,45
800	58,18	66,36	82,81	43,48
900	31,82	71,82	42,86	85,33

Figur 17 nedan visar andelen rätt predikterade stockar av respektive stocktyp (lämplig eller ej lämplig) beroende på valt kvalitetsindex i modell 2. Ett högre kvalitetsindex betyder ett större värde för respektive stock.



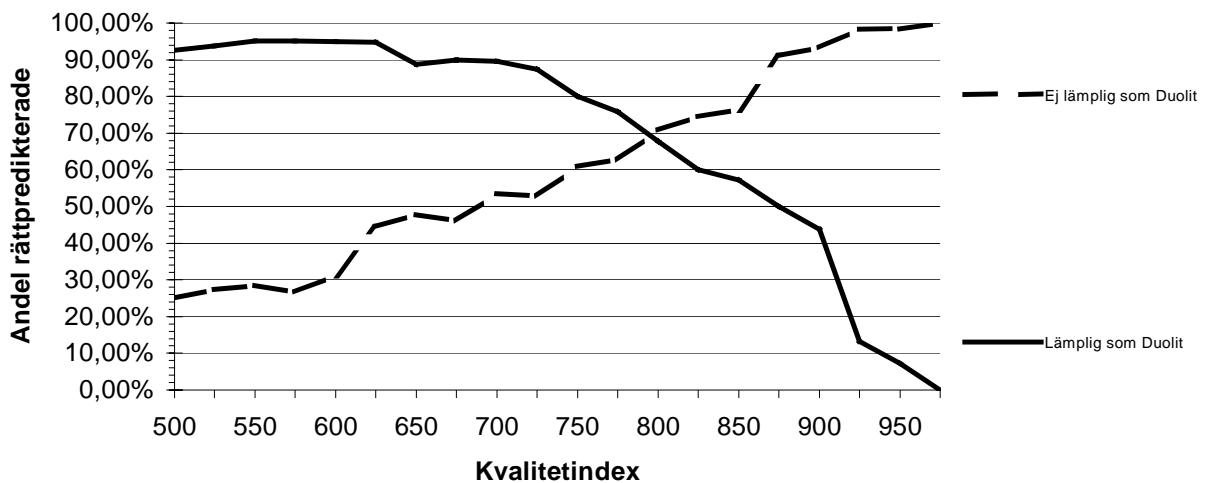
Figur 17. Prediktionsresultat för modell 2.

Nedanstående tabell 5 samt figur 18 beskriver prediktionsförmågan för modell 2 då den appliceras på de stockar (68 st.) som från början inte ingått i modell 2 utan istället använts som kontrollmaterial för modellens stabilitet. Observera att diagrammet beskriver andelen rätt predikterade stockar av det antal stockar som anses vara lämpliga eller ej lämpliga. Tabell 5 och figur 18 läses på samma sätt som resultaten i prediktionsmodell 1.

Tabell 5. Prediktionsmodell 2 applicerad på testmaterialet (68 st. stockar), resultatjämförelse mellan olika kvalitetsindex.

Kvalitetsindex	Ingående "halt" av Duolit (%)	Rätt sorterat av totalt antal stockar (%)	Andel rättpredikterade stockar av respektive "kvalitet" vid olika kvalitetsindex (%)	
			Lämplig som Duolit	Ej lämplig som Duolit
600	78,95	81,58	95,00	31,25
700	63,16	76,32	89,58	33,57
800	36,84	69,74	67,86	70,83
900	21,05	82,89	43,75	93,33

Testmaterialet består av 68 st. slumpmässigt utvalda stockar. Diagrammet visar andelen rätt predikterade stockar av respektive stocktyp (lämplig eller ej lämplig) beroende på valt kvalitetsindex. Ett högre kvalitetsindex betyder ett större värde för respektive stock.



Figur 18. Prediktionsresultat på testmaterialet (68 stockar) med modell 2.

4. Diskussion

Genomförandet av detta arbete har gjorts för att så långt som möjligt efterlikna normal hantering och produktion genom hela kedjan från stock till färdig produkt. För att minimera störningar av ordinarie produktion så utarbetades en noggrann försöksplan vilket i efterhand visade sig vara mycket värdefullt.

Vid urvalet togs slumpmässigt 206 st. stockar ur sågklassen F290. Efter urvalet av försöksmaterialet gjordes en manuell kontrollmätning och märkning av stockarna. Märkningen som utfördes har fungerat utmärkt, trots detta fick 28 st. av de ursprungliga 206 stockarna uteslutas ur försöket eftersom en del ämnen förlorades under försökets gång. Det slutgiltiga antalet stockar som ingick i försöket blev därför 178 st. Kvalitetsfördelningen enligt VMF visade att kvalitetsfördelningen hos provstockarna väl följde vad som anses som normalt för Iggesund Timber. TINA-mätramen kalibreras för övrigt varje dag vilket medför att även dess mätresultat bör kunna anses som riktiga.

Arbetet har resulterat i två prediktionsmodeller för ändamålsanpassad automatisk TINA sortering av furutimmer. Modellerna har snarlik prediktionsförmåga trots att de bygger på olika delar av försöksmaterialet vilket tyder på en viss stabilitet. Det bör därför gå att använda prediktionsmodellerna på närliggande timmerklasser. Hur användbara modellerna är i vekare eller grövre timmerklasser än den undersökta ges inga svar på i denna undersökning. De variabler som idag levereras av TINA mätramen hos Iggesund Timber AB är variabler som ursprungligen är framtagna för att på ett så bra sätt som möjligt beskriva en stocks medelkvalitet och lämplighet för standardvaror. Detta faktum medför att det är relativt svårt att prediktera förväntat ämnes- och komponentutfall eftersom varken mätarm eller mätvariabler är anpassade för detta.

Andelen rättsorterade stockar har i denna undersökning legat på drygt 70 % beroende på sorteringskrav. Denna andel stämmer ganska väl överens med Iggesund Timbers erfarenheter (Birger Åström, pers.medd., 2000).

Det är dock svårt att direkt jämföra resultat i denna undersökning med andra undersökningar. De flesta tidigare arbeten beträffande timmersortering har sorteringskraven vanligen utgjorts av en hög och en låg kvalitet. I dessa undersökningar har andelen rätt sorterade stockar legat på ca 76 % (Grace, 1994), 75 % (Hagman 1993a, 1993b) respektive 89 % (Grundberg & Grönlund, 1997).

Enligt Iggesund Timber AB egna erfarenheter så vet man att är det lättare att prediktera veka än grova stockar. Man skall också komma ihåg att kvalitetsbedömningen av enskilda ämnen såsom den är gjord i denna undersökning är mycket komplex. Prediktionsresultaten har stora förutsättningar att förbättras med en bättre och effektivare mätutrustning. Med vidareutveckling av mätarm och mätvariabler kommer det att vara möjligt att förbättra detektionsresultaten vilket är ett måste om målet är ändamålsanpassad timmersortering.

Det är av största intresse att de framtagna modellerna ger ett så bra sorteringsresultat som möjligt. Den kvalitetsbedömning och värdering som gjorts i detta arbete har därför utförts mycket noggrant för att på ett så bra sätt som möjligt beskriva den stockkvalitet som krävs i detta fall. Slutprodukterna har ett mycket högt ekonomiskt värde vilket även motiverar mycket små öknings i modellens träffsäkerhet.

Kostnaden för att implementera en modell är låg eftersom mätutrustning redan finns. Detta faktum ger modellerna en relativt hög tolerans mot felsortering eftersom alternativet är ingen sortering, det är dock nödvändigt med fortsatt analys. Erfarenhet från denna undersökning visar att det finns gott fog för att det i framtiden ska vara möjligt att förbättra resultaten. Erfarenheter från urval och försöksuppläggning gör att det på ett effektivt och smidigt sätt går att hitta nya lösningar.

Sammanfattningsvis kan sägas att den i dagsläget mycket hårt trängda Svenska sågverksindustrin är förvånansvärt dålig på att ta tillvara och utnyttja de möjligheter som finns att tillgå vad beträffande automatisk kvalitets-sortering av timmer. I de få undantagsfall då man faktiskt använder sig av sortering så sker de oftast med ineffektiva manuella metoder. I vissa fall har sorteringen automatiserats med olika typer av mätningar vilka inriktar sig på att sortera ut topp och rotstockar eller mycket grovt dela timmerfångsten i en bättre och sämre kvalitet. Iggesund Timber är idag det enda sågverk som har en TINA med vilken man kan sortera stockar både utifrån yttre form och ”inre” kvalitet grundad på vedens densitetsvariation. Tilläggas skall att det i dagsläget finns modernare och effektivare mätningar att tillgå.

Mina förhoppningar är att svensk sågverksnäring inom en snar framtid kan se den potential som finns i att sortera sin timmerråvara. Med ökad förädlingsgrad och råvaruutnyttjande kommer tidig timmersortering att aktualiseras. Intresset bör vara störst för sågverksindustrier där man satsar på ökad förädlingsgrad. Det kommer dock att betyda ett förändrat kvalitetstänkande och större kundanpassning vilket kanske är det största hindret rent mentalt. Med en ökad medvetenhet och samtidigt förbättra kommunikationen mellan den som ska använda virket och den som levererar råvaran så kan hela skogsnäringen öka sin konkurrenskraft betydligt.

Om svensk sågverksindustri inte agerar inom en snar framtid så kommer den redan nu så effektiva Finska, kontinentala och östeuropeiska sågverksindustrin att hinna i kapp och ta igen det lilla försprång som vi har haft beträffande automatisk timmersortering vilket i min mening skulle vara mycket olyckligt.

5. Referenser

- Anon. 1989. Tina hos Rema (diamettermätning av timmerstockar med gammastrålning). Sågverken Mars 1989. nr 3 s.51.
- Geladi, P. & Kowalski, B.R. 1986. *Analytica Chimica Acta*, 185 (1986) 1-17. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.
- Grundberg, S. & Grönlund, A. 1997. Simulated grading of logs with an X-ray log scanner grading accuracy compared with manual grading. *Scandinavian Journal of Forest Research* 12:70-76.
- Grönlund, A., Grönlund, U. & Hagman, O. 1992. Nordkalottfura. Tekniska Högskolan i Luleå. Teknisk Rapport 1992:10T, ISSN 0349-3571.
- Hagman, O. 1992. Automatic quality grading of logs with TINA, a Gamma Ray Log Scanner *Scandinavian Journal of Forest Research* 8.
- Hagman, O. 1993 a. Automatic Quality Sorting of Picea Abies Logs with a Gamma Ray Log Scanner. *Scandinavian Journal of Forest Research* 8: 583-590.
- Hagman, O. 1993 b. Prediction of Wood Quality Features by Multivariate Models based on Scanning Techniques. LuTH 1993:20 L ISSN 0280-8242.
- Manly, B.F.J. 1994. *Multivariate Statistical Methods. A primer.*
- Martens, H. Naes, T. 1989. *Multivariate Calibration.*
- Nylinder, M. 1990. Automatisk kvalitetssortering av talltimmer. Sveriges Lantbruksuniversitet. Rapport nr. 215. ISBN 91-576-4335-0.
- Sederholm, J. 1988. Sortering av sågtimmer med genomlysningsteknik -mätningar med mätsystemet TINA våren 1987. Rapport - Träteknikcentrum nr P8812080.
- Wold, S. 1987. *Chemometrica and Intelligent Laboratory Systems*, 2. 37-52. Elsevier Science Publishers B.V. Amsterdam.

Märkning av stockmaterial

Färgmärkning

Provstockarna märktes med märkfärg som sprayades på så att den täckte hela stockens rotände. De färger som används var Röd, Orange, Blå, Grön och Gul. Gul färg användes för ”styr” stockmaterial utanför ordinarie urval. Utöver ovanstående färgkombinationer så användes även en omålad stockyta, detta medförde totalt 6 st. olika färgkombinationer.

Siffermärkning

Över hela den färgmärkta stockytan stämpelades sedan kombinationer av en alternativt två stycken siffror. Stämpelfärg var svart och röd. Siffermärkning utförs med en speciell sifferbandsstämpel. Genom att använda stämpel med möjlighet att ändra sifferkombinationer så kunde ändytorna märkas relativt snabbt och enkelt.

Märkkombinationer

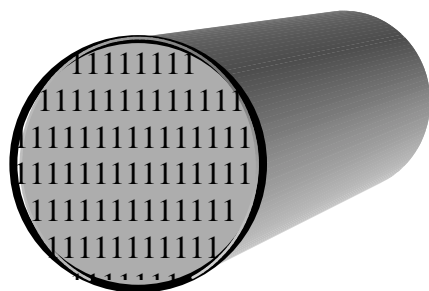
Totalt antal möjliga märkkombinationer med färgerna Röd, Orange, Blå, Grön och Gul samt icke målad stockyta är totalt $6 \times 54 = 324$ st.

Då märkningen utförs av olika sifferkombinationer, måste man undvika att använda kombinationer som kan komma att sammanblandas. I tabell 1. finns de kombinationer som utnyttjades i försöket.

Tabell 1. Genom att använda nedanstående sifferkombinationer (53 st) minskades risken för Sammanblandning och feltolkning av id nummer.

0000 1111 2222 3333 4444 5555 6666 7777 8888
0101 1212
0202 1313 2323
0303 1414 2424 3434
0404 1515 2525 3535 4545
0505 1616 2626 3636 4646 5656
0606 1717 2727 3737 4747 5757 6767
0707 1818 2828 3838 4848 5858 6868 7878
0808 1919 2929 3939 4949 5959 6969 7979 8989

Minsta utbytesdimension var 50 x 50 mm. Siffrornas storlek måste för att kunna synas på alla utbyten oberoende av vart stämpeln placerats vara högst halva tjockleken av det minsta utbytet. I detta fall tilläts sifferhöjden maximalt vara 25 mm. I nedanstående figur ges exempel på hur märkningen utfördes.



Figur 1. Exempel på siffermärkning av en stockände. Sifferkombinationen i exemplet ovan är 1111. Med detta märksätt kommer alla sågade utbyten att vara märkta och möjliga att följa genom hela den fortsatta processen.

TINA mätramsvariabler

Mätramen beskriver stockens utseende med hjälp av nedanstående mätvariabler. Variablerna sparas i en speciell fil på mätatorns hårddisk. Sammanlagt erhålls 28 st. olika mätvariabler från TINA. Följande variabler finns beräknade.

Svepdata

De variabler som beskriver stockens utseende beräknas utifrån svepdata vilket i sin tur består av

- **Banposition.** Svepets längdkordinat (mm). Pulsgivarens värde multiplicerat med längdskalfaktorn (pulser/cm).
- **Svepdiameter (X).** Diameter i x -led (mm).
- **Svepdiameter (Y).** Diameter i y -led (mm).
- **Sveptäthet(x, y).** TINA-mätvärden (intensitet) summeras inom den del av svepet som begränsas av stockdiametern.
- **Centrum (x, y).** Absolutposition av stockens mittpunkt (mm).

Yttre formvariabler

- **Längd. (Lgd).** Uppmätt längd (cm). Avstånd mellan första och sista detekterbara svep.
- **Toppdiameter (x, y).** Diameter (mm) i TINAs mätriktningar.
- **Minsta toppdiameter.** Den minsta av toppdiameter x och toppdiameter y.
- **Båge (Bg).** Avståndet (mm) mellan en rät linje mellan stockens ändcentrumpunkter och koordinaterna för stockens centrum.
- **Bågläge (Lge).** Bågens läge i förhållande till topp
- **Avsmalning (Avs).** Medelavsmalning (mm/m) för topphalvan av stocken.
- **Toppavsmalning (Tav).** Avsmalning från första halvmeteren från topp. Max av x –och y –avsmalning.
- **Rotavsmalning. (Rav).** Som ovan fast från rot.
- **Ovalitetsfaktor (OvF).** Kvoten mellan rot och toppovalitet mätt 5 cm från stockände.
- **Slingrighet (Sling).** Den längd som är beräknad genom centrumpunkterna på stocken, jämfört med verklig stocklängd.
- **Bulighet (Bul).** Medelavvikelsen mellan diametern och 50 cm långa räta linjer.
- **Ytjämnhet (Ytj).** Medeltalet av absolutavvikelser av diametervärden från räta linjer per stockfjärdedel

Densitetsvariabler

- **Täthetsvariation (Tät).** Medeltalet av absolutavvikelser av diametervärden från räta linjer per stockfjärdedel. De två mittbitarna är viktade dubbelt.
- **Godhetstal Gösta Nyström (GGN).**
- **Godhetstal Olle Hagman (GOH).**
- **Intensitetsnivå X, (NivX).** Medeltalet av intensitetsvärdena i x -led när ingen stock finns i mätområdet.
- **Intensitetsnivå Y, (NivY).** Medeltalet av intensitetsvärdena i y -led när ingen stock finns i mätområdet.

Övriga mätvariabler

- **Toppvolym cm³ (Tvol).** Toppcylinder mätt stockvolym (m3to).
- **Total stockvolym cm³ (TotV).** Stockvolym (m3fub).
- **Stocknr.** Stockens id-nummer.
- **Mätordn.** Turordning genom Tina –mätramen.
- **Datum.** Datum för inmätning
- **Tid.** Tidpunkt för inmätning.
- **Trädslag (Tr,,d).** Bestäms manuellt av inmätningsspersonalen.
- **Fysikalisk längd cm, (FLgd).** Jämför uppmätt längd med äldre envägs mätsystem.
- **Kvalitet (K).** Utnyttjas ej.

Externa mätvariabler

Utöver TINA - mätramens variabler så utnyttjades även ett antal andra variabler vid den statistiska analysen. Notera att ingen av dessa variabler har använts i de slutliga modellerna.

- **DiaRema:** Toppdiameter - barkavdrag levererad från 9015 systemet (1-vägs mätare).
- **SORD:** Sorterad diameter. D.v.s. korrigerad diameter, Tinas minsta diameter i X resp. Y-led minus avsmalning och pilhöjdskorrektur. Denna korrektion görs av 9015 systemet.
- **ManDia:** Manuellt uppmätt korsklavad diameter.
- **ManLgd:** Manuellt uppmätt stocklängd (cm).
- **S-typ:** Manuellt bedömd stocktyp. 1 = Rotstock, 2 = Mellanstock.
- **VMF:** VMF bedömd stockkvalitet, kvalitetsklass 1-5.

Prediktionsmodell 1

Objects: 178
X variables: 4
Y variables: 1

Name	GOHT	BulT	TäTT	YtjT	Kvalitetsindex Y
Average	457	2,98	510	2,17	0,799
Std.dev.	155	1,047	159,8	0,8266	0,1871
Var.coeff.	33,91	35,15	31,37	38,12	23,41
Alpha	2,95	2,84	3,19	2,62	4,27
Weight	0,006453	0,9554	0,006256	1,21	5,344
STATUS	X	X	X	X	Y

A R2X Eig R2Y Q2 Sign
1 0,594 2,374 0,355 0,331 Yes

PLS No. 1

=====

SD Y BEF: 1,000 SS Y BEF: 177,000 SSCSV: 118,484 CSV/SD: 0,818 (0,95 threshold)

PLS No. 1 is significant. (CSV/SD < 0,95)

Name	GOHT	BulT	TäTT	YtjT	Kvalitetsindex Y
Loading 1	-0,6452	-0,4725	-0,6064	0,09462	0,3901
LoadingW 1	-0,6329	-0,3732	-0,6613	0,151	
SS	4,861	84,67	24,94	173,3	114,1
S(I)2	0,02762	0,4811	0,1417	0,9846	0,6482
MODPOW	0,8338	0,3064	0,6236	0,007707	0,1949
STATUS	X	X	X	X	Y

RHO..... 1,000
Tot SS left (sum of SS)..... 401,845
Tot variance left (sum of S(I)2)..... 2,283
X variance left (sum of Sx(I)2)..... 1,635
Y variance left (sum of Sy(I)2)..... 0,648
Unexplained STD. DEV X S(EPSX)... 0,738
Explained variance X..... 0,455 (45,5 %, 45,5 %)
Unexplained STD. DEV Y S(EPSY)... 0,805
Explained variance Y..... 0,352 (35,2 %, 35,2 %)

Prediktionsmodell 2

Objects: 110
X variables: 4
Y variables: 1

Name	GOHT	BulT	TäTT	YtjT	Kvalitetsindex Y
Average	424	2,78	480	2,15	0,819
Std.dev.	128	0,5963	142,6	0,6751	0,1823
Var.coeff.	30,16	21,44	29,69	31,46	22,25
Alpha	3,32	4,66	3,37	3,18	4,50
Weight	0,007815	1,677	0,007015	1,481	5,486
STATUS	X	X	X	X	Y

A R2X Eig R2Y Q2 Sign
1 0,568 2,271 0,354 0,340 Yes

PLS No. 1

=====

SD Y BEF: 1,000 SS Y BEF: 109,000 SSCSV: 71,993 CSV/SD: 0,813 (0,95 threshold)

PLS No. 1 is significant. (CSV/SD < 0,95)

Name	GOHT	BulT	TäTT	YtjT	Kvalitetsindex Y
Loading 1	-0,6625	-0,4151	-0,6433	-0,0103	0,3998
LoadingW 1	-0,6366	-0,2953	-0,7069	-0,08845	
SS	3,011	67,4	9,072	109	70,4
S(I)2	0,02788	0,6241	0,084	1,009	0,6519
MODPOW	0,833	0,21	0,7102	0	0,1926
STATUS	X	X	X	X	Y

RHO..... 1,000
Tot SS left (sum of SS)..... 258,861
Tot variance left (sum of S(I)2)..... 2,397
X variance left (sum of Sx(I)2)..... 1,745
Y variance left (sum of Sy(I)2)..... 0,652
Unexplained STD. DEV X S(EPSX)... 0,763
Explained variance X..... 0,418 (41,8 %, 41,8 %)
Unexplained STD. DEV Y S(EPSY)... 0,807
Explained variance Y..... 0,348 (34,8 %, 34,8 %)