

Utvärdering av övergång från manuell till automatisk barkbedömning med 3D-mätram

Jens Flodin

Luleå tekniska universitet
Civilingenjörsprogrammet
Träteknik
Institutionen för LTU Skellefteå
Avdelningen för Träteknologi

Sammanfattning

Den automatiska metoden att bedöma bark på sågtimmer har visat goda resultat och verkar mycket lovande för kontinuerlig drift. Ett problem som dock bör ses över före kontinuerlig drifttagning är att den automatiska mätmetoden är känslig för smuts och damm på glasen som skyddar lasern och kameran i ramens mätenheter. Den automatiska metoden bygger på att intensiteten och spridningen av laserljuset från ytan tolkas för att avgöra om mätningen skett på bark eller ved. När glasen blir smutsiga tolkas mer och mer av stockens mantelyta som bark. Det betyder i sin tur att det automatiskt framräknade underbarksmåttet på stocken förändras med graden av smuts på glasen. Den automatiska metoden har ett krav att det ska finnas ett totalt barkavskav på minst 5 % för att beräkningarna ska kunna utföras. Om detta krav inte uppfylls tas underbarksmåttet fram via en förvald defaultbarkfunktion. Gran verkar vara känsligare för smuts än tall vilket lett till att ca var tredje granstock i analyserna fått sitt underbarksmått via den förvalda barkfunktionen. Detta eftersom kravet på 5 % barkavskav enligt mät ramen inte varit uppfyllt. Som lösning på detta problem rekommenderas att någon form av kontinuerlig rengöring installeras för mät ramens mätenheter. Efter installation bör tröskel- och beräkningsvärden för barkmätningen ses över samt att en ny utvärdering genomförs för att säkerställa att resultaten från mätningen stämmer överens mot verkligheten och är repeterbara vid olika tidpunkter.

Resultaten visar inte tydligt på att någon metod i dagsläget mäter mer sanningsenligt än den andra. Den slutsatsen är dragen utifrån dels kontrollstocksrapporter och dels en stor testsågning som utfördes i juni där varje stocks individmärkts och mätdata samlades in i hela kedjan från mätstation till råsortering. Skulle man idag, trots problemet med smuts, välja att använda det automatiskt framräknade måttet vid timmersortering behöver inga justeringar av klassgränserna göras för tall. För gran bör däremot klassgränserna justeras upp 3 mm samt att barkfunktionernas konstanter ändras så att det manuella diametermåttet i medeltal ökar med 3 mm. Det klokaste vore dock i dagsläget att åtgärda smutsproblemet före man gör en övergång till stocksortering med det automatiska underbarksmåttet.

Med den stora mängden data som samlades in från testsågningen i juni har olika utvärderingar i såglinjen kunnat utföras. I resultaten hittades bland annat en felaktighet mellan kantverkets optimeringstabeller och råsorterings längdgränser. Optimeringstabellerna i kantverket tillät längder ner till 2400 mm medan kortaste längden efter avkap som råsorteringen släppte igenom var 3000 mm. För att slippa onödig vrakning av brädor ställdes därför den minsta nettolängden i kantverkets tabeller upp till 3000 mm. Grova överslagsberäkningar visar att besparingen på grund av denna lilla justering skulle kunna hamna i omnejden av 100 000 kr/år. Resultaten visade även att optimeringsunderlaget för sönderdelningssimuleringen behöver en uppdatering. Detta för att inrdningsvinkeln före stocksågen ska kunna optimeras mot aktuell information.

Abstract

The automatic method for assessing bark on saw logs has shown good results and seems very promising for continuous operation. A problem that needs attention before the method is implemented is that the automatic method is sensitive to dirt and dust on the measurement units in the 3D-scanner. The automatic method is based on the intensity and spread of the laser light from the surface and uses this information to determine whether the surface is bark or clear wood. When the measurement units get increasingly dirty the mantle surface is interpreted to have an increasing amount of bark. This means that the estimated diameter under bark changes with changing dirt level on the measurement units. The automatic method demands that at least 5 % of the mantle surface has bark missing to be able to measure under bark. If that demand is not met the diameter under bark is determined via a pre selected bark function. Spruce seems to be more sensitive to dirt than pine which in the analysis have meant that approximately every third spruce log have gotten it's under bark diameter from the pre selected bark function. The recommended solution to this problem is that continuous cleaning is installed for the scanner's measurement units. After the installation is done, an evaluation should be made for the bark measurement threshold- and calculation values. This to ensure that the measurement result corresponds to reality and is reproducible. The results show that neither of the measurement method used today measures more accurate than the other. This conclusion is drawn partly from control-log reports and partly from a large test sawing that where conducted in June where every individual log was marked and measurement data were collected throughout the production chain from the measurement station to the greensorting line. If the choice is made, despite the problem with dirt, to sort the logs based on the automatically calculated diameter under bark, no adjustments of the log class limits needs to be made for pine. For spruce on the other hand the log class limits should be increased by 3 mm and the bark function coefficients should be adjusted so that the manually estimated diameter under bark is on average increased by 3 mm. However, the wisest solution today would be to attend to the problem with dirt before a transition toward the automatic method is made. The large set of data that was collected from the June test sawing has made it possible to evaluate different aspects in the saw line. Among other things an inconsistency between the edger's optimizing tables and the greensorting lines length limits have been identified. The edger's optimizing tables allowed lengths down to 2400 mm while the greensorting line rejects and chipps everything that after crosscut falls short of 3000 mm. To avoid unnecessary rejection in the greensorting line the minimum net length of edged boards where therefore increased to 3000 mm in the edger's optimizing tables. A rough estimate shows that as much as 100 000 SKR/year could be saved from this little adjustment. The results also indicated that the tables, on which the saw line simulation bases its decisions, needs an update. This to insure that the rotation angle for the log before the first saw is optimized based on up to date information.

Innehållsförteckning

1 INTRODUKTION	5
1.1 BAKGRUND	5
1.2 SYFTE OCH MÅL	5
1.3 AVGRÄNSNINGAR.....	5
2 TEORI.....	6
2.1 TRÄDET	6
2.2 ELEKTROMAGNETISKT SPEKTRUM OCH LJUS	13
2.3 LASERTRIANGULERING	16
2.4 SAWCOS 3-D MÄTRAM	19
2.5 SÅGVERKETS MÄTSTATION	22
2.6 VEDERLAGSMÄTNING OCH SÅGTIMMERSORTERING	23
2.7 MANUELLT BARKAVDRAG MED BARKFUNKTIONER.....	24
2.8 AUTOMATISKT BARKAVDRAG MED TRAKEIDEFFEKTEN.....	27
2.9 ANDRA ANVÄNDNINGSMÖJLIGHETER FÖR TRAKEIDEFFEKTEN	30
2.10 ALTERNATIVA METODER FÖR DIAMETERBESTÄMNING	33
2.11 SORTERINGSPRECISION	35
2.12 KÄGE SÅG.....	36
3 METOD	37
3.1 BARKANDEL.....	37
3.2 DIAMETERJÄMFÖRELSE.....	38
3.3 KONTROLLSTOCKAR	38
3.4 TESTSÅGNINGAR	38
4 RESULTAT	43
4.1 BARKANDEL.....	43
4.2 DIAMETERJÄMFÖRELSE.....	47
4.3 KONTROLLSTOCKAR	48
4.4 TESTSÅGNINGAR	49
5 SLUTSATSER/DISKUSSION.....	57
5.1 BARKANDEL.....	57
5.2 DIAMETERJÄMFÖRELSE.....	57
5.3 KONTROLLSTOCKAR	58
5.4 TESTSÅGNINGAR	58
6 FORTSATT ARBETE.....	61
7 REFERENSER.....	62
7.1 LITTERATUR.....	62
7.2 INTERNET	62
7.3 MUNTliga KÄLLOR.....	63
8 BILAGOR.....	64
8.1 BILAGA 1 UBA-UBM FÖR TALL 0-95 % BARKANDEL.....	64
8.2 BILAGA 2 UBA-UBM FÖR GRAN 0-95 % BARKANDEL.....	67
8.3 BILAGA 3 UBA-UBM FÖR GRAN 96-100 % BARKANDEL.....	70

Förord

För att genomföra detta arbete har jag fått hjälp från lite olika håll och skulle här, i ingen speciell ordning, vilja framföra min tacksamhet till några av dem som hjälpt till.

- LTU:s handledare Johan Oja
- Norra skogsägarnas handledare Peter Nilsson
- Virkesmätare och chaufför vid Kåge Såg
- Såghusets personal i Kåge och då speciellt Mattias Nyström och Gustav Lindgren som hjälpt till vid testsågningarna i juni
- Bo Ryrvall vid Sawco AB
- VMF Nord som via ett TräCentrumNorr-projekt bistått med kontrollstocksrapporter
- All personal vid Kåge Sågs kontor

Ett speciellt tack till min fru Pia och våra barn Ella och Annie som hållit mig sysselsatt vid sidan av detta examensarbete.

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Bakgrunden till detta examensarbete är att Norra Skogsägarnas sågverk i Kåge och Sävar har investerat i en programvara som automatiskt kan beräkna ett diametermått under bark vid inmätning av timmer. Denna programvara heter ProBark och är levererat av Sawco AB. Grundtanken är att underbarksmåttet för de inmätta stockarna ska bli mer exakt förutsagt än den idag använda manuella metoden med barkfunktioner eftersom att ProBark mer precist ska kunna uppskatta andelen avskavd bark och barktjocklek i området där diametermåttet på stocken tas. Det ska då i sin tur leda till att en större andel av stockarna hamnar i rätt timmerklass vid sortering av timret.

1.2 Syfte och mål

Syftet med examensarbetet är att utvärdera och belysa eventuella skillnader mellan den automatiska och den manuella metoden att mäta. Målet är att ge förslag på hur stora eventuella justeringar av klassgränserna bör vara samt ge förslag på andra åtgärder som kan behöva vidtas vid en övergång till timmersortering med automatiskt framräknat underbarksmått.

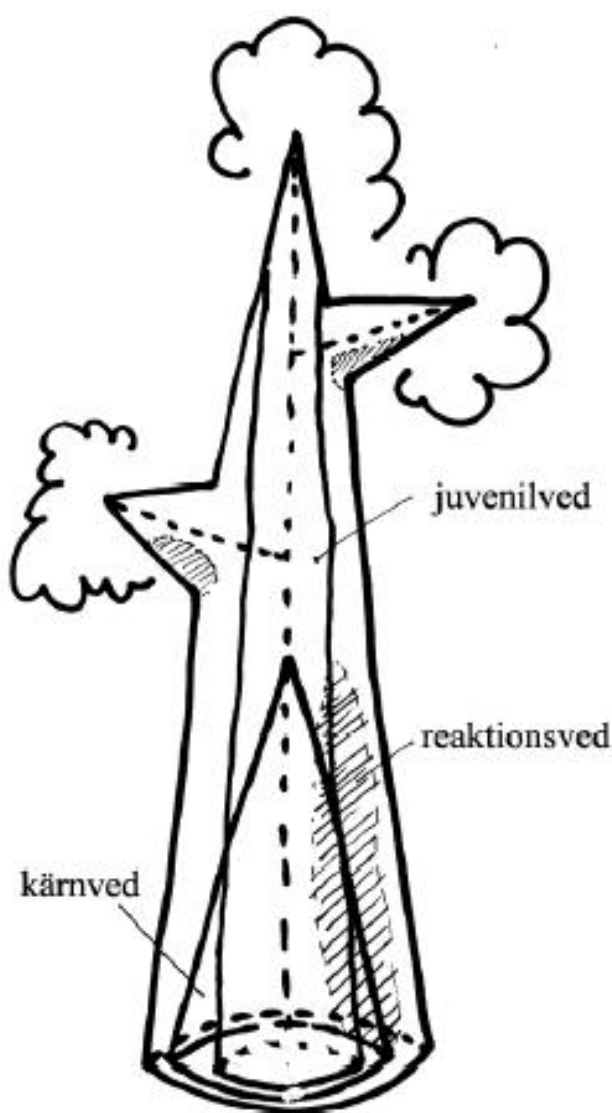
1.3 Avgränsningar

Examensarbetet är uteslutande utfört vid Kåge Såg. All data är insamlad i Kåge vilket gör att resultaten även i första hand gäller Kåge Såg. Vidare är arbetet utfört med data från den andra februari till den fjortonde augusti med de väderleks förhållanden som rådde under denna period. Den resterande tidsperioden är alltså inte utvärderad vilket gör att man inte med säkerhet kan säga hur utrustningen beter sig för årstiden mellan september till januari.

2 Teori

2.1 Trädet

Det levande trädet är likt människor på det sättet att varje individ är unik. Det finns alltså inget träd i skogen som är exakt likt det andra. I detta arbete ingår bara träslagen tall (*Pinus sylvestris*) och gran (*Picea abies*). Därför kommer fortsättningsvis benämningen ”trädet” att syfta på dessa. Figur 1 visar en generell bild med förklaringar över ett levande trädets olika beståndsdelar. Huvuddelen av all fakta som behandlar trä och bark är hämtad från boken Träkunskap av Saarman (1992).



Juvenilved: De första ca 10-20 årsringarna närmast mörken består av så kallad juvenilved. Denna ved har lite andra egenskaper än normal ved. Densiteten är lägre, fibrerna är kortare och den axiella krympningen vid torkning är större.

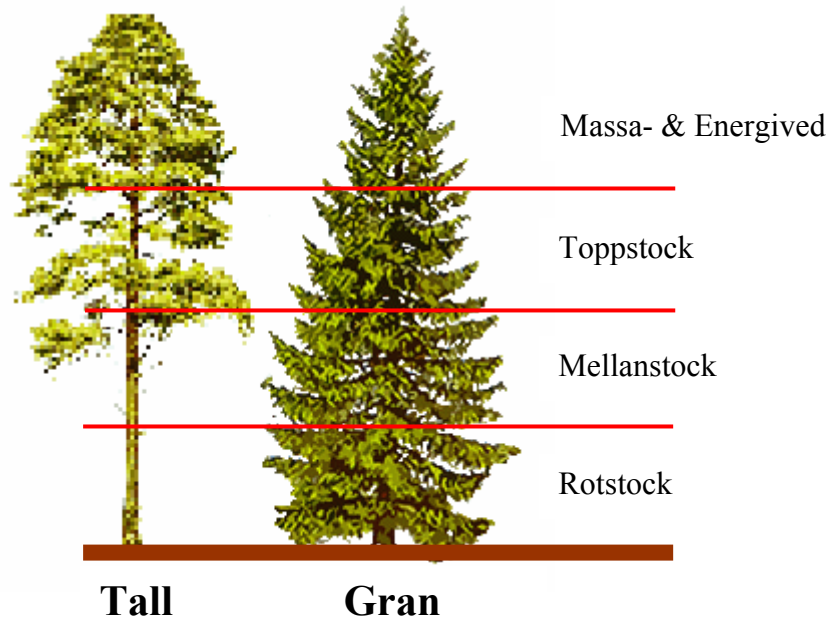
Kärnved: När stammen ökar i omkrets behövs efter en tid inte hela tvärsnittet för vattentransporten längre. Detta inträffar efter ca 30-40 år. Livsfunktionerna börjar då avta närmast mörken och det bildas kärnved. Kärnveden blir naturligt impregnerad av extraktivämnen och dess enda funktion blir i fortsättningen att ge trädet stadga. Fuktkvoten i kärnved är ca 35 % vilket kan jämföras med splintvedens fuktkvot på ca 135 %. Kärnveden i tall får efter exponering en brunaktig nyans till skillnad från gran där man inte kan urskilja kärnveden med blotta ögat. En tall med mer än 50 % kärnved i tvärsnittet brukar kallas fura.

Reaktionsved: Om ett träd exempelvis växer i en sluttning kommer stammen att utsättas för en ojämn belastning. Detta motverkar då trädet genom att bilda reaktionsved. Barrträd bildar reaktionsved på den tryckta sidan av stammen. Det bildas även reaktionsved på undersidan grenfästet eftersom grenens egentyngd belastar veden där. Reaktionsved i barrträ kallas även tryckved eller tjurved. Reaktionsvedsfibrer har en annorlunda struktur vilket bland annat leder till stor axiell krympning vid torkning. Ett virkesstycke med både normalved och reaktionsved blir därför ofta deformerat efter torkning likt en varm bimetal.

Figur 1 Trädets beståndsdelar. Bild ritad av Margot Sehlstedt-Persson, LTU

Den del av trädet som är intressant för sågverken är de delar av trädstammen som går att använda som sågtimmer. Generellt kan en trädstam delas upp i tre stocktyper vilka från roten

är rotstock, mellanstock och toppstock (Grönlund, 1992). Stamdelen ovanför toppstocken används av massaindustrin för framställning av papper. Den yttersta toppdelen av stammen samt kvistarna, även kallat GROT (grenar och toppar), brukas vid användning av bioenergiindustrin. Figur 2 visar de olika zonerna i tall och gran.



Figur 2 Trädstammens olika zoner

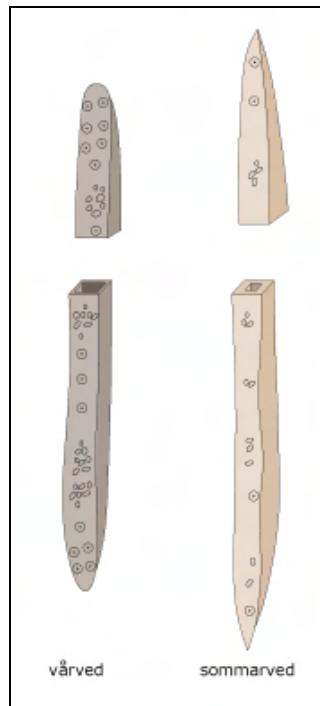
En trädstam har tre olika kvistzoner. Dessa är friskkvistzon, torrkvistzon och kvistfrizon. Utifrån figur 2 kan man få en uppfattning om var dessa zoner ligger samt förstå att det är en skillnad mellan zonerna i tall och gran. Från figur 2 med stocktyper och figur 1 med trädets beståndsdelar kan man tillsammans med kvistzonerna dra följande generella slutsatser:

- Rotstockar kommer att ha en relativt stor andel kärnved och liten andel juvenilved. Vid sönderdelning kommer centrumutbytet från både gran och tall att ha stor andel kärnved. Sidbrädorna från tall kommer att vara relativt kvistfria medan sidbrädorna från gran kommer att ha både torrkvist och friskkvist.
- Mellanstockar kommer att ha måttlig andel kärnved och juvenilved. Vid sönderdelning kommer tall att ge sidbrädor med relativt mycket torrkvist. Sidbrädorna från gran kommer att ha mestadels friskkvist.
- Toppstockar kommer att ha relativt liten andel kärnved och stor andel juvenilved. Vid sönderdelning kommer centrumutbyte och sidbrädor från både tall och att ha mestadels friska kvistar.

Detta är som sagt generellt dragna slutsatser som på individnivå kan se annorlunda ut.

2.1.1 Ved

Veden är den delen av trädet som hos sågverken sönderdelas till plank och brädor. Veden är till mer än 90 % uppbyggd av trakeider, även kallat fibrer. Barrträd bildar två olika typer av trakeider beroende på om dessa bildas under våren eller sommaren. Trakeiderna som bildas under våren har tunnare väggar och större hålrum i mitten (lumen) medan trakeider som bildas under sommaren har tjockare cellväggar och mindre lumen, se figur 3.



Figur 3 Barrvedstrakeider

Detta betyder att vårveden i första hand fungerar som vattenledare medan sommarveden i första hand fungerar som styrka och stöd. Trakeiderna är hos tall är ca 2-3 mm långa och hos gran ca 3-4 mm långa. Trakeiderna är sammanbundna med varandra genom så kallade ringporer. Dessa ringporer tillåter att vatten strömmar mellan trakeiderna både i längs- och tvärsikten. Vårveden har ca 10 gånger mer ringporer än sommarveden. Skulle en trakeid få en skada så att vattnet läcker ut sluter ringporerna tätt mot angränsande trakeider på grund av tryckskillnaden.

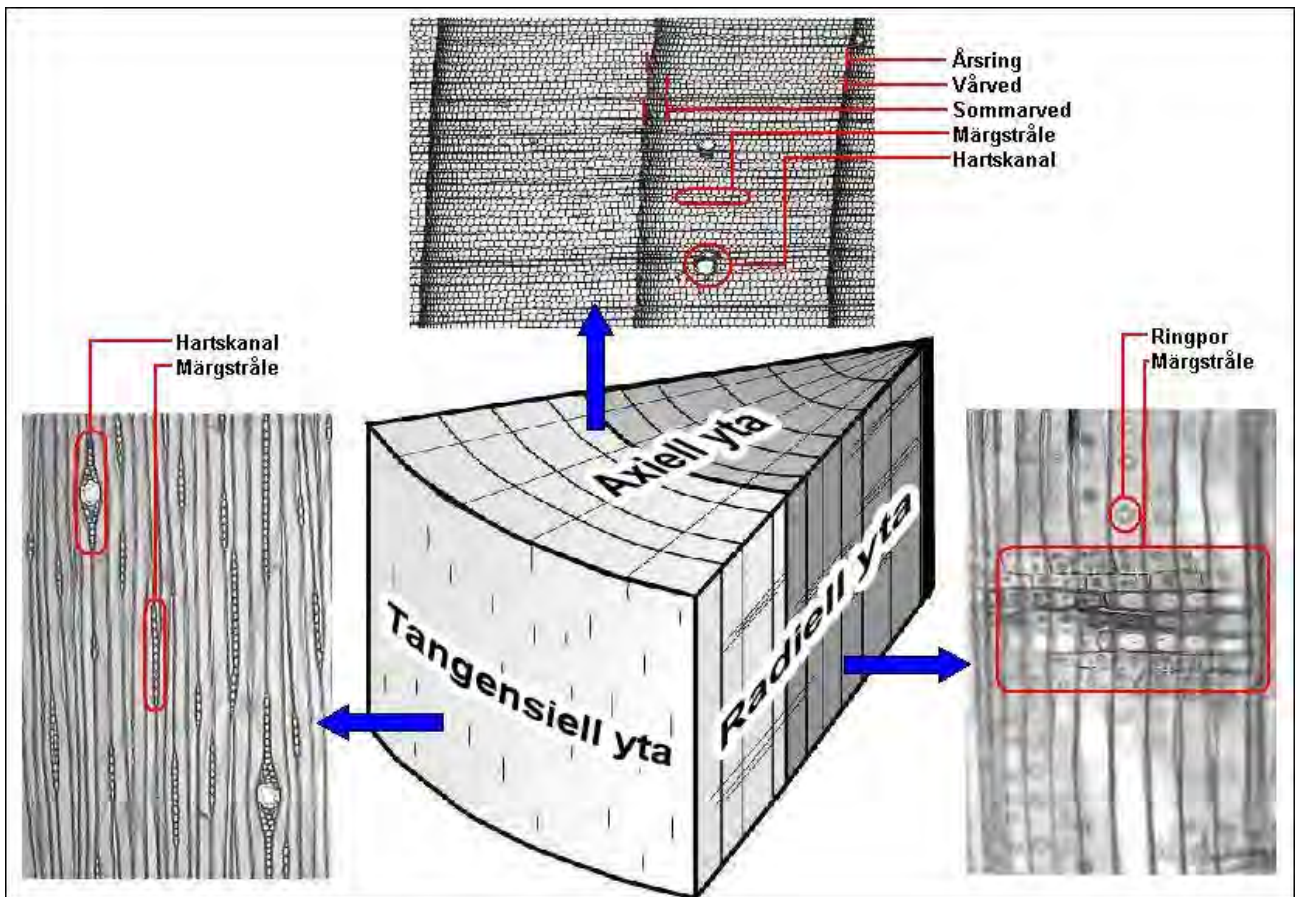
En annan viktig beståndsdel i veden är märkestrålar. Dessa är förbundna med innerbarken och löper radiellt i stammen. Märgstrålar fungerar som ledare och lagrare av näring från fotosyntesen. Vätskeflödet i en stam ser ut enligt följande: Vatten med mineralämnen från marken leds via trakeiderna till barren. I barren tas koldioxid upp från luften. Med hjälp av solens energi och klorofyllet i barren omvandlas, i den så kallade fotosyntesen, koldioxid och vatten till kolhydrater och syre enligt följande.



Efter fotosyntesen transporteras näringslösningen (kolhydraterna) neråt via innerbarken och fördelas ut till hela stammen via märkestrålar. Kolhydraterna och syret har, efter fotosyntesen, högre energiinnehåll än vattnet och koldioxiden hade före. På så sätt lagras alltså solens energi i trädet. Om man förbränner träet backar man denna process vilket betyder

att den värme man känner från en brasa i själva verket är solens energi. Långt ifrån allt vatten som leds upp i stammen används vid fotosyntesen. Den största delen avdunstar och kan på så sätt hjälpa till att reglera trädets vätskemängd och temperatur.

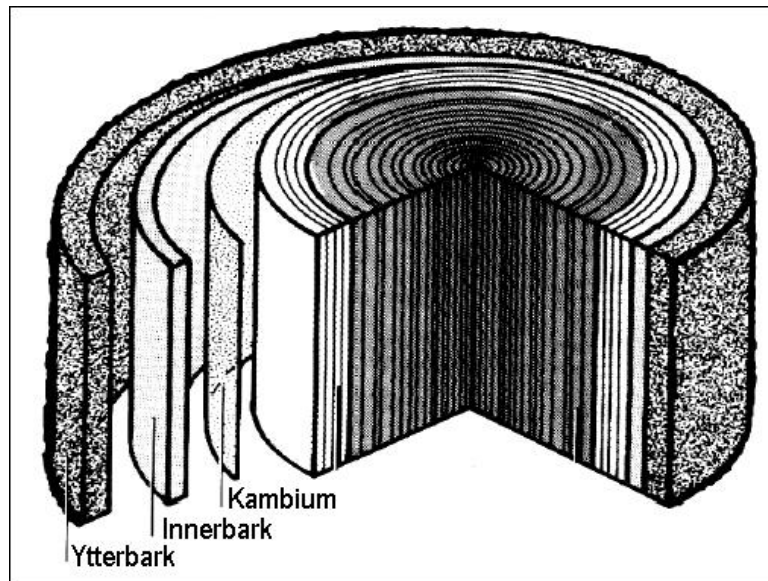
Som de flesta vet så fylls eventuella skador i tall och gran igen med kåda. Kådan finns lagrad i ett speciellt rörsystem som löper axiellt och radiellt genom trädets. Dessa rör kallas hartskanaler. I tall finns det mer axiella kanaler och i gran mer radiella. Om trädets skadas så att en hartskanal öppnas tränger alltså kåda ut och stelnar likt en sårskorpa. I figur 4 kan man se en generell bild över hur vedens olika beståndsdelar förhåller sig till varandra.



Figur 4 Vedens riktningar och struktur

2.1.2 Bark

Med bark menar man vanligtvis det som ligger utanför själva veden i en trädstam. Tittar man lite närmare kan man se att detta lager kan delas upp i tre delar. Dessa tre delar är inifrån: kambium, innerbark och ytterbark, se figur 5.



Figur 5 Kambium, innerbark och ytterbark

- Kambiumet är ett genomskinligt skikt som bara är några tiotals μm tjockt. Det är i detta skikt som nya celler bildas och gör att trädstammen ökar i omkrets. Kambiumet bildar vedceller (xylem) inåt och barkceller till innerbarken (floem) utåt.
- I innerbarken sker den nedåtgående transporten av näringslösning (kolhydraterna) från fotosyntesen. Näringslösningen fördelas sedan från innerbarken till trädstammens alla delar via de tvärgående märkestrålarna.
- Ytterbarken är det mekaniska skyddet som ett levande träd har mot omvärlden. Ytterbarken är väldigt svårgenomtränglig för vatten och skyddar alltså även trädet från uttorkning.

Barken är som synes en viktig del för det levande trädet men blir hos sågverken en biprodukt som framförallt används som bränsle för att få energi till virkestorkningen. Tall- och granbark med en fuktkvot på 60 % har ett energivärde på ca 6 MJ/kg. Vatten kräver drygt 2 MJ/kg för att förångas. Om man då i en torksats ska torka exempelvis 38 mm plank från rått tillstånd till en fuktkvot på 18 % ska i storleksordningen 30 ton vatten avledas via förångning. Om man vidare ignorerar alla energiförluster måste alltså drygt 10 ton bark förbrännas bara för själva vattenförångningen!

2.1.3 Bark hos tall

Barken hos tall kan grovt delas upp i tre sorter (Zacco, 1974). Skorp bark, övergångsbark och glansbark, se figurerna 6, 7 och 8.



Figur 6 Glansbark

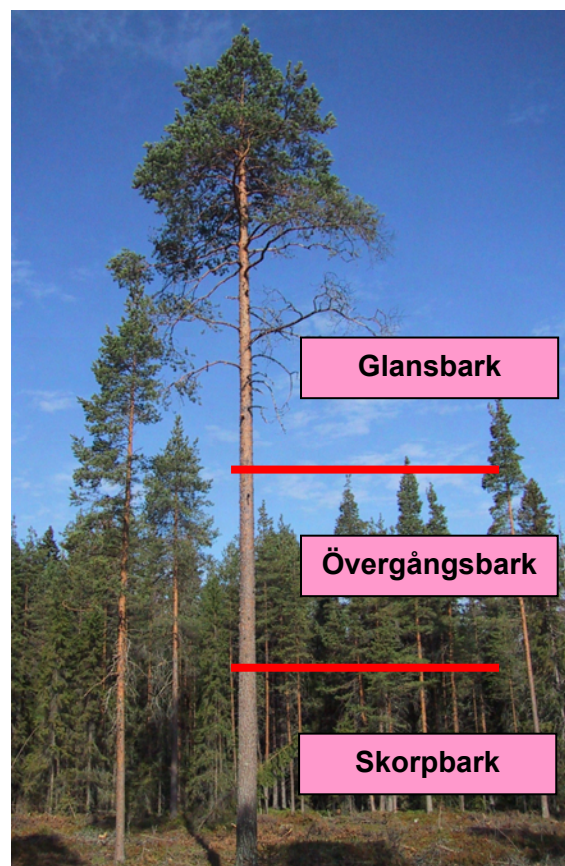


Figur 7 Övergångsbark



Figur 8 Skorpbark

Tallens bark är generellt placerad i trädet enligt figur 9. Rotstockar har alltså till största del skorpbark, mellanstockar till största del övergångsbark och toppstockar till största del glansbark. Det råder dock en stor spridning vart de olika zonerna startar mellan varje individuellt träd.



Figur 9 Olika barktypers generella placering i tall

2.1.4 Bark hos gran

Gran har till skillnad från tall bara en typ av bark (Zacco, 1974), se figur 10.



Figur 10 Granbark

2.2 Elektromagnetiskt spektrum och ljus

Det man vanligtvis refererar till när man säger ljus är egentligen den del av det elektromagnetiska spektrumet som våra ögon kan uppfatta. Elektromagnetisk strålning är i sina minsta beståndsdelar fotoner som rör sig med ljusets hastighet i olika våglängder (Wikipedia, 2006). En fotonens energi E ges av formeln:

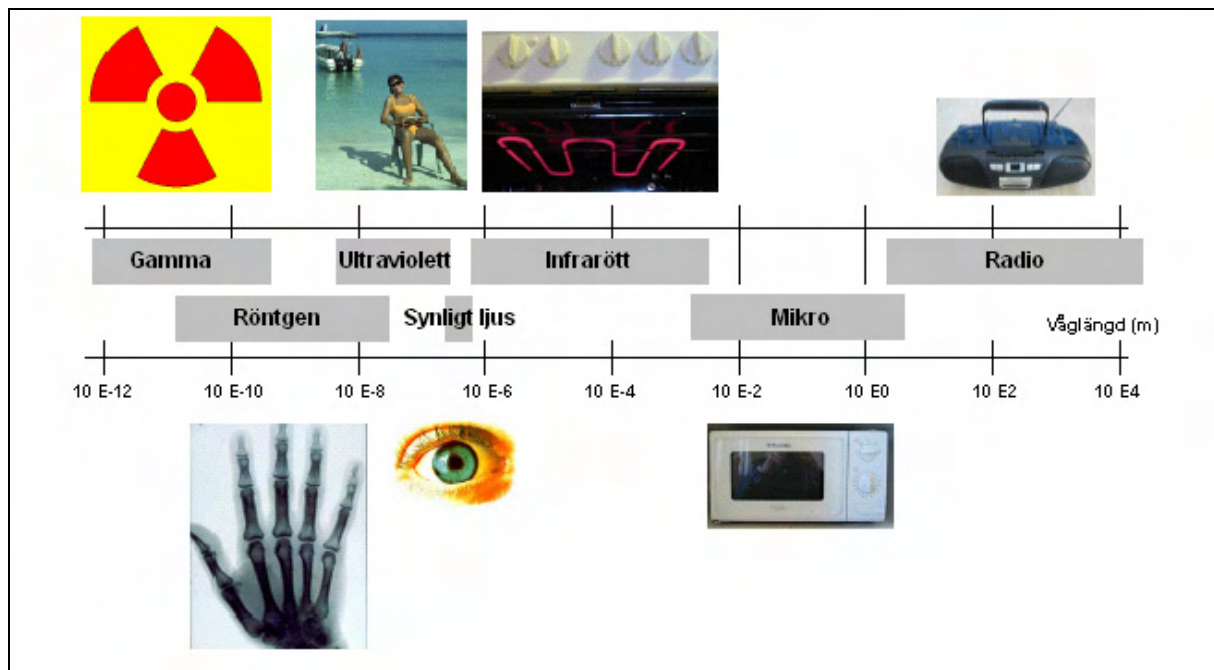
$$E = \frac{h \cdot c}{\lambda}$$

h = Plack's konstant

c = Ljusets hastighet

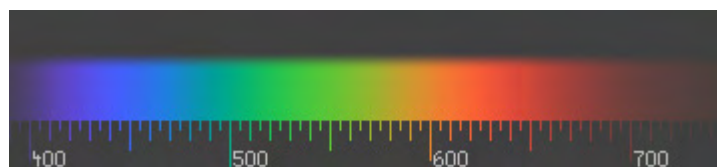
λ = Fotonens våglängd

Ljusets hastighet är liksom Plack's konstant ett oföränderligt värde vilket betyder att en fotonens energi ökar med minskad våglängd. Fotoner avges när en laddad partikel går från ett högre energitillstånd till ett lägre, exempelvis när exciterade atomer (elektron i högre orbital än normalt) går tillbaka till sitt naturliga tillstånd eller när stora atomkärnor sönderfaller. På samma sätt kan fotoners energi absorberas av ämnen med en ökning av potentiell energi som följd. Figur 11 visar det elektromagnetiska spektrumet med våglängder som sträcker sig mellan 10^{-12} – 10^4 m.



Figur 11 Elektromagnetiska spektrumet

Fotonens energi motsvarar energiförändringen hos en laddad partikel. Sönderfall av en stor atomkärna som exempelvis grundämnet Uran, ger en stor energiförändring och därmed fotoner med kort våglängd i gammaområdet av spektrumet. En exciterad Neonatom ger en mindre energiförändring vid deexcitation motsvarande fotoner med våglängder i den röda delen av synligt ljus. Den elektromagnetiska strålningen börjar bli skadlig för människokroppens celler runt det ultravioletta området. Vår sols strålning ligger främst i det synliga området med även delvis i det infraröda och ultravioletta området där den ultravioletta strålningen ger oss solbränna vid längre exponering. Ännu kortare våglängder som röntgen- och gammastrålning är direkt förödande för våra celler. Det elektromagnetiska spektrum som våra ögon kan uppfatta ligger på våglängderna mellan ca 400-700 nm, se figur 12.

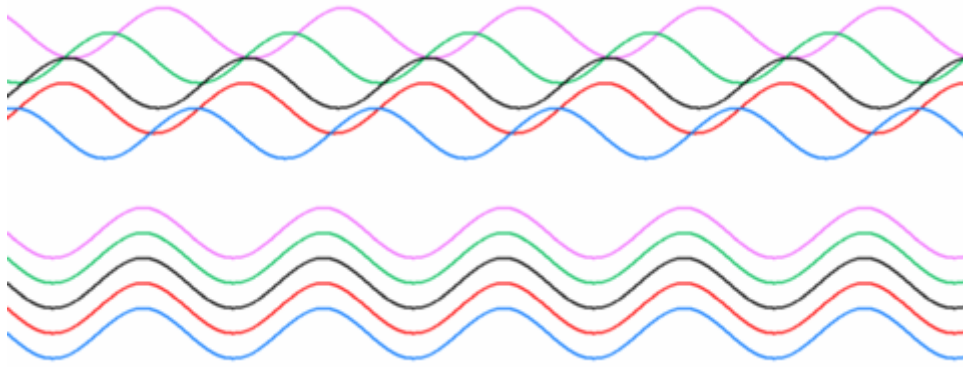


Figur 12 Våglängder för synligt ljus

Blandar man alla dessa synliga våglängder får man vitt ljus. Det vi uppfattar som färger är alltså de våglängder av solens eller lampans vita ljust som reflekteras från en yta. Det betyder att de ytor som vi upplever ha exempelvis en grön färg absorberar alla synliga våglängder utom just de gröna.

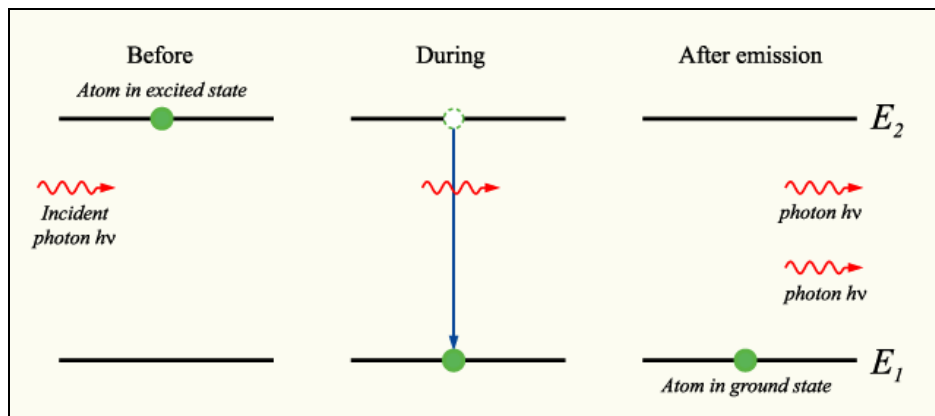
2.2.1 Laserljus

Laser är en förkortning för Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation. Till skillnad från vanligt ljus är laserljus både monokromt och koherent. Monokromt betyder att våglängden är den samma och koherent betyder att vågorna ligger i fas, alltså vågdal och vågtopp infaller samtidigt, se figur 13.



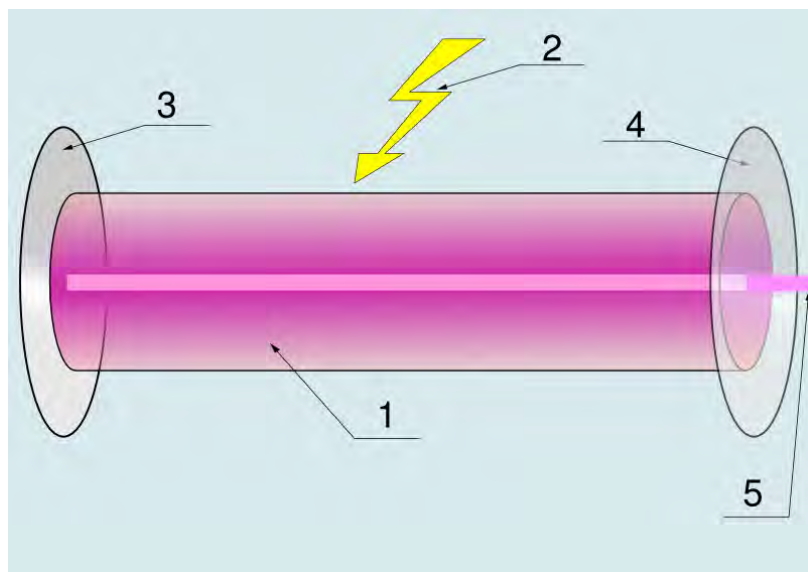
Figur 13 Monokromatiska vågor (övre) Koherenta monokromatiska vågor (undre)

Laserljus bygger på att ett ämne (laser-medium) med hjälp av en energikälla exciteras till ett högre energitillstånd än normalt. När en atom exciteras går som sagt en elektron upp till en högre orbital. Eftersom denna högre orbital inte är dess naturliga plats kommer den att gå ner till sitt normala skal igen. När detta sker avges (emitteras) överskottsenergin i form av en foton. Det kallas spontan emission. Om en foton passerar genom den exciterade atomen och har en energimängd motsvarande elektronens excitationenergi kommer elektronen att deexciteras och avge en foton som kommer att vara i riktning, i fas och ha samma våglängd som den passerande fotonen. Detta kallas stimulerad emission, se figur 14. Våglängden på fotonerna beror på vilken energimängd excitationen motsvarar.



Figur 14 Stimulerad emission

Om man bygger in det ämnet som exciteras i en tub med en totalreflekterande spegel i ena änden och en delvis transparent spegel i andra kan man på så sätt förstärka mängden fotoner som färdas ortogonalt mellan speglarna. De fotoner som tar sig ut genom den delvis transparenta spegeln kommer att utgöra det som kallas laserstrålen, se figur 15.



Figur 15 Laserns funktion
 1=Inneslutet lasermedium
 2=Energikälla för excitation
 3=Totalreflekterande spegel
 4=Delvis transparent spegel
 5=Laserstråle

Färgen på laserstrålen beror på vilket lasermedium som används. Lasrar kan beroende på sin effekt och avskärmning vara skadliga för både ögon och hud. Därför finns fyra olika säkerhetsklasser enligt nedan (Wikipedia, 2006).

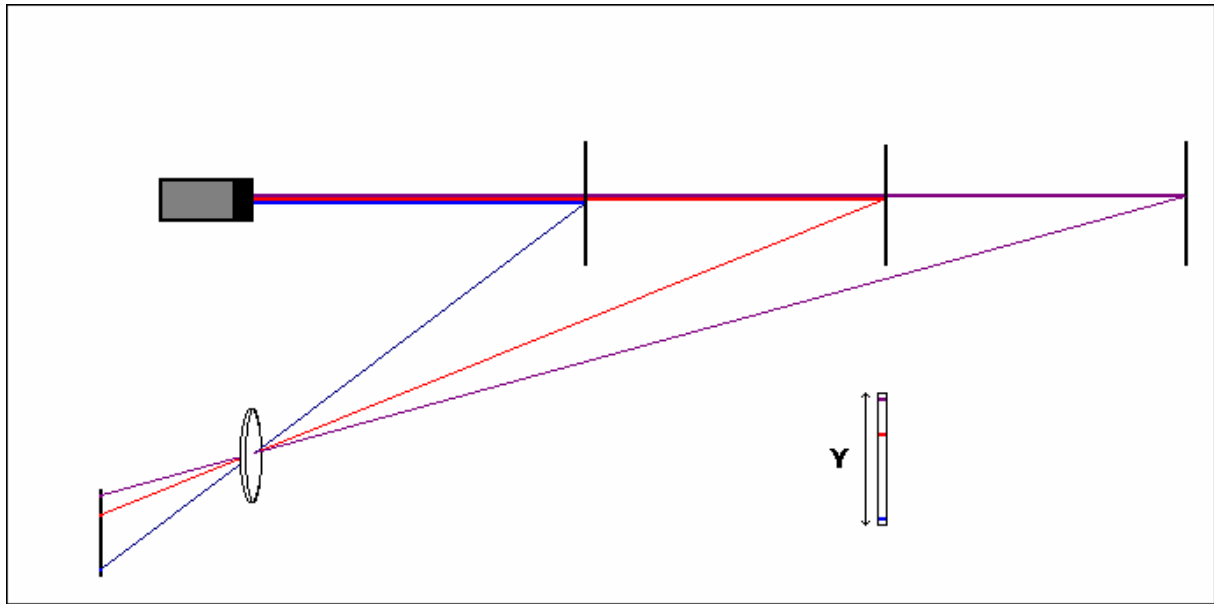
- **Klass 1:** Består av lasrar som är helt säkra, antingen på grund av att de sitter inkapslade eller att de har låg uteffekt.
- **Klass 2:** Har så pass låg uteffekt att ögats blinkreflex hindrar från skada.
- **Klass 3a:** Kan orsaka skada om de passerat optiska instrument och blivit mer fokuserade.
- **Klass 3b:** Kan orsaka skada om strålen träffar ögat direkt.
- **Klass 4:** Direkt såväl som reflekterat ljus kan orsaka skada.

2.3 Lasertriangulering

Lasertriangulering är en mätmetod som bygger på att utsänt laserljus reflekteras tillbaka till en kamera. Metoden får sitt namn i och med den triangel som det utsända och reflekterade ljuset bildar tillsammans med laserkällan och kameran.

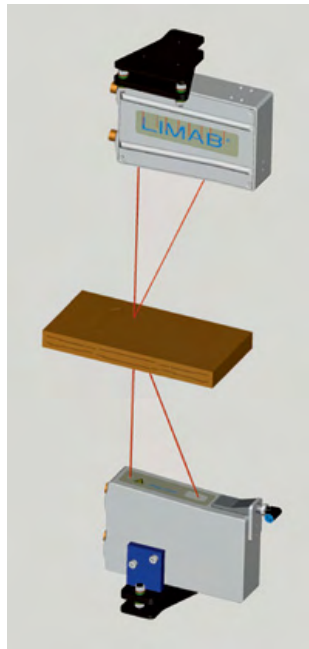
2.3.1 Lasertriangulering i en dimension

Figur 16 nedan visar en förenklad bild av uppsättningen för avståndsmätning med en punktlaser.



Figur 16 Lasertriangulering i en dimension

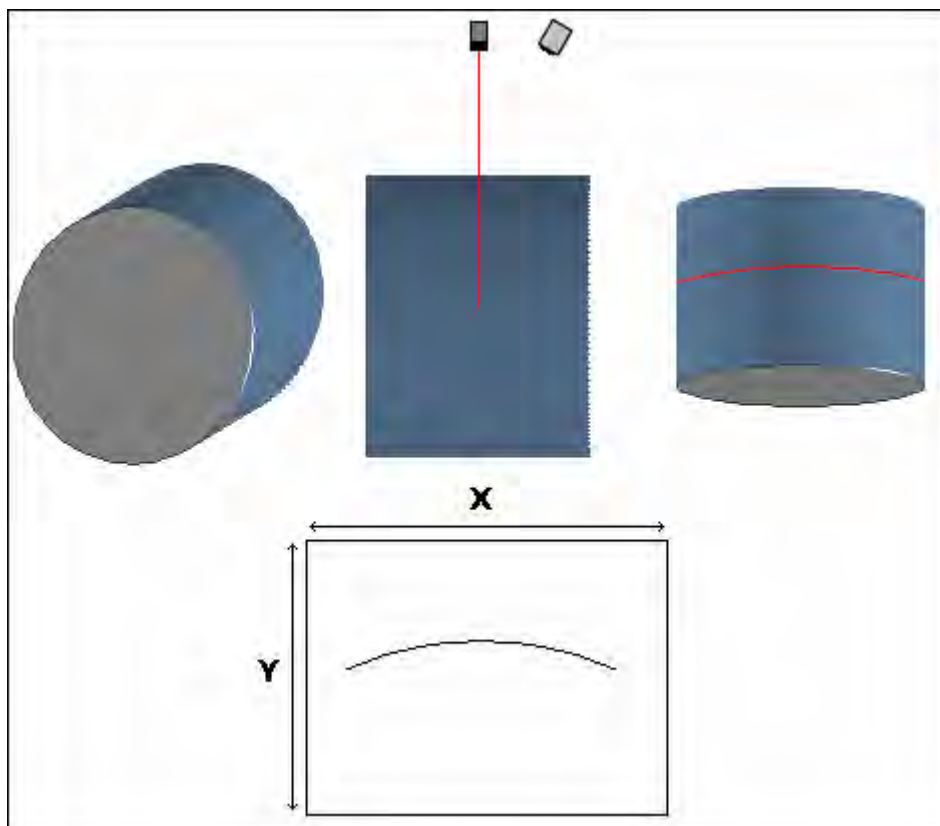
Det reflekterade ljuset som träffar kamerans lins bryts ihop mot en sensorplatta eller sensorrad. Fokuspunkten efter linsen kommer att ligga i förlängningen av de ljusstrålar som går genom linsens mitt. En vanlig sensor är den s.k. CCD (Charge Coupled Device) sensorn. Den består av mängder med ljuskänsliga transistorer där varje transistor motsvarar en bildpunkt. Dessa transistorer omvandlar det infallande ljuset som träffar dem till analoga elektriska signaler. På så sätt kan man avgöra var på sensorn ljuset är intensivast, alltså var laserpunkten ligger. Efter kalibrering kommer varje y-koordinat i kamerans sensor att representera ett visst avstånd mellan laserkällan och mätobjektet. När utrustningen väl är kalibrerad är förhållandena låsta. Skulle laserkällan eller kameran få en knuff och ändra läge gäller inte längre det kalibrerade förhållandet mellan avstånd och y-koordinat. I praktiken sitter laserkällan och sensorn ofta i samma enhet vilket automatiskt låser förhållandena mellan dem. Som man kan se i figur 16 är avståndsändringen mellan de tre mätobjekten lika. Avståndsändringen mellan y-koordinaterna i sensorn är däremot inte lika så med andra ord blir precisionen i avståndsmätningen sämre ju längre bort mätobjektet ligger. Triangulering i en dimension kan exempelvis används för vankants- och tjockleksmätning av sågat virke. Man placerar då en rad mätenheter som med hög frekvens mäter avståndet till både över- och undersidan av virkesbiten när den tvärtransporteras genom mätområdet. Med informationen kan man sen återskapa ett flertal tvärsnitt där både information om tjocklek och vankant kan återfås. Figur 17 nedan visar Limab AB:s vankant- och tjockleksmätare.



Figur 17 Limab AB:s Vankant- och tjockleksmätare (Limab)

2.3.2 Lasertriangulering i två dimensioner

För att mäta avstånd i två dimensioner måste man använda en laserlinje. Detta är användbart om man exempelvis vill mäta avstånd och visualisera former av olika slag.

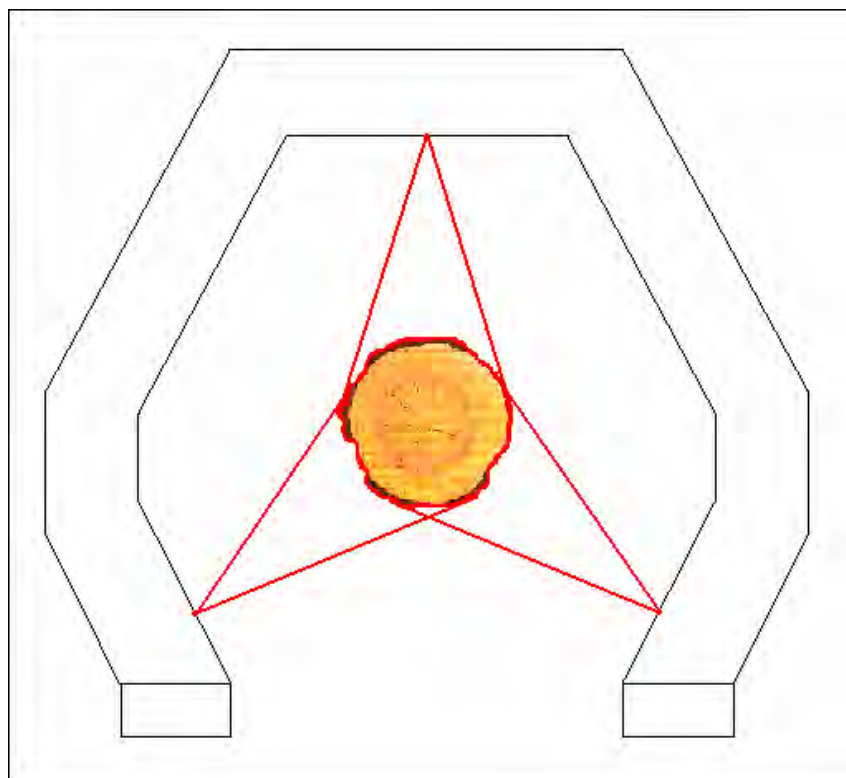


Figur 18 Lasertriangulering i två dimensioner

Eftersom en linje är en rad av sammansittande punkter blir principen för lasertriangulering i två dimensioner precis densamma som för i en dimension. Den enda skillnaden är att man får

en frihetsgrad till och måste då använda en sensor som kan ta emot information i två dimensioner. Figur 18 visar mätning på en kort cylinder. Till vänster ses cylindern, i mitten ses uppsättningen av laser och kamera från sidan. Till höger ser man laserlinjen som kameran uppfattar den. Hade kameran suttit i plan med lasern hade linjen uppfattats som ett rakt streck men eftersom kameran sitter i vinkel mot linjen kommer linjen alltså att uppfattas som krökt. I praktiken sitter även här laserkällan och kameran i en gemensam enhet. Underst i figur 18 finns den genererade bilden efter den genomgått bildbehandling och ointressant information filtrerats bort. Varje x, y –koordinat i genererade bilden är kopplad till en punkt i ett plan under laserkällan. Från denna bild kan man bygga upp virtuella bilder av den sanna formen i en dator. Nedre hälften av cylindern kommer man inte att kunna mäta på eftersom den ligger i skuggsida från laserkällan och kameran. För att kunna mäta ett helt tvärsnitt och komma runt problemet med skuggsidan måste man sätta flera mätenheter runt tvärsnittet.

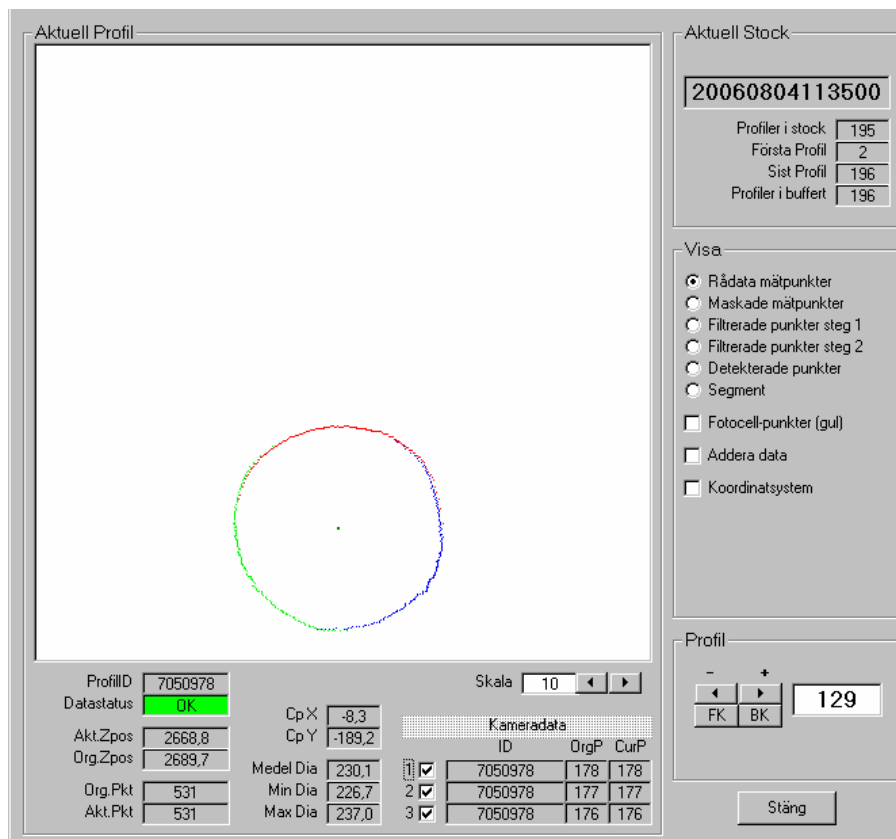
2.4 Sawcos 3-D Mätram



Figur 19 Sawcos 3-D mätram för timmer

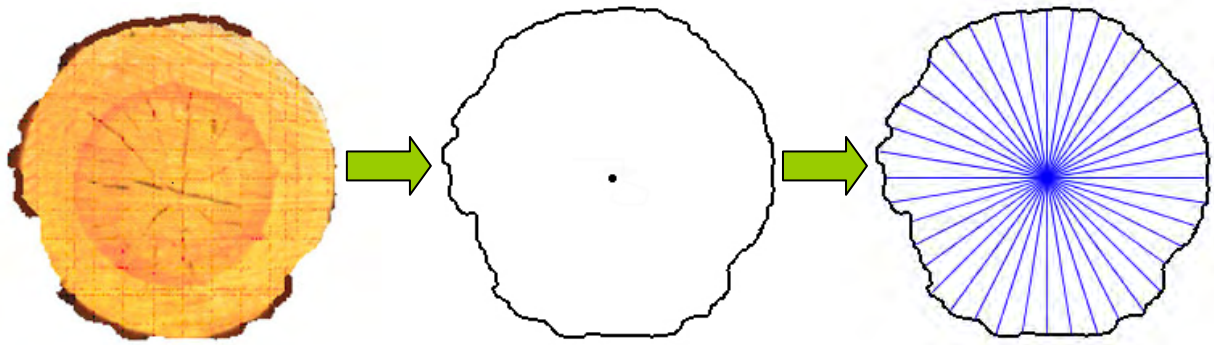
Sawcos mätramar i Kåge använder tre laser-kamera enheter av märket IVP-Ruler 100 SX för att bygga upp stockens tvärsnittsprofil. Laserljuset i varje Ruler enhet är av klass 3b, har en våglängd på 600-700 nm och en effekt på 100 mW (Anon., 2005a). Enheterna sitter förskjutna 120 grader från varandra, se figur 19. Varje Ruler-enhet har inbyggd elektronik som utför själva bildbehandlingen. Sensorn i varje enhet är 512 pixlar bred och 512 pixlar hög där en pixel motsvarar en mätpunkt. Man kan säga att varje sensor består av 512 kolumner med 512 rader. I varje kolumn sitter en 1-bits processorer som utifrån inställbara tröskelvärden avgör dels om det finns laserljus i kolumnen och dels i vilka av kolumnens rader laserljuset ligger. Hos mätramarna i Kåge används de två första och de två sista kolumnerna i sensorerna för intern databehandling. Det lämnar 508 kolumner i varje sensor som kan användas för att

generera mätpunkter. Eftersom bredden i sensorerna blir den begränsande faktorn kommer det maximala antalet mätpunkter, som en profil teoretiskt kan innehålla, att bli $3 \cdot 508 = 1524$ stycken. I praktiken innehåller profilerna mycket färre mätpunkter än det maximala antalet eftersom stockarna aldrig är så stora att hela sensorbredden utnyttjas. Varje pixel i de tre Ruler enheterna är ”direktkopplad” till en punkt i ett plan under mätramen och en punkt i ett virtuellt plan där varje tvärsnittsprofil byggs upp. Figur 20 visar en avläst profil ur en stock. Röda mätpunkter är tagna från den överliggande mätenheten, gröna från den vänstra och blå från den högra med referens att stocken är kommande mot observatören genom mätramen.



Figur 20 En profil ur en avläst stock

Det finns ofta stickor och barkslamsor eller liknande som kommer att ge mätpunkter som avviker från var mätpunkterna borde ha hamnat. På samma sätt kan exempelvis keratterna på matningstransportören skugga lasern från att nå stockens undersida varvid ett glapp i profilen uppstår. De avvikande punkterna filtreras bort i flera steg utifrån inställbara värden på procentuell radieavvikelse. Glapp i profilen fylls igen genom inter- och extrapolering. För en godkänd profil får dock inte glappet i profilen överstiga ett inställbart vinkelvärde (Anon., 2005b). Parallellt med filtreringen räknas en geometrisk tyngdpunkt ut. Dvs. den punkt där profilen skulle ligga stilla om man balanserade den på fingertoppen. För att få ner mängden data som ska behandlas delas profilen, utifrån tyngdpunkten, sedan in i 64 lika stora segment. Var och en av dessa 64 ”tårtbitar” sammanfattas med en radie som är representativ för den aktuella tårtbiten. De 64 radierna kommer alla att ha samma vinkelförskjutning mellan sig vilket leder till att varje profil även har information om 32 diametrar, se figur 21 (Ryrvall, 2006).



Figur 21 Profilers indelning i radier

Profilernas area räknas ut genom att summera alla de 64 cirkelsegmentens areor enligt:

$$A = \sum \frac{r^2 * \varphi}{2}$$

A = Profilens area

r = Radien i det aktuella cirkelsegmentet

φ = Cirkelsegmentets vinkel

Eftersom alla segment har lika stor vinkel kan φ ersättas med konstanten ($2\pi/64$) vilket ger följande förenkling:

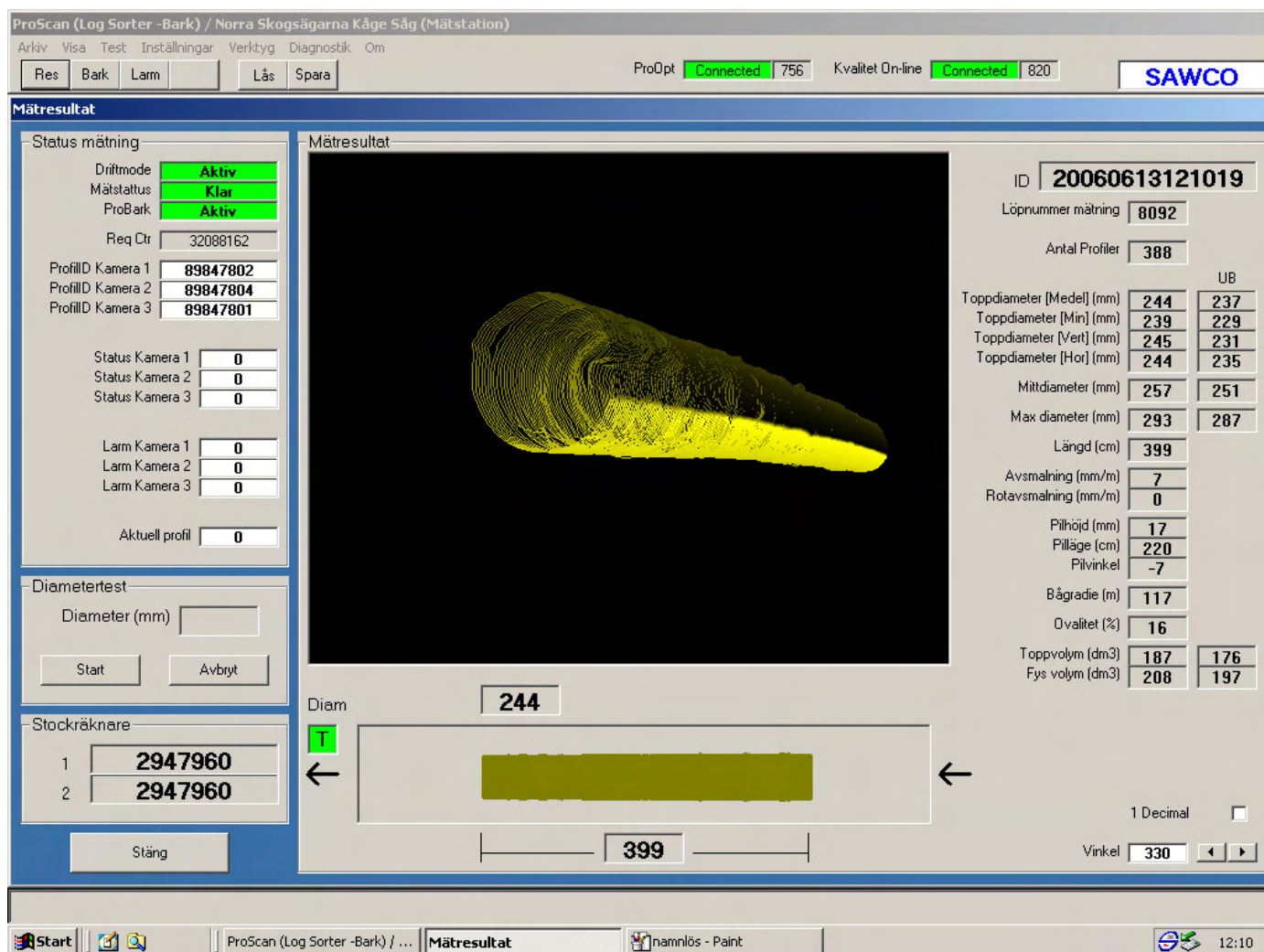
$$A = \frac{\pi}{64} * \sum r^2$$

För att kunna bygga upp stockens skalform tas profiler med en hög frekvens under hela tiden stocken matas genom mätramen. På transportörens vändhjul sitter en pulsgivare som registrerar pulser/tidsenhet. Om man vet vändhjulets diameter och antalet pulser per varv kan man på det sättet räkna ut med vilken hastighet transportören och då även stocken färdas genom mätramen. Frekvensen för hur många profiler man kan ta per tidsenhet är ställbar upp till ett maximalt antal på 300 st/s.

Om transportören har en hastighet på 100 m/min och antalet profiler som tas är 300 st/s blir det då mellan varje profil:

$$\frac{100}{\frac{60}{300}} \approx 0,0056 \text{ m} = 5,6 \text{ mm}$$

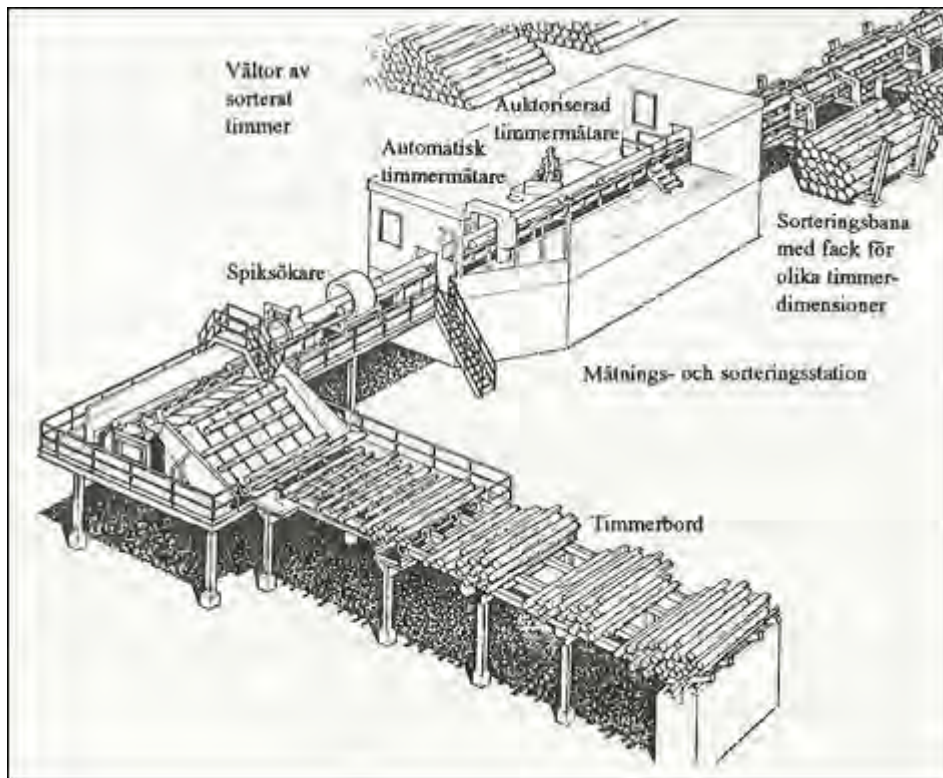
Figur 22 visar resultatet från en avläst stock.



Figur 22 Mätramsresultat från en stock

2.5 Sågverkets mätstation

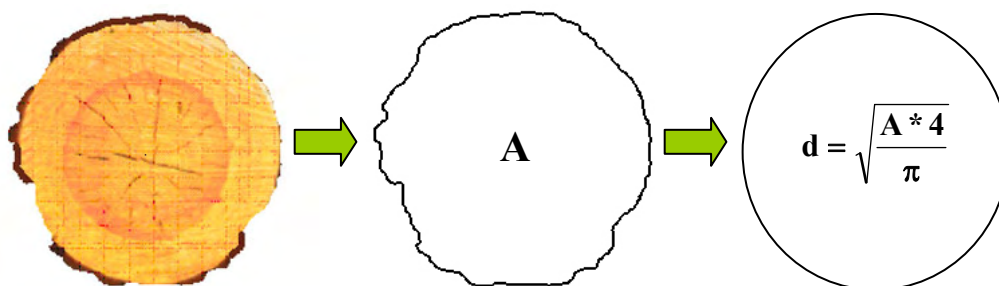
Figur 23 visar en principskiss över en längsmatad mätstation. Timret som ska mätas in läggs upp på ett timmerbord och matas fram till en enstyckesmatare som lägger på stockarna på den längsgående timmertransportören. Stockarna går därefter genom en metalldetektor och en mätram. Data från mätramen kompletteras med en manuell bedömning av en auktoriserad timmermätare. Utifrån detta sorteras timret upp i önskade klasser med avseende på dimension och kvalitet.



Figur 23 Principskiss över en längsmatad mätstation (Grönlund, 1992)

2.6 Vederlagsmätning och sågtimmersortering

Vederlagsmätning är den mätning som ligger till grund för betalning till skogsleverantören medan sågtimmersortering mäter den egenskap man sorterar sitt timmer efter (Grönlund, 1992). Vederlagsmätning utförs i Sverige av tre opartiska virkesmätningsföreningar. Dessa är för södra Sverige VMF Syd, mellersta Sverige VMF Qubera och för norra Sverige VMF Nord. Vid vederlagsmätning kan olika mätmetoder användas. De två metoder som används i Kåge är stockmätning och travmätning. Vid stockmätning bedöms varje stock enskilt av virkesmätaren medan man vid travmätning bedömer ett helt parti när det fortfarande ligger på lastbilen. Vid stockmätt vederlagsmätning används för automatiska mätmetoder stockens s.k. medeltoppdiameter. I Kåge sågtimmersorteras även timret efter samma medeldiameter i topp. Medeldiametern beräknas som diametern ur en cirkel som har samma area som minsta profilen i mätområdet, se figur 24.



Figur 24 Beräkning av medeldiameter

Medeldiametern ska vid automatisk mätning tas 10 cm från toppskäret. Med tanke på att minsta profilen kan finnas på en annan plats än just 10 cm från toppskäret tillåts att den minsta profilen tas senast 30 cm från toppskäret (Anon., 2000). VMF Nord som mäter timret i Kåge tillåter att minsta profilen tas senast 60 cm från toppskäret (Anon., 2006). Eftersom

medeldiametern beräknas på bark och den sökta diametern avser under bark måste medeldiametern korrigeras med ett barkavdrag. Vid manuellt barkavdrag måste virkesmätaren visuellt bedöma vilken typ av bark det är (tall) och om det finns barkavskav i området där medeldiametern hämtas. Skogsleverantören får efter inmätningen betalt för timret enligt överenskommelse. I Kåge sker betalningen vid stockmätning mot stockarnas toppcylindervolym, alltså cirkelarean baserat på stockens medeltoppdiameter under bark avrundat till närmast lägre centimeter multiplicerat med stockens längd avrundat till närmast lägre decimeter. Den betalningsgrundande beräkningen utförs vid Skogsbrukets Datacentral (SDC) dit varje mätstation skickar mätdata från sina inmätningar. Vid sågtimmersortering finns det andra egenskaper än medeltoppdiametern som man kan sortera efter. Exempel är stockens minsta diameter, postningsdiagonal eller postningsprovning. Postningsdiagonal bestäms utifrån vilket största fyrkantsblock som ryms i stocken med hänsyn tagen till stockegenskaper som exempelvis krok. Postningsprovning innebär att olika postningar simuleras varvid sorteringen sker mot den postning som ger största utbytet (Grundberg m.fl., 2001).

2.7 Manuellt barkavdrag med barkfunktioner

Vid manuellt barkavdrag används s.k. barkfunktioner. Barkfunktionerna bygger på en linjär regressionsmodell framtagen i mitten av 70-talet för automatisk inmätning av timmer. De automatiska mätare som användes på den tiden var för det mesta 1-riktnings skuggmätarmar. Modellen är framtagen av Peter Zacco och ser ut enligt följande:

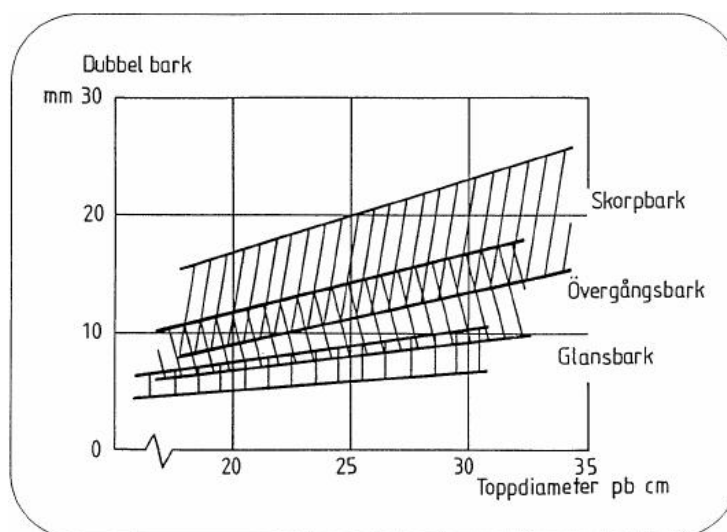
$$Y = a + bx$$

Y = Dubbla barktjockleken i mm

x = Stockens toppdiameter i cm

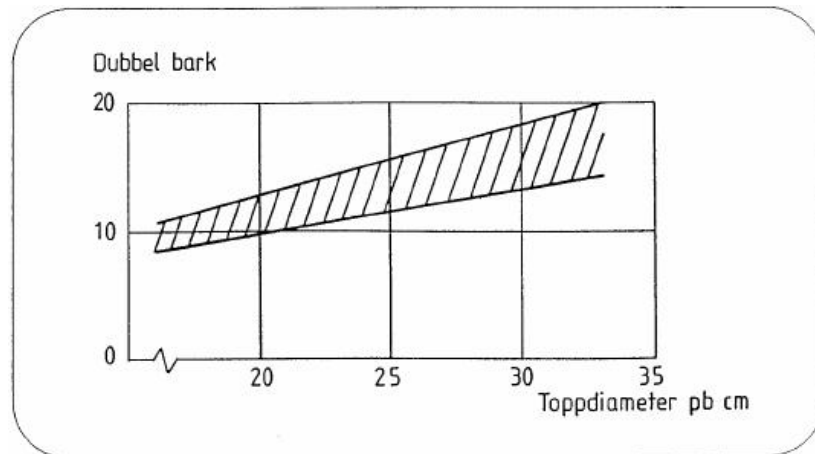
a & b = konstanter

Konstanterna a och b varierar beroende på vilken barktyp det gäller och vilket geografiskt område stocken kommer ifrån. Det framräknade värde på dubbla barktjockleken (Y) subtraheras sen från diametermättet för att få mättet under bark. Figur 25 visar regressionslinjerna för tall där undre och övre linjen för varje barktyp visar variationen mellan lägsta och högsta värdet för dubbla barktjockleken i Sverige.



Figur 25 Regressionslinjer för dubbla barktjockleken hos tall (Zacco, 1974)

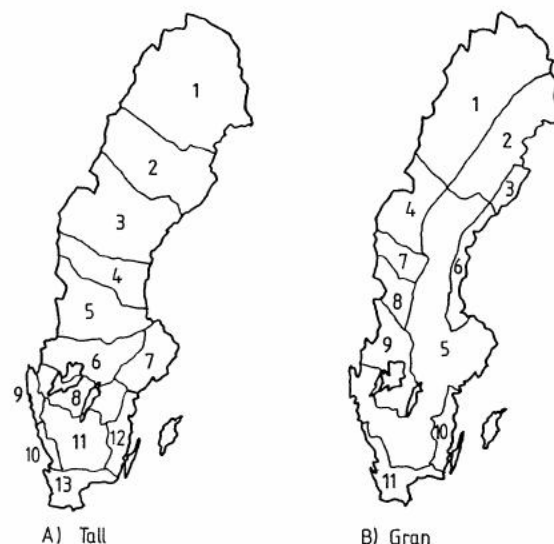
Som man kan se i figur 25 är det stor spridning på dubbla barktjockleken beroende på det geografiska området. Barktjockleken tilltar dock ju grövre stocken blir och skorp bark är generellt tjockare än övergångsbark som i sin tur generellt är tjockare än glansbark. Figur 26 visar regressionslinjerna för gran. Eftersom gran bara har en barktyp beror således barkfunktionen bara på vilket geografiskt område stocken kommer ifrån. Som figur 26 visar har barktjockleken även hos gran stor spridning beroende på geografiskt område. Även granbarken tilltar i tjocklek ju grövre stocken är.



Figur 26 Regressionslinjer för dubbla barktjockleken hos gran (Zacco, 1974)

Det bör understrykas att barkfunktionerna bygger på regressionsmodeller som visar den generella tendensen hos observationerna gjorda på 70-talet. Med andra ord har en linjefunktion anpassats så väl som möjligt i en punktsvärm med observationer på dubbla barktjockleken. Den individuella variationen i dubbel barktjocklek, d.v.s. avståndet mellan enskild observation och regressionslinje, är därför stor.

Utifrån den linjära regressionen delades landet in i de områden som visas i figur 27. Det vill säga att ett område använder samma konstanter (a & b) i den linjära modellen.



Figur 27 Områdesindelning för barkfunktion (Zacco, 1974)

Som man kan förstå blir modellen lite grovhuggen eftersom barktjockleken anses konstant över ett större område. Ligger sågverket så placerat att upptagningsområdet spänner över flera

barkområden förvärras problemet ytterligare. Det är dock inte barktjockleken som är det enda problemet vid beräkningen av diametern under bark. Ett lika stort, om inte större, problem är att stocken delvis kan sakna bark i mätområdet. För VMF Nord gäller vid användning av 3-D mätarmar instruktionerna i tabell 1 respektive 2 (Anon., 2006).

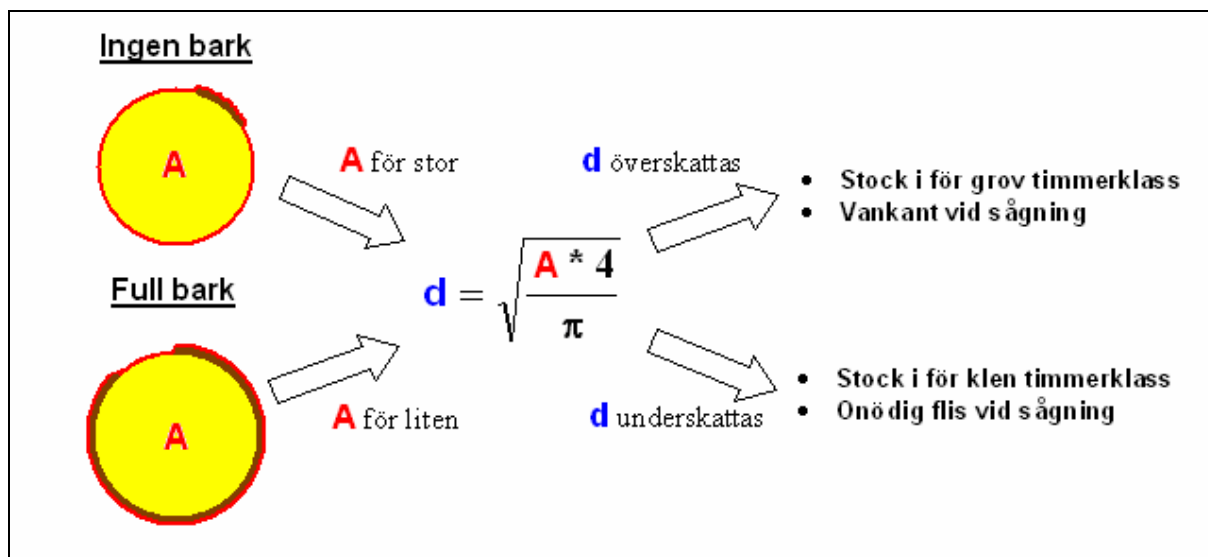
Tabell 1 Instruktioner för bedömning av tallbark med 3-D mätarm. Barkavskav mindre än 20 % av omkretsen i bedömningsområdet beaktas ej

> 50 % av barken borta	Tunn (glans) bark	Mellan- (övergångs) bark	Tjock (skorp) bark
Barktyp 0	Barktyp 1	Barktyp 2	Barktyp 3
20-50 % av barken borta och tunn bark	20-50 % av barken borta och Mellanbark	20-50 % av barken borta och Tjock bark	
Barktyp 0	Barktyp 1	Barktyp 2	

Tabell 2 Instruktioner för bedömning av granbark med 3-D mätarm. Barkavskav mindre än 20 % av omkretsen i bedömningsområdet beaktas ej.

> 50 % av barken borta	20-50 % av barken borta och Normal bark	Normal bark
Barktyp 0	Barktyp 1	Barktyp 2

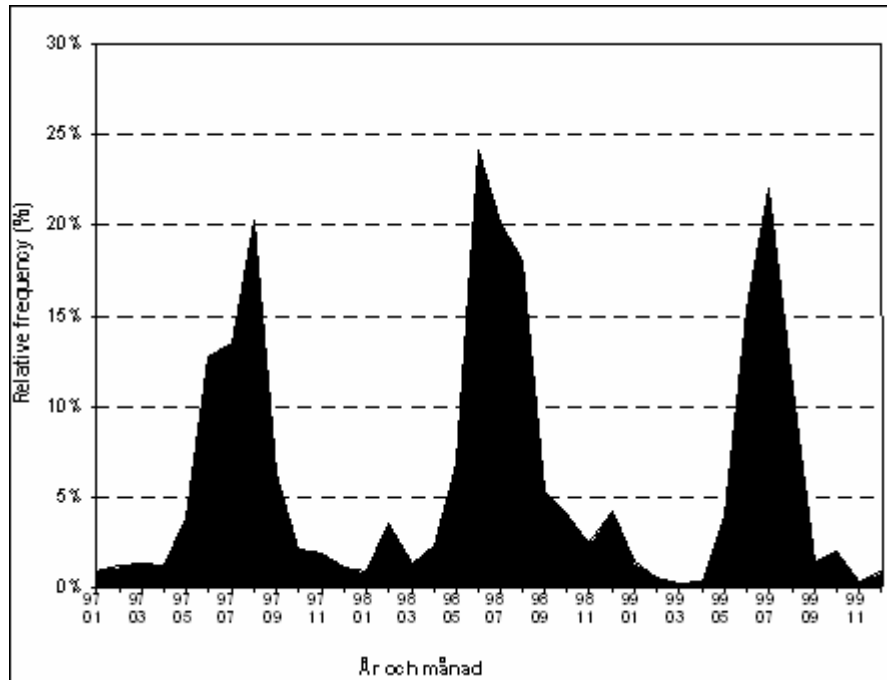
Tidigare instruktioner för barkbedömning med skuggmätarmar hade bara alternativen fullt- eller inget barkavdrag. Saknades bark på ovansidan i mätområdet gavs stocken inget barkavdrag. Fanns bark på ovansidan gavs stocken ett fullt barkavdrag. Om man antar att stocken har och saknar bark lika ofta på undersidan tar felet mellan fullt och inget barkavdrag ut varandra på partinivå. Vid mätning med en 1-riktnings skuggmätarm fungerar detta alltså på ett tillfredsställande sätt eftersom man har bark på båda sidor, en sida eller ingen sida av den tagna toppdiametern. För 3-D mätarmar blir det däremot inte lika tillfredsställande resultat eftersom toppdiametern plockas ur en area. Figur 28 illustrerar problemet.



Figur 28 Problemet vid manuell beräkning av barkavdrag

Om stocken bedöms som att inte ha någon bark i mätområdet, men ändå har det, kommer arean som diametern tas ur att bli större än den borde vara. Detta leder till att sorteringsdiametern överskattas och stocken löper risk att hamna i en timmerklass med för grovt timmer. Vid sågning med fastpostat mönster kommer då stocken att vara för klen vilket leder till vankant på det sågade virket eller till och med produktionsstopp. På samma sätt

underskattas sorteringsdiametern om stocken ges ett fullt barkavdrag när det finns ett visst avskav i mätområdet. Stocken löper då risk att hamna i en klenare klass än den borde med följd att man producerar onödigt mycket flis vid sågning med fast postning. Figur 29 visar tryckningsfrekvensen för "Ingen bark". Som man kan se är andelen avskavd bark i mätområdet årstidsberoende.



Figur 29 Tryckningsfrekvens "Ingen bark" (Grundberg m.fl., 2001)

Kontentan av figur 28 och 29 blir att man sågar onödigt mycket vankant på sommaren och producerar onödigt mycket flis på vintern. Ett alternativ för korrigering kan vara att justera upp klassgränserna över sommaren för att slippa vankant och på samma sätt justera ner klassgränserna på vintern för att slippa överproduktionen av flis.

2.8 Automatiskt barkavdrag med trakeideffekten

Automatiskt barkavdrag bygger på att man med hjälp av den så kallade trakeideffekten kan avgöra om en mätpunkt i tvärsnittet är tagen på bark eller på ved. Trakeideffekten är ett fenomen som fått många användningsområden inom träindustrin. Det bygger på att laserljus tränger in och sprids bättre längs än tvärs fiberriktningen i fibrösa material som trä. Fiberlängd, fiberriktning, fuktkvot, densitet och laserljusets våglängd är faktorer som påverkar ljusspridningen i träet. Långa fibrer sprider ljuset bättre än korta och spridningen blir större ju mer parallellt fibrerna ligger med ytan (Nyström, 2002). Fuktkvoten påverkar på så sätt att spridningen är större i en rå träyta än i en torr (Oja m.fl., 2006). Spridningen avtar med ökad densitet hos träet (Åstrand, 1996) och avtar även med kortare våglängd hos laserljuset (Seltman, 1989).

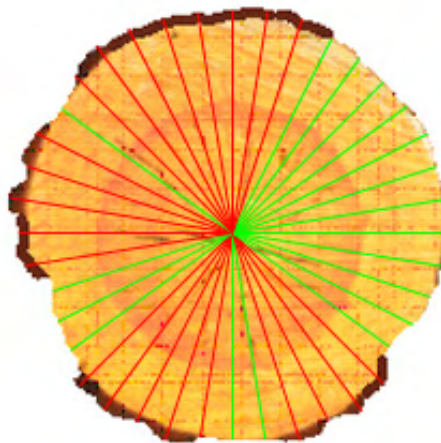
2.8.1 Sawcos ProBark applikation

Till skillnad från trä har inte bark samma fibrösa uppbyggnadsstruktur. Därför blir det ingen spridning av laserljus i bark. På så sätt kan programvaran med hjälp av ljusspridningen avgöra om en mätpunkt i tvärsnittet är tagen på bark eller på ved. Figur 30 visar skillnaden i spridning av laserljus mellan bark och ved.



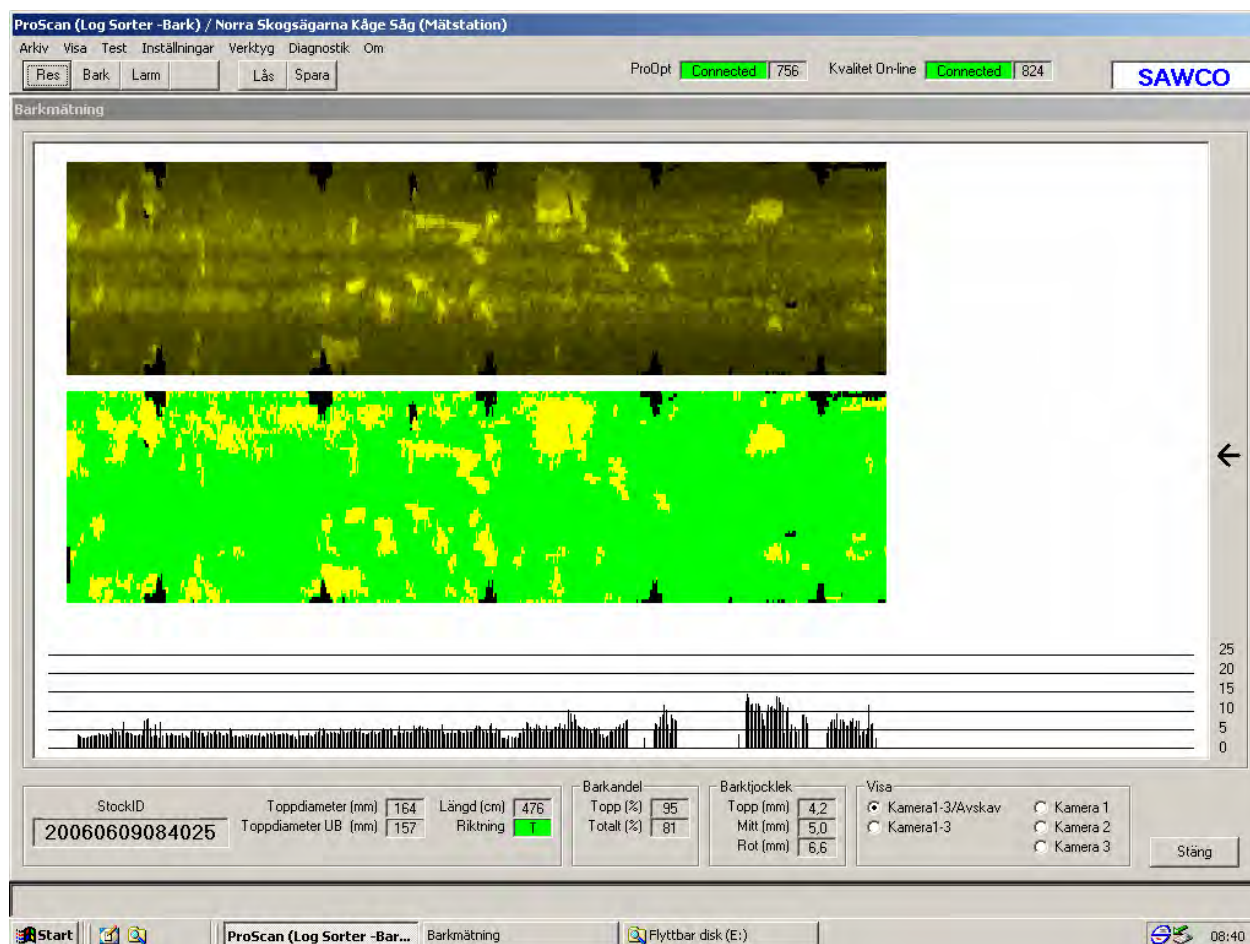
Figur 30 Samma stock fotograferad med och utan blix

Profilen delas på samma sätt upp i 64 segment med den skillnaden att man vet vilka radier som går till bark och vilka som går till ved, se figur 31.



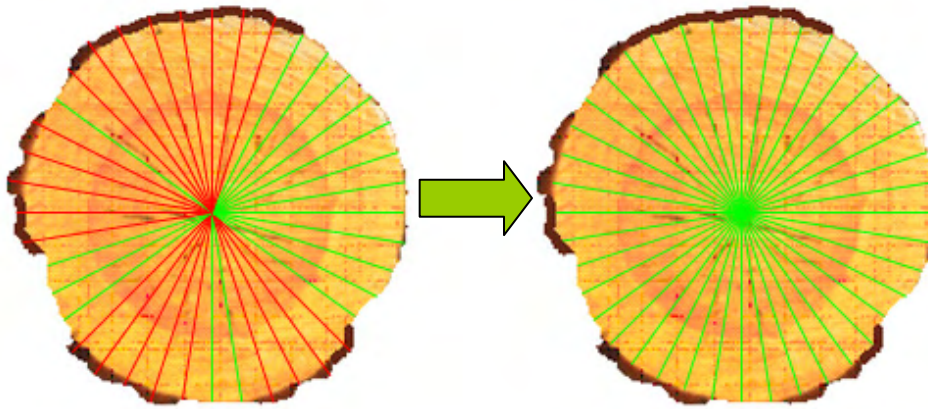
Figur 31 Radier tagna på bark (röda) och ved (gröna)

Tillsammans med informationen från avståndstrianguleringen kan programvaran beräkna barktjockleken med hjälp av höjdskillnader i radieövergångar mellan bark och ved. För att hitta så många övergångar som möjligt tittar man både inom samma profil såväl som mellan profiler. När hela stocken passerat mätramen kan man, med hjälp av alla profiler, bygga upp en höjdkarta av stockens mantelyta. Figur 32 visar resultatet för en stock. För att lättare förstå figuren kan föreställa sig att man tar en sax och klipper upp skalformen på stocken vilken man sen rullar ut så att den blir platt (Ryrvall, 2006).



Figur 32 ProBark-resultat från en stock

Längst upp i figur 32 visas den obehandlade råbilden från kamerorna. I mitten har råbilden genomgått bildbehandling där gröna områden bedömts som bark och gula som trä. De svarta områdena är odefinierade på grund av att ljuset inte varit nog intensivt för att kunna avgöra om ytan varit bark eller ved. Man kan bland annat se transportörens keratter som odefinierade områden i kanterna på den behandlade bilden. I diagrammet under den behandlade bilden kan man se den beräknade barktjockleken. Varje streck i diagrammet motsvarar den beräknade barktjockleken hos en profil. Informationen sammanfattas längs ned i bilden där bland annat den uppskattade barktjockleken i topp, mitt och rot samt barkandelen för toppen och hela stocken visas. Barktjockleken i topp och rot beräknas som medelvärdet av barktjockleken 10-60 cm från stockändan medan barktjockleken i mitten beräknas som medelvärdet av stockens mittersta tredjedel. Skulle det saknas avskav i någon av stockens ändar extrapoleras tjockleken från stockens inre delar. Programmet kräver dock att det finns ett visst totalt barkavskav för att beräkningarna ska kunna utföras. Gränsen för detta är ställbar och är i Kåge satt till 5 %. Om stocken har mindre än 5 % totalt barkavskav tas barktjockleken antingen ur en förvald barkfunktion eller så genereras ett banstopp varvid virkesmätaren manuellt får ange barkfunktion. Defaultbarktypen är i Kåge satt till barktyp 2 för både tall och gran. När barktjockleken sen är fastställd reduceras alla radier som är tagna på bark med den beräknade barktjockleken, se figur 33.



Figur 33 Reduktion av radier tagna på bark

Omräkningen sker för alla profiler i hela stocken. Detta medför att positionen för medeltoppdiametern kan förflyttas i mätområdet eftersom profilen med den minsta arean kan ha blivit en annan efter omräkningen än före.

2.8.2 Tolkning av ytor

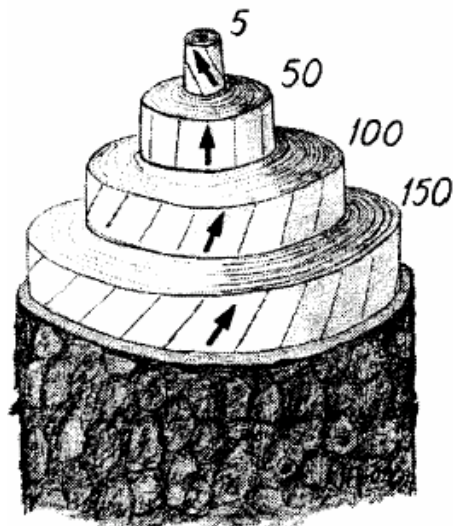
För att veta om en mätpunkt är tagen på bark eller på ved måste mätramen göra en tolkning utifrån laserljusets spridning i den aktuella ytan. Denna tolkning blir ibland fel på grund av både stockarnas egenskaper såväl som yttre förhållanden. Här följer en kort sammanfattning av hur ytor kan feltolkas (Forslund, 2000).

- Innerbark: Kan feltolkas som ved om ytan är ljus i färgen och fuktig. När ytan torkar övergår den till att tolkas som bark.
- Kvist: Tolkas till största delen som bark.
- Mögel/blånad: Kraftigare angrepp kan leda till att ved tolkas som bark.
- Lera/grus: Kan medföra att ved tolkas som bark.
- Is: Kan leda till att en yta tolkas som ved.

2.9 Andra användningsområden för trakeideffekten

2.9.1 Mätning av snedfibrighet

Snedfibrighet betyder att trädets fibrer inte löper parallellt, utan i en spiral runt trädets längdaxel. Den generella tendensen hos barrträ är att fibrerna från mörken utåt blir mer och mer vänstervridna för att nå maximal vänstervridning runt ca 10 år. Vänstervridningen minskar sen successivt för att övergå mot högeravridning efter ca 50-70 år, se figur 34.



Figur 34 Generell fibervinkel i barrträstam (Säll, 2002)

Vissa träd följer dock inte det generella mönstret utan ökar bra sin vänstervridenhet ju äldre de blir. Fibervinkel är starkt korrelerat till hur skevt sågat virke blir efter att det torkats (Nyström, 2002). Figur 35 visar en kluven stock från två riktningar med stor fibervinkel.



Figur 35 Stock med stor fibervinkel

Fibervinkel kan med en punktlaser ganska enkelt mätas. Ljuset från punkten kommer att spridas likt en ellips i träets fiberriktning, se figur 36.



Figur 36 Laserpunkts utbredning i form av en ellips (Nyström, 2002)

Genom att mäta vinkeln mellan ellipsens huvudaxel och bitens längsaxel får man fram fibervinkeln. Vinkeln kan mätas direkt på en barkad stock vilket i sin tur ger en möjlighet att ta bort stockar med extrem fibervinkel ur produktionen.

2.9.2 Mätning av kärnved

I snickeriprodukter som exempelvis fönsterkarmar eftersträvar man att använda virke med en stor kärnvedsandel eftersom kärnveden har naturliga egenskaper som gör den mer beständig. Kärnveden har mycket lägre fuktkvot än splintveden vilket leder till att laserljus kommer att spridas mer i splintveden än i kärnveden. Genom att mäta ljusspridningen på ovan- och undersidan av ett tvärtransporterat plank kan man räkna ut hur mycket kärnved ett tvärsnitt innehåller. Figur 37 visar en mätutrustning från SP Trätek som mäter både kärnvedsandel och snedfibrihet.



Figur 37 Kärnved/fibervinkelmätare (Oja m.fl., 2006)

2.10 Alternativa metoder för diameterbestämning

2.10.1 Barkning före mätning

En alternativ metod vid inmätning är helt enkelt att barka stocken före man kör den genom mättramen. På det sättet skulle man komma ifrån hela problemet med att behöva göra barkavdrag. De nackdelar som brukar nämnas med metoden är framförallt följande:

- Timret blir halare vilket leder till högre olycksfallsrisk och att timmerfacken efter mätstationen måste anpassas. Halare timmer leder även till att timmerplanens yta ökar eftersom vältorna inte kan byggas lika höga.
- Barken utgör ett visst skydd för stocken vilket går förlorat vid barkning.
- Föroreningar följer lättare med in i såglinjen när den inte innehåller någon barkmaskin.

David Engberg som är produktionsoptimerare vid SCA:s sågverk i Munksund där man barkar timret före mätning, känner inte igen dessa problem. Han medger att det finns svårigheter med att hantera barkat timmer då stockarna speciellt på våren och hösten blir rejält halkiga. Svårigheterna är emellertid inte av den storleken att man tappar i produktion och står i skuggan av den ökade mätnoggrannheten man får genom att mäta på barkat timmer. En ytterligare fördel med metoden är att man slipper produktionsstörningar i såglinjen som orsakats av barkmaskinen.

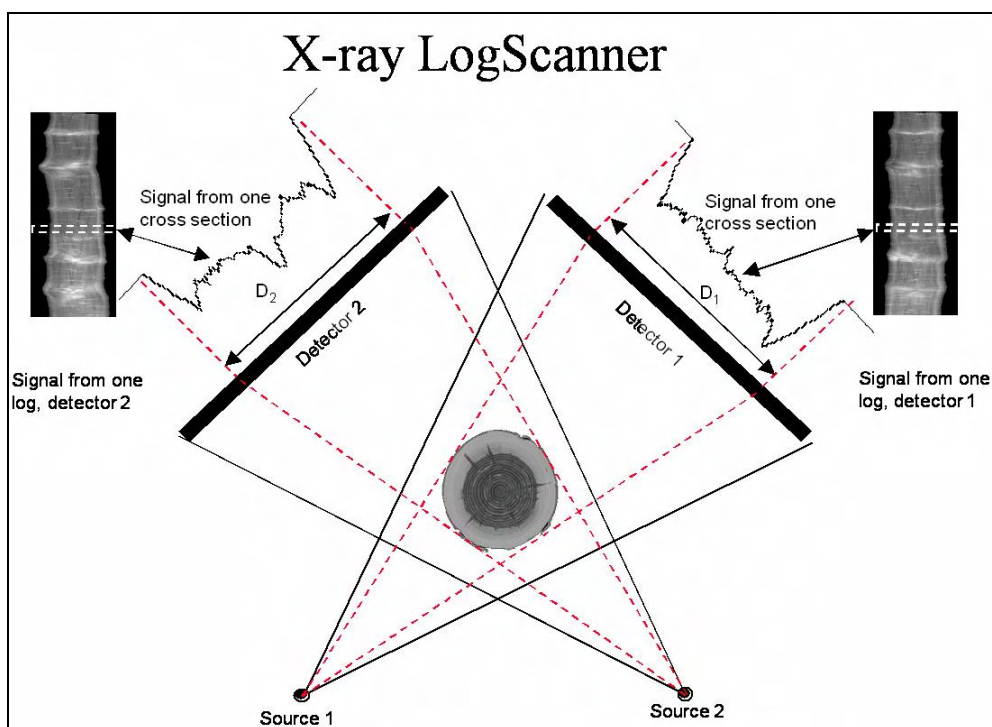
2.10.2 Röntgenbaserad mättram

En annan metod är att genomlysna stocken med en röntgenbaserad mättram. Figur 38 visar RemaControl:s röntgenmättram RemaLog XRay.



Figur 38 RemaLog XRay (Rema Control)

Mätramen består av två strålningskällor och två mottagare. Det man egentligen mäter är hur mycket av röntgenstrålningen som försvinner när den passerar genom stocken (Oja, 1999). Hög densitet medför hög strålningsabsorption. Genom att röntga tvärsnittet med hög frekvens när stocken passerar igenom mätramen kan man bygga upp två stycken två dimensionella bilder se figur 39.



Figur 39 Princip för logscanner (Oja m.fl, 1998)

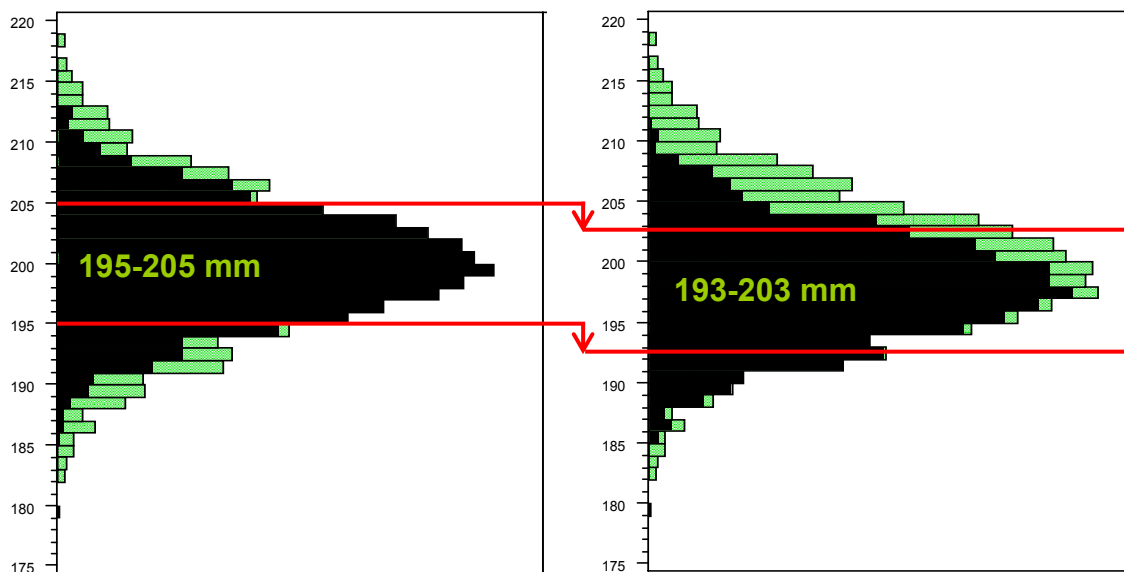
Man kan på så sätt urskilja många av stockens inre egenskaper. Dessa är exempelvis (Oja m.fl., 2000):

- Barktjocklek
- Diameter under bark
- Kärnvedsandel
- Träslag
- Stocktyp, rot-, mellan- och toppstock
- Kvistvolym, friskkvist- och torrkvistvolym
- Årsringsbredd
- Avstånd mellan kvistvarv
- Hållfasthet

Med all denna information kan man förutom att sortera timret utifrån diametern under bark även sortera mot mer kundanpassade önskemål. Enda nackdelarna är att man endast mäter stockens form i två riktningar. Med fler mätta egenskaper ökar sorteringssortimentet vilket medför fler timmerfack efter mätstationen och större yta på timmerplanen. Den bästa lösningen idag är att kombinera en 3D-mätram med en röntgenbaserad mätram (Oja m.fl., 2004).

2.11 Sorteringsprecision

Genom att öka precisionen i klassläggningen av timret efter mätstationen kan man justera klassgränserna så att andelen övergrova stockar, och därmed timmervolymen i klassen, minskar (Grundberg m.fl., 2001).



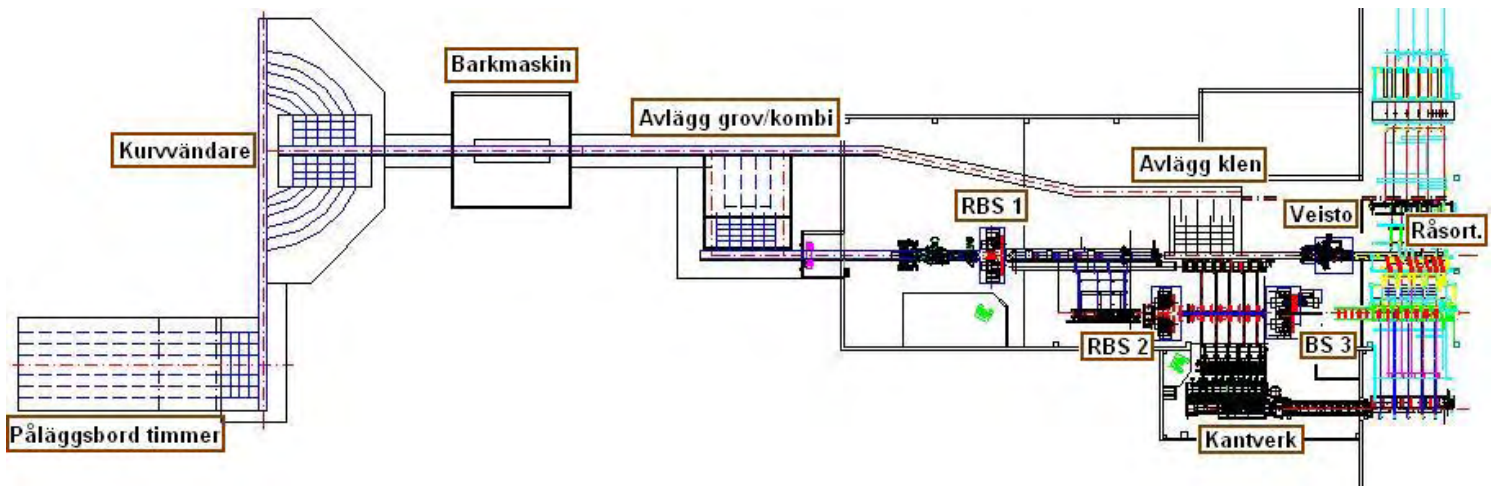
Figur 40 Justering av klassgränser (Grundberg m.fl., 2001)

Ett grovt räkneexempel hämtat från Grundberg m.fl., 2001 illustrerar på ett bra sätt effekten av ökad sorteringsprecision. Figur 40 visar två histogram med olika standardavvikelse. Det gröna histogrammet har en standardavvikelse på 5 mm och det svarta har en standardavvikelse på 3 mm. Det svarta histogrammet tillåter att klassgränserna flyttas ner 2 mm utan att andelen timmer som är för klen ökar i klassen. Detta medför att medelvärdet för stockdiametern i klassen minskar med 2 mm. Om ett fastpostat sågverk i Kåges storlek har en medeldiameter för det inkommande timret på 180 mm motsvarar det en minskning av den använda timmervolymen på ca 2,2 %. Kåge sågs årliga förbrukning av timmer ligger på ca

300 000 m³fub. Detta skulle leda till en volymminskning på ca 6600 m³fub. Om man räknar med ett snittpris på ca 500 kr/ m³fub motsvarar den ökade sorteringsprecisionen en årlig kostnadsminskning på ca 3 300 000 kr.

2.12 Kåge Såg

Figur 41 visar en layout ritning över hur timmerintag och såghus såg ut i Kåge vid arbetets utförande.



Figur 41 Layout för Kåge sågs timmerintag och såghus

Det finns tre olika såglinjealternativ som kan används. Valet av linje beror framförallt på vilken dimension timret som ska sågas här. De tre alternativen är klenlinje, kombilinj och grovlinje. De klenaste klasserna går efter barkmaskinen direkt till klenavlägget och därefter in i Veistosågen som fyrkantreducerar och profilerar fram centrum- och sidutbyte. Mellangrova timmerklasser går efter barkmaskinen via grov- och klenavlägget genom reducerbandsåg 1 (RBS 1) och vidare rakt fram till Veistosågen. Sidbrädor som avskiljs i RBS 1 går till kantverket för kantning. De grövsta timmerklasserna går samma väg som kombilinjens med den skillnaden att blocket, efter det passerat RBS 1, bearbetas av grovlinjens reducerbandsåg 2 (RBS 2) följt av bandsåg 3 (BS 3). Grovlinjen ger alltså sidbrädor till kantverket från både RBS 1 och RBS 2. Allt virke från Veistosågen, BS 3 och kantverket hamnar slutligen i råsorteringen där det delas upp i efterföljande fack framförallt beroende på tvärsnittsdimension.

3 Metod

Som underlag för att utvärdera den manuellt bedömda medeltoppdiametern under bark (UBM) mot den automatiskt beräknade (UBA) har loggfiler från mätstationens sorteringsdator använts. Mätstationens loggfiler innehåller data från alla stockar som passerat mätramen under ett dygn. För varje stock finns båda de sökta måtten registrerade plus en stor mängd övrig information om stockarna. Eftersom stockarnas barkandel spelar en stor roll för det loggade UBA-måttet har barkandelen ur loggfilerna analyserats. I februari, mars och april har en analys per månad gjorts. Från maj och fram till mitten av augusti har en analys per vecka gjorts vilket resulterat i 16 stycken analyser totalt. De loggfiler som använts finns som en bilaga på den medföljande CD-skivan.

För att kunna jämföra de uppskattade måtten UBM och UBA mot det verkliga måttet under bark har två metoder använts. Den första bygger på kontrollstocksrapporter. Vid inmätning av timmer knuffas då och då s.k. kontrollstockar slumpmässigt ut för att kontrolleras av en andra part. Vid kontrollmätningen noteras bland annat varje kontrollstocks diameter under bark via korsklavning. Detta korsklavade mått kan sedan jämföras mot de uppskattade måtten UBM och UBA. Den andra metoden är två egna testsågningar. Vid testsågningarna har data från samma stockar matchats mellan mätstationens mätram och sågintagets mätram. Eftersom att stockarna barkas innan de passerar sågintagets mätram går det att jämföra de uppskattade måtten under bark med de verkliga. I den första testsågningen behandlades stockarna i grupp medan den andra testsågningen behandlade stockarna på individnivå.

3.1 Barkandel

Det parametrar som plockats ur mätstationens loggfiler är:

- Träslag
- Medeltoppdiameter på bark
- Medeltoppdiameter under bark, manuellt bedömt (UBM)
- Medeltoppdiameter under bark, automatiskt bedömt (UBA)
- Barkandel på hela stocken, automatiskt uppmätt

Stockarna har sedan genomgått en histogramberäkning för att kunna se hur frekvent olika avskav inträffar. Detta presenteras i ett diagram som visar hur stor andel av det totala antalet som inte haft tillräckligt mycket barkavskav för att den automatiska metoden ska kunna göra beräkningar.

Vid alla analyserna har även jämförelser gjorts för att se om det finns något samband mellan storleken på barkavskavet mot toppdiameter och differansen av UBA-UBM.

För att avgöra hur damm spelar in på barkandelen har en furustock och en granstock av samma dimension givits ett kontrollerat barkavskav. Dessa stockar har sen körts genom mätramen före och upprepade gånger efter rengörning av kamera och laser. För att se om smuts på antingen kamera- eller laserlinsen påverkar resultatet mer än den andra har mätningar gjorts med samma stockar när bara ena linsen rengjorts.

3.2 Diameterjämförelse

Det parametrar som plockats ur mätstationens loggfiler är:

- Träslag
- Medeltoppdiameter på bark
- Medeltoppdiameter under bark, manuellt bedömt (UBM)
- Medeltoppdiameter under bark, automatiskt bedömt (UBA)
- Barkandel på hela stocken, automatiskt uppmätt

Alla stockar som haft en total barkandel över 95 % och under 30 % (under 30 % sätts automatiskt till 0 %) har tagits bort från jämförelsen. Detta eftersom de totala stockar som haft 0 % barkandel ofta haft orimliga diametermått och stockar med 96 % - 100 % barkandel får sitt UBA-mått från en defaultbarkfunktion. Vidare har ett tiotal stockar som haft mer än +/- 15 mm skillnad i underbarksmått ansetts vara orimliga och uteslutits ur jämförelsen. För att få bort massaved ur jämförelsen har allt timmer med en diameter på bark under 100 mm samt lövträ uteslutits. Efter uteslutningen har stockarna vid varje analys sorterats upp i träslag och diameterklasser från 100-350 mm med 10 mm intervall. Vid skillnadsberäkningen har det manuella underbarksmåttet (UBM) subtraherats från det automatiska underbarksmåttet (UBA) för varje enskild stock. För varje diameterklass har sen medelvärde och standardavvikelse för UBA-UBM beräknats. Antalet stockar som ingått vid beräkningarna noterades också. Vidare beräknades ett 95 % konfidensintervall för medelvärdet. Totalt har det blivit 16 analystillfällen * 26 diameterklasser = 416 medelvärdesgrupper. För att få en uppfattning om hur barkandelens fördelning eventuellt påverkar resultatet har medianvärdet för barkandelsfördelningen beräknats vid varje analystillfälle.

3.3 Kontrollstockar

Kontrollstockar loggas i en speciell loggfil i mätstationens sorteringsdator. Genom att matcha stockarnas kontrollnummer från loggfilen mot kontrollnumret i VMF Nords kontrollstocksrapporter har kontrollmätarens korsklavade toppdiametermått under bark kunna jämföras mot de två uppskattade måtten UBM och UBA. Stockar som haft en barkandel större än 95 % har uteslutits. Även ett fåtal stockar som haft en absolutvärdesskillnad mellan UBA och UBM på större än 15 mm har uteslutits.

3.4 Testsågningar

För bägge testsågningarna har timmer från klasserna F24 och G24 använts. Detta eftersom klasserna under dessa hade någon slags uppdelning där man sågade på olika stocktyper. Klassgränserna för F24 låg under arbetet mellan 230-239 mm och för G24 mellan 223-233 mm. Vid bägge testsågningarna har fyra högar med timmer sorterats ut. Två stycken för varje träslag där en hög sorterats ut med den manuella metoden och en hög med den automatiska metoden för att uppskatta medeltoppdiametern under bark. För att få en viss spridning på diametern före utsorteringen användes timmer från klasserna 22, 24 och 26.

3.4.1 Mars

Testsågningen i mars behandlade stockarna gruppvis. Vid alla fyra utsorteringarna av testtimmer som genomfördes den 17 mars har det totala antalet teststockar körts igenom varvid stockarna som hamnat i 24-facken återtagits för sågning. Den 31 mars barkades och sågades stockarna. Data från sågintagets mätram analyserades sen för att se hur väl de olika sorteringsmetoderna hamnar inom fackgränserna. Eftersom både den manuella och

automatiska gruppen utsorterades med gränser anpassade för den manuella metoden infördes en korrigeringsfaktor för att justera spridningen så att ungefär lika många stockar hamnade på grova och klena sidan av klassgränserna. Korrigeringsfaktorn ger alltså en mer rättvis jämförelse mellan mätmetoderna. I mätstationerna genomgår varje stock en diameterjustering beroende på krokens och avsmalningens storlek. Modellen ser ut enligt följande:

$$D_{\text{just}} = C_0 * D_{\text{in}} + C_1 * Kr + C_2 * Av$$

D_{just} = Den justerade toppdiametern som används vid fackläggning (mm)

D_{in} = Den uppskattade toppdiametern under bark (mm)

Kr = Stockens största pilhöjd (mm)

Av = Stockens avsmalning (mm)

$C_0 = 1$

$C_1 = -0,2$

$C_2 = 0,4$

Innan de olika sorteringsmetoderna jämfördes mot klassgränserna räknades de barkade stockarnas diameter om med samma modell men med indata från sågens mätram för att få ett mer rättvist resultat. Slutligen sammanfattades allt i ett diagram som visar andelen för klena stockar, rätt sorterade stockar, för grova stockar samt andelen som fått sitt underbarksmått från defaultbarkfunktionen på grund av otillräckligt avskav.

3.4.2 Juni

Testsågningen i juni var mer omfattande och behandlade stockarna på individnivå. Före varje utsortering märktes varje stock med en id-kod bestående av träslag, sorteringsmetod och ett ordningsnummer, se figur 42.



Figur 42 Furutimmer utsorterat med automatiskt beräknat underbarksmått

När stockarna sedan kördes genom mätstationen noterades i vilken ordning de numrerade stockarna passerade mätramen. På så sätt kunde varje stock matchas mot sina mätramsdata. Utsorteringarna genomfördes den 2, 7, 8 och 9 juni. De följande testsågningarna utfördes

nattetid den 15, 16, 19 och 27 juni mellan 00.00-06.00 när ordinarie produktion stod still.
Postningsmönster enligt tabell 3 respektive 4 användes:

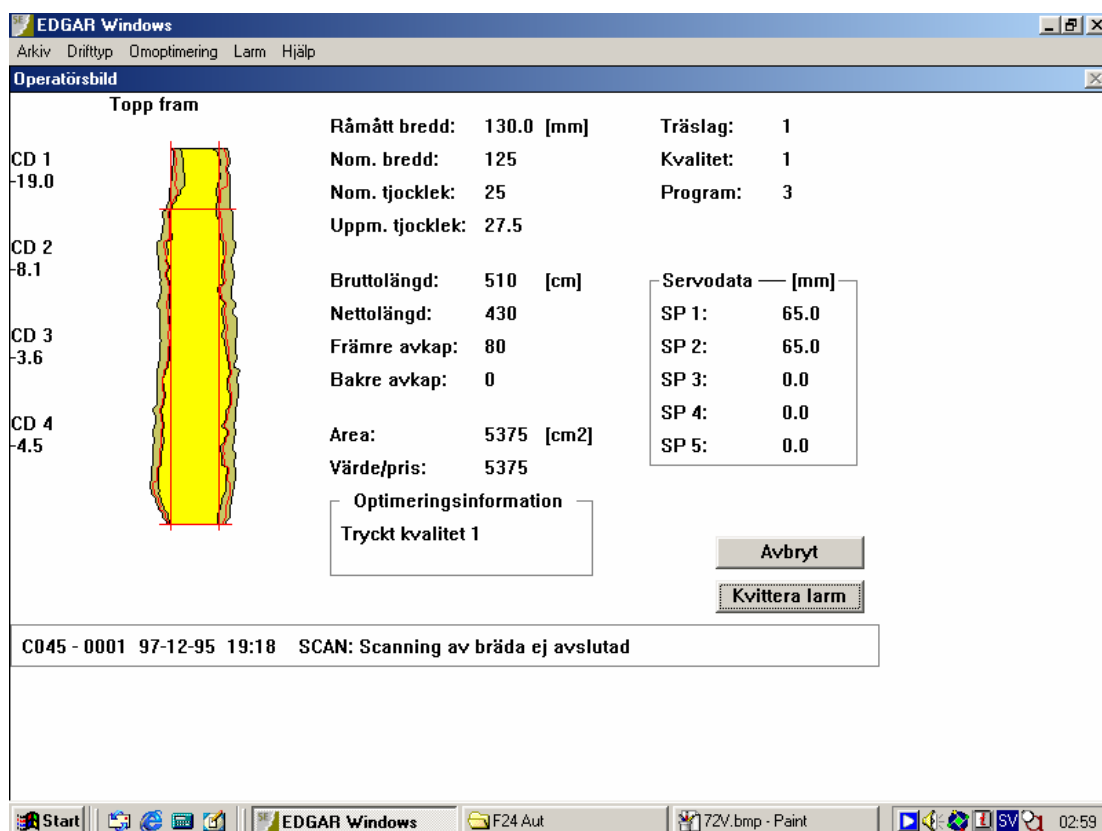
Tabell 3 Postningsmönster för F24

Stocksåg			Delningssåg				
25	150	25	19*100	25	50	50	25 19*100

Tabell 4 Postningsmönstret för G24

Stocksåg			Delningssåg				
22	150	22	22*100	50	50	50	22*100

För varje stock som sågades noterades dess nummer samt att alla sidbrädor märktes med höger, vänster, övre och undre för att kunna hålla reda på dess placering i stocken. Centrumutbytet från stockarna märktes enbart med stocknummer. Invidningen vid sågningen bestämdes av simuleringsprogrammet ProOpt. När sidbrädorna från stocksågen kördes genom kantverket sparades alla skärmbilder med optimeringsresultatet, se figur 43.

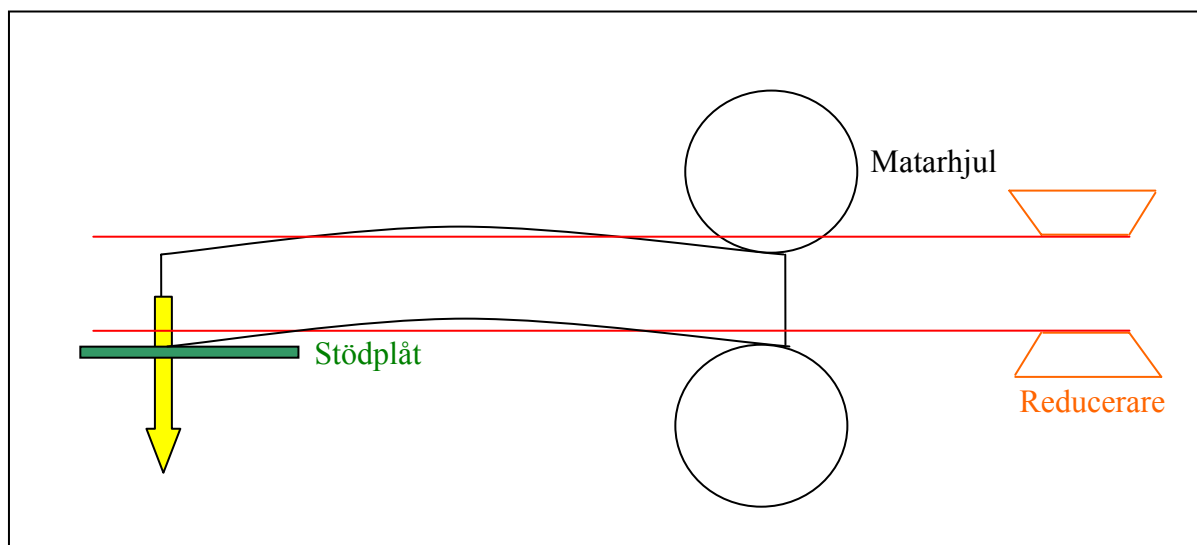


Figur 43 Skärmbild från optimeringsprogrammet i kantverket

Optimeringsbilderna sparades med brädans nummer och placering i stocken. Slutligen noterades i vilken ordning de sågade bitarna gick ut till mätutrustningen i råsorteringen för att sen kunna matcha bitarnas nummer mot råsorteringens loggfildata där bland annat kapförslagen kan återfås.

Utifrån junis mer utförliga testsågning blir det möjligt att jämföra ganska många saker i kedjan från stocksortering till sågat virke förutom skillnader mellan UBA och UBM. De saker som presenteras i detta arbete är:

- **Kompatibilitet mellan mätramar:** Via loggfilerna från mätstationens och sågintagets mätramar gavs en möjlighet att jämföra hur de olika mätrarna mäter in samma stock. Förutom huvudsyftet med att jämföra diametermåtten UBA och UBM mot det barkade diametermåttet har stockparametrarna max pilhöjd, position max pilhöjd, avsmalning och rotavsmalning.
- **Kapförslag i kantverk:** Via bilderna från kantverkets optimeringsprogram och loggfilerna från råsorteringens mät dator har en jämförelse kunnat göras mellan det kapförslag som kantverket ger mot de faktiska avkap som råsorteringen gör. En grundskillnad mellan de två systemen är att kantverkets mätbalkar tar tvärsnittsinformation var 10 cm och ger därför också kapförslag med 10 cm intervall. Råsorteringen jobbar med modulavkap vilka har ett intervall på 30 cm.
- **Kapning för övre och undre bräda:** Veistosågen i Kåge är konstruerad för att köra stockar med kroken neråt. Reducerbandsåg 1 (RBS 1) med in- och utmatning fungerar bäst med kroken upp eftersom stocken då vilar på två stödpunkter. Vid sågning med kombilinjén (RBS 1 & Veisto) vrids kroken som regel uppåt. För att komma runt ett gammalt problem med att klämrullarna tappar block före Veistosågen används en stödplåt. Denna stödplåt utgör tyvärr även ett hinder när bakändan på stocken vid kursågningen vill neråt. Figur 44 visar ett exempel.



Figur 44 Vankantsproblem i Veistosågen

Övre och undre bräda är dessutom fastpostade till både tjocklek och bredd. Genom att jämföra avkapen och virkesvolymen i råsorteringen mellan den övre och undre bräda kan man få en indikation på systematiska skillnader i avkap beroende på brädornas position i stocken.

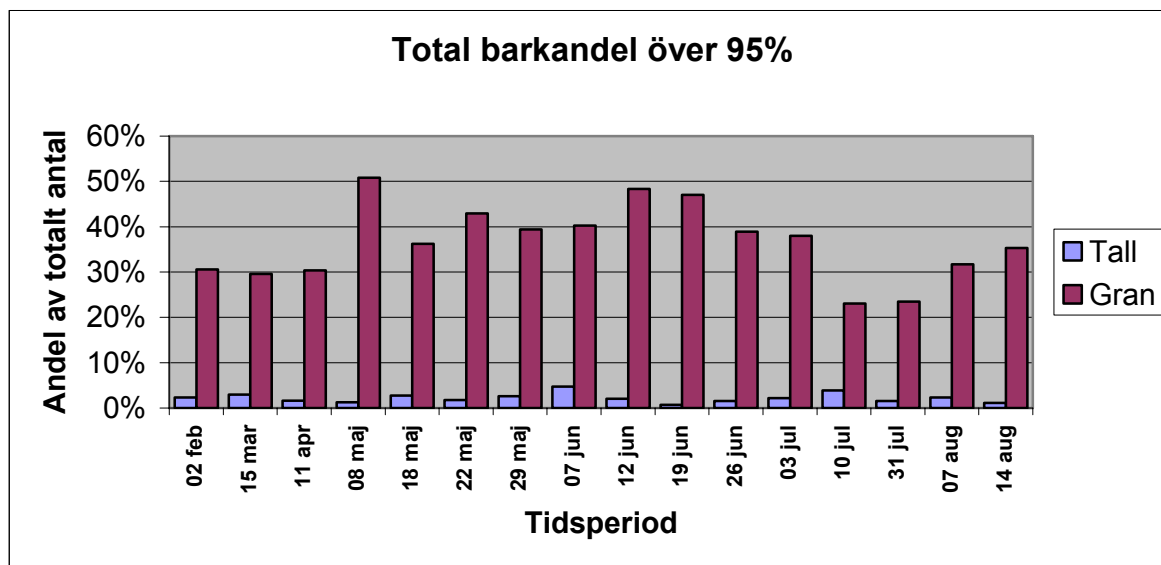
- **ProOpt simulering:** Simuleringsprogrammet ProOpt jobbar utifrån s.k. tabellpaket. Dessa tabellpaket ligger till grund för on-line simuleringssågningen av varje stock. I tabellpaketen finns bland annat angivet dels vilka dimensioner som ska sågas och dels hur mycket vankant som är tillåtet på de olika dimensionerna som sågas. Efter stocken är inmätt passar ProOpt in angivet postningsmönster och simuleringssågar stocken med olika invridningsvinklar. Därefter skickas den vinkel som ger största volymutbytet till rundvridaren för positionering. Programmet är därför

helt beroende av att informationen i tabellpaketen är uppdaterad. Genom att jämföra utbytet som simuleringsprogrammet ProOpt beräknar före sönderdelningen mot det faktiska utbytet kan man få en uppfattning om hur uppdaterade tabellpaketen är. För G24 Man undersöktes även hur tabellpaketens inställningar påverkar invridningsvinkeln före stocksågen. Den aktuella postningen med brädor jämförs mot två alternativa postningar. Den ena med brädorna bortplockade och den andra med brädorna bortplockade samt mer generösa regler för vankant på centrumutbytet.

4 Resultat

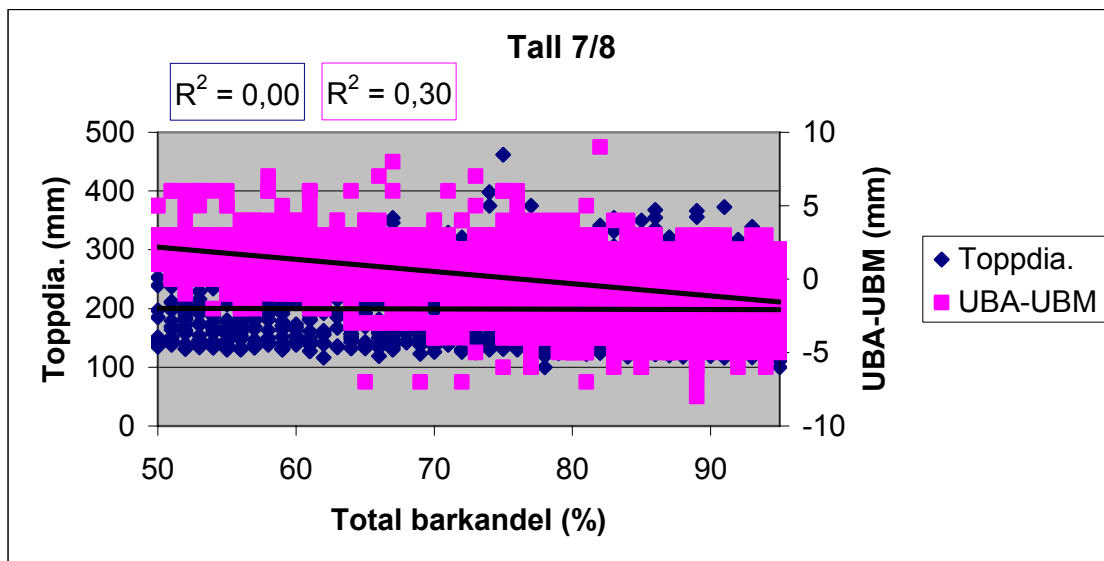
4.1 Barkandel

De totala stockarna som haft en barkandel på 0 % har tagits bort eftersom den sanna barkandelen varit okänd och stocken ofta haft något slags mätfel på diametern. Figur 45 hur stor del av det totala antalet kvarvarande stockar som inte haft tillräckligt mycket barkavskav för att kunna räkna fram ett automatiskt underbarksmått. Som man kan se i figuren är det stora skillnader mellan tall och gran där ca var tredje granstock fått sitt underbarksmått via defaultfunktionen.

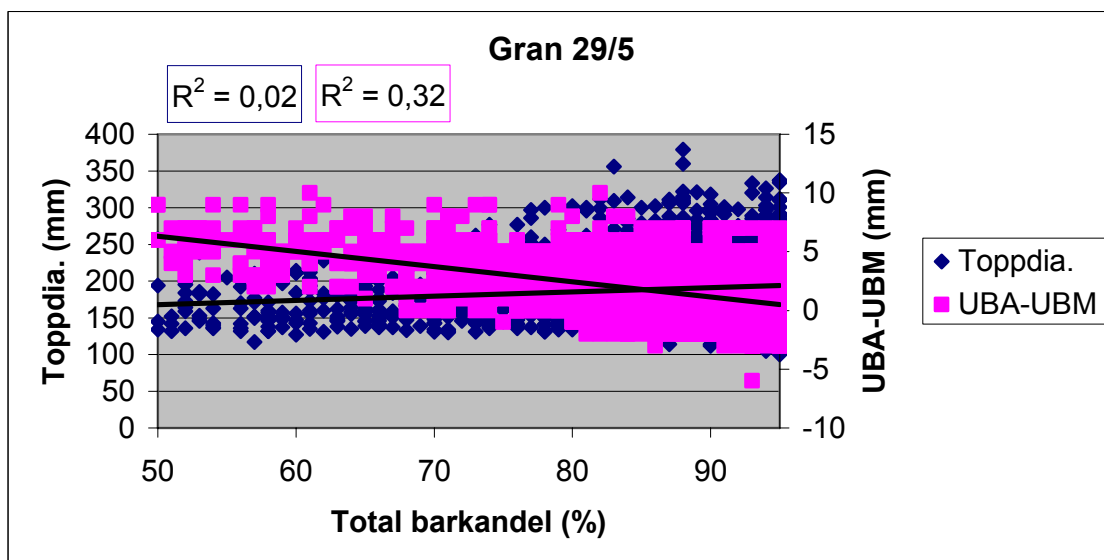


Figur 45 Andel av totalt antal med barkandel över 95 % hos tall och gran

Vid alla loggfilsanalyser undersöktes även om det fanns ett samband mellan storleken på barkavskavet mot stockarnas toppdiameter och differansen mellan UBA-UBM. Analyserna har visat att det inte finns något samband mellan storleken på barkavskavet och toppdiameter. Mellan storleken på barkavskavet och differansen mellan UBA-UBM finns det ett genomgående svagt samband i form av att differansskillnaden blir positivt ökande ju mer barkavskav stocken har. Detta skulle kunna tolkas som att virkesmätarna inte går ner i barktyp tillräckligt ofta för stockar som har stort barkavskav. Figur 46 och 47 visar de diagram för tall och gran där sambandet var starkast (högst R^2 -värde). Övriga diagram finns med på den bifogade CD-skivan.



Figur 46 Diagram med det starkaste sambandet mellan barkavskavets storlek och UBA-UBM hos tall



Figur 47 Diagram med det starkaste sambandet mellan barkavskavets storlek och UBA-UBM hos gran

Damm och smuts på glasen till kameran och lasern visade sig ha en avgörande roll till hur samma stockar tolkas av ProBark-applikationen. Figur 48 och 49 visar stockarna som användes. Stockarnas barkandel uppskattningsberäknades manuellt till ca 85-90 %.

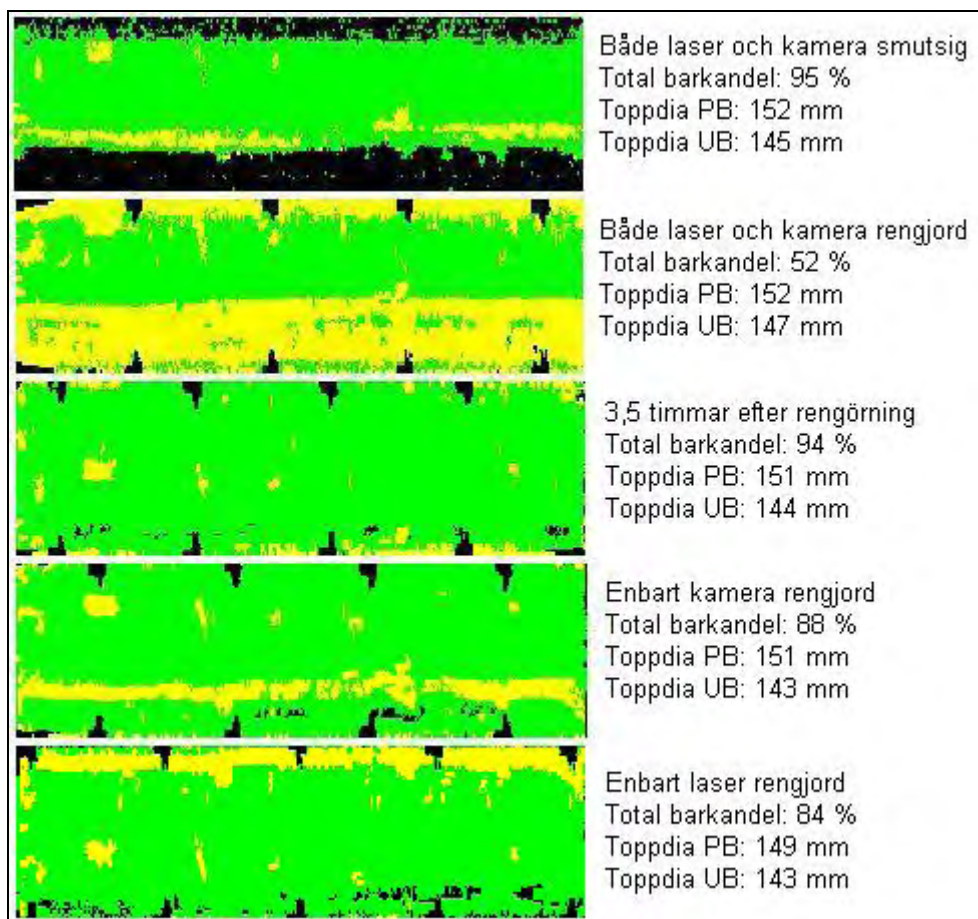


Figur 48 Granstocken som användes

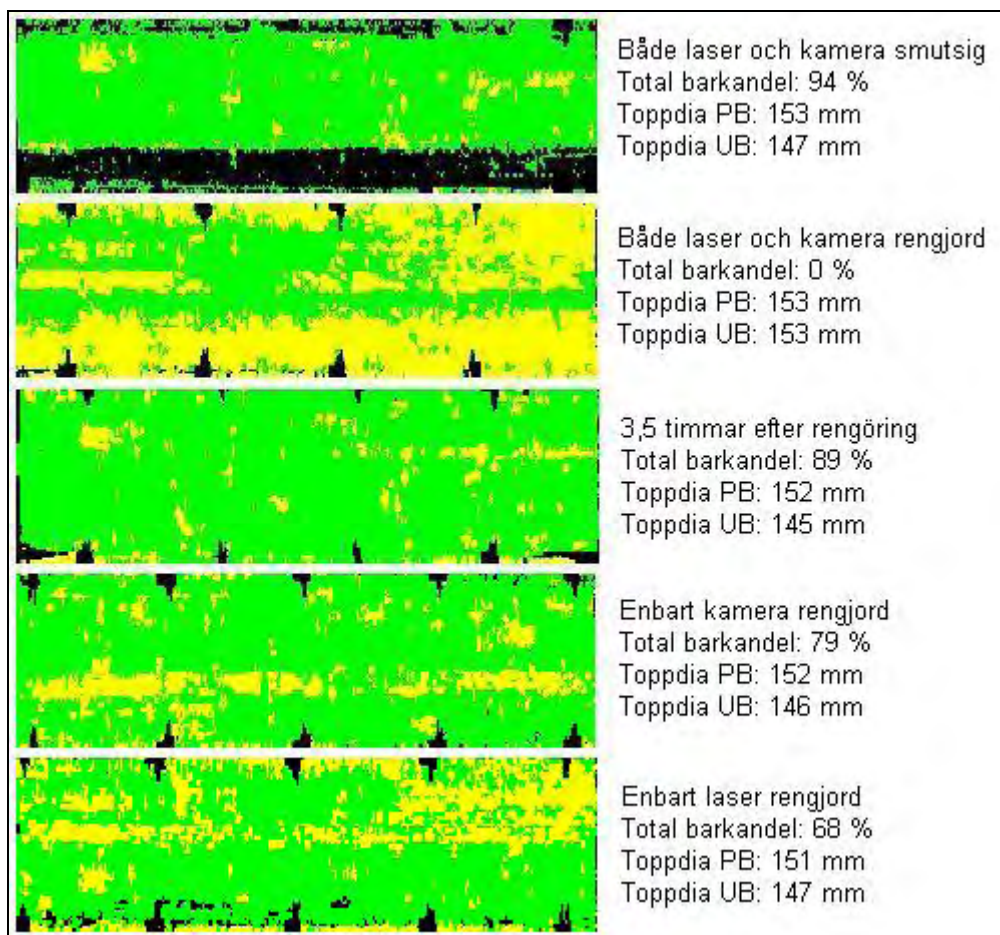


Figur 49 Tallstocken som användes

Figur 50 och 51 visar en sammanställning av de olika körningarna med tall- och granstocken. Generellt verkar granstocken tolka en större del av mantelytan som bark.



Figur 50 Tolkningar av samma granstock



Figur 51 Tolkningar av samma tallstock

4.2 Diameterjämförelse

Totalt har drygt 120 000 stockar ingått i jämförelsen för tall och gran med 0-95 % barkandel. Av dessa har ca 84 000 varit tallstockar och ca 36 000 varit granstockar. Vid jämförelsen för gran med 96-100 % barkandel har drygt 20 000 stockar ingått.

Resultatet från diameterjämförelsen grundar sig på de tabeller som ligger med som bilagor.

4.2.1 Tall

Inga stora skillnader i medelvärde mellan mätmetoderna har kunnat påvisas. I ca 20 % av medelvärdesgrupperna har signifikant skillnad mellan 1-2 mm erhållits. Det har då främst varit i diameterklasser mellan 100-190 mm och framförallt i form av att det manuella måttet varit större än det automatiska.

4.2.2 Gran 0-95 % barkandel

För gran med barkandel mellan 0-95 % har större skillnader observerats. I nästan 50 % av medelvärdesgrupperna har en signifikant skillnad mellan 2-5 mm kunna påvisas med en viss övervikt i diameterklasser över 200 mm. I nästan 10 % av alla grupper har även en signifikant skillnad över 5 mm kunna påvisas i diameterklasserna från 280 mm och uppåt. Alla skillnader har varit i form av att det automatiska måttet varit större än det manuella.

4.2.3 Gran 96-100 % barkandel

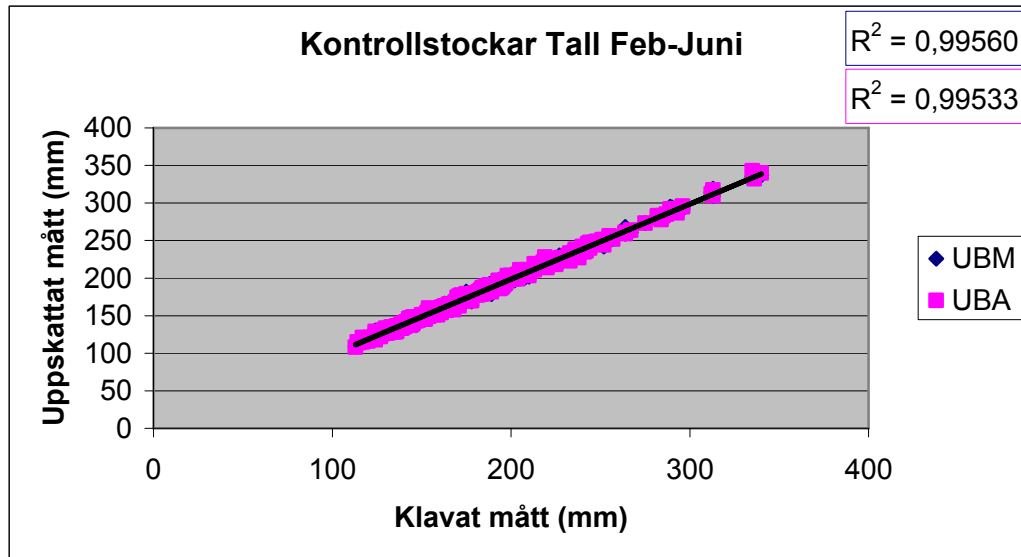
För gran med barkandel mellan 96-100 % har skillnader observerats, dock inte lika stora som för gran med barkandel mellan 0-95 %. I ca 35 % av medelvärdesgrupperna har en signifikant

skillnad mellan 1-2 mm kunna påvisas främst då i diameterklasserna mellan 130-280 mm. I drygt 10 % av alla grupper har även en signifikant skillnad mellan 2-5 mm kunna påvisas i samma diameterklassintervall. I princip alla skillnader har varit i form av att det automatiska måttet varit större än det manuella.

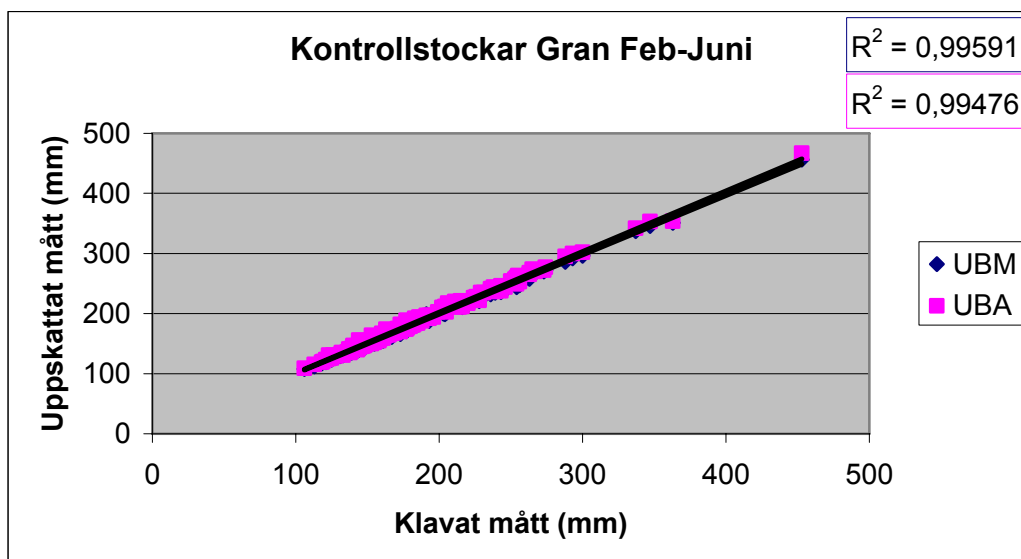
Medianvärdet för barkandelens fördelning har inte visat någon uppenbar påverkan på hur stora skillnaderna mellan UBA och UBM blivit.

4.3 Kontrollstockar

Figur 52 och 53 visar, uppdelat i träslag, en sammanställning av alla kontrollstockar som ingått i jämförelsen mellan 17:e februari till 5:e juli. Som diagrammen och R^2 -värdena visar finns det ingen stor påvisbar skillnad mellan de två sätten att uppskatta underbarksmåttet mot kontrollmätarens korsklavade mått. Om det hade varit en perfekt överensstämmelse mellan uppskattat och klavat mått hade alla observationer hamnat perfekt längs en rät linje och R^2 -värdet hade då varit 1,0. De manuellt uppskattade måtten visar till och med en lite mindre spridning (högre R^2 -värde) för både tall och gran än det automatiskt uppskattade måtten. Kontrollstockarna har även delats in i månadsgrupper och diameterklassgrupper med ett intervall på 50 mm. Tendensen är densamma även där med att UBM visar övervägande en lite mindre spridning än UBA. Medelvärdet för skillnaden mellan klavat mått minus UBM och klavat mått minus UBA för alla analyserade kontrollstockar pekar även de mot lite mindre spridning för det manuella måttet. Medelvärdesanalysen gav följande statistiskt säkerställda resultat med 95 % signifikansnivå. Det klavade måttet var 1,1 mm större än UBM och 0,4 mm större än UBA. Standardavvikelsen var 3,0 mm för klavat mått-UBM och 3,7 mm för klavat mått-UBA. Alla analyser finns med på den medföljande CD-skivan.



Figur 52 Överensstämmelse mellan kontrollklavad och uppskattad toppdiameter hos tall

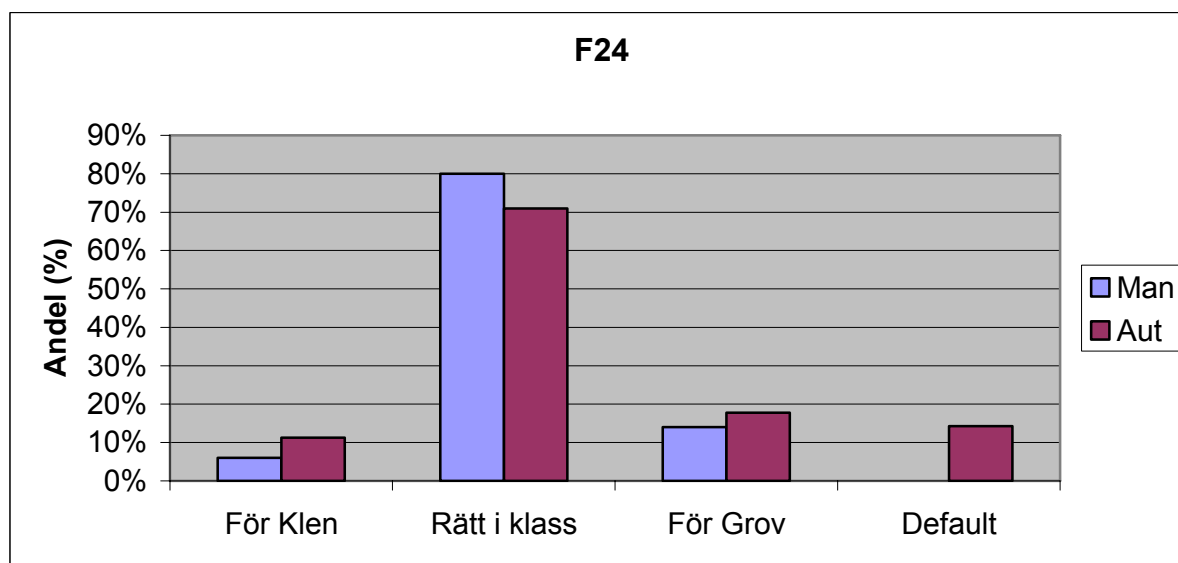


Figur 53 Överensstämmelse mellan kontrollklavad och uppskattad toppdiameter hos gran

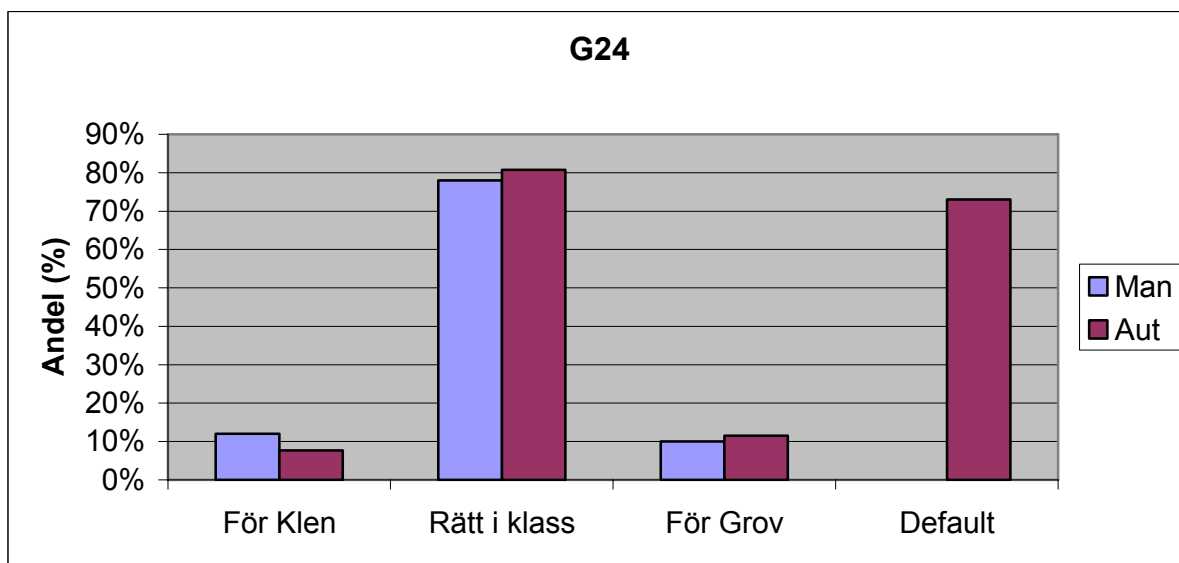
4.4 Testsågningar

4.4.1 Mars

Figur 54 och 55 visar hur väl de olika sorteringsmetoderna träffat rätt inom klassgränserna för F24 och G24. Figurerna visar även hur stor del av det totala antalet automatsorterade stockar som fått sitt underbarksmått via defaultbarkfunktionen på grund av för lite avskavd bark. Utifrån figurerna kan man inte påvisa att den ena metoden skulle klasslägga timret i G24 och F24 bättre än den andra. Noterbart är att drygt 70 % av alla granstockar haft för lite barkavskav för att utföra beräkningar på.



Figur 54 Fördelning mellan sorteringsmetoder för F24

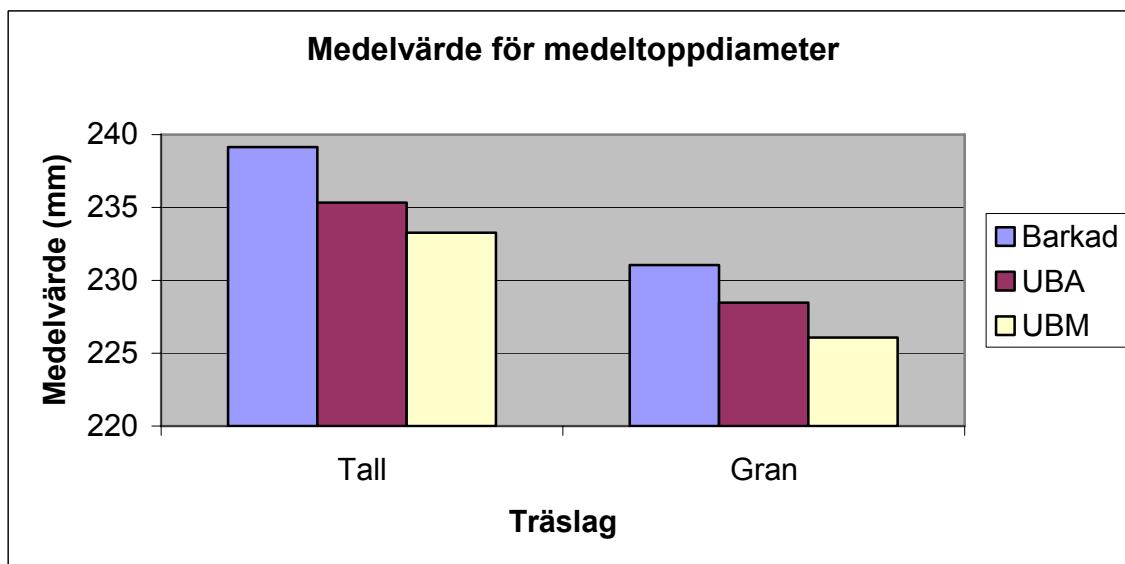


Figur 55 Fördelning mellan sorteringsmetoder för G24

4.4.2 Juni

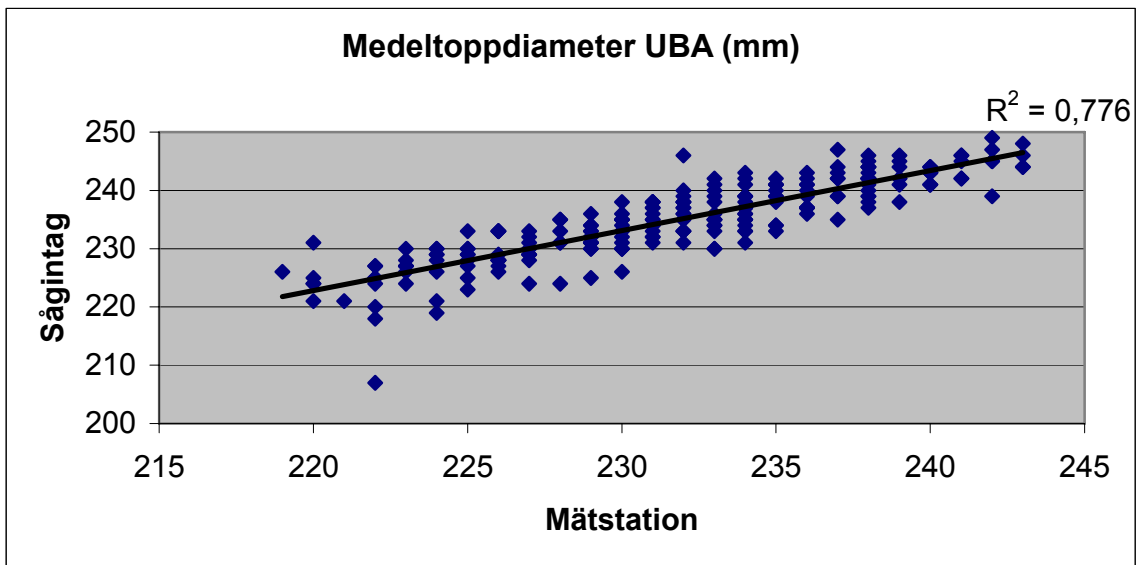
Kompatibilitet mellan mättrar:

Figur 56 visar medelvärdet för toppdiametern hos de barkade stockarna samt de uppskattade diamettermåtten UBA och UBM. Skillnaderna är statistiskt säkerställda med 95 % signifikansnivå. Som man kan se har den automatiska metoden i mätstationen mätt in stockarna lite grövre än den manuella metoden. De barkade stockarna mäts i sin tur in ännu grövre i sågintagets mätram.

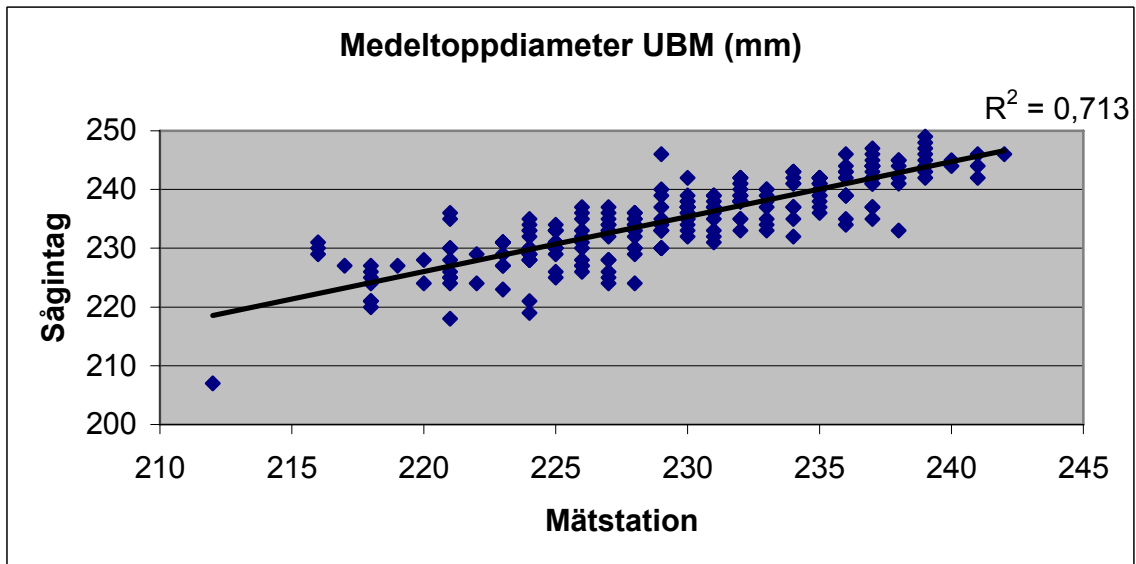


Figur 56 Medelvärde för toppdiameter

Figur 57 och 58 visar punktdiagram för det barkade toppdiamettermåttet från sågintaget mot det uppskattade toppdiamettermåttet för UBA och UBM från mätstationen. En trendlinje har anpassats för att se hur väl måtten överensstämmer. Den automatiska metoden visar på en mindre spridning runt en rät linje än den manuella. Detta tolkas genom att R^2 -värdet är högre för den automatiska metoden än den manuella. För alla stockar som ingick i testsågningen var medelvärdet och standardavvikelsen av barkat mått minus UBM 5,4 mm respektive 3,6 mm. Samma värden för barkat mått minus UBA var 3,2 mm respektive 3,1 mm.

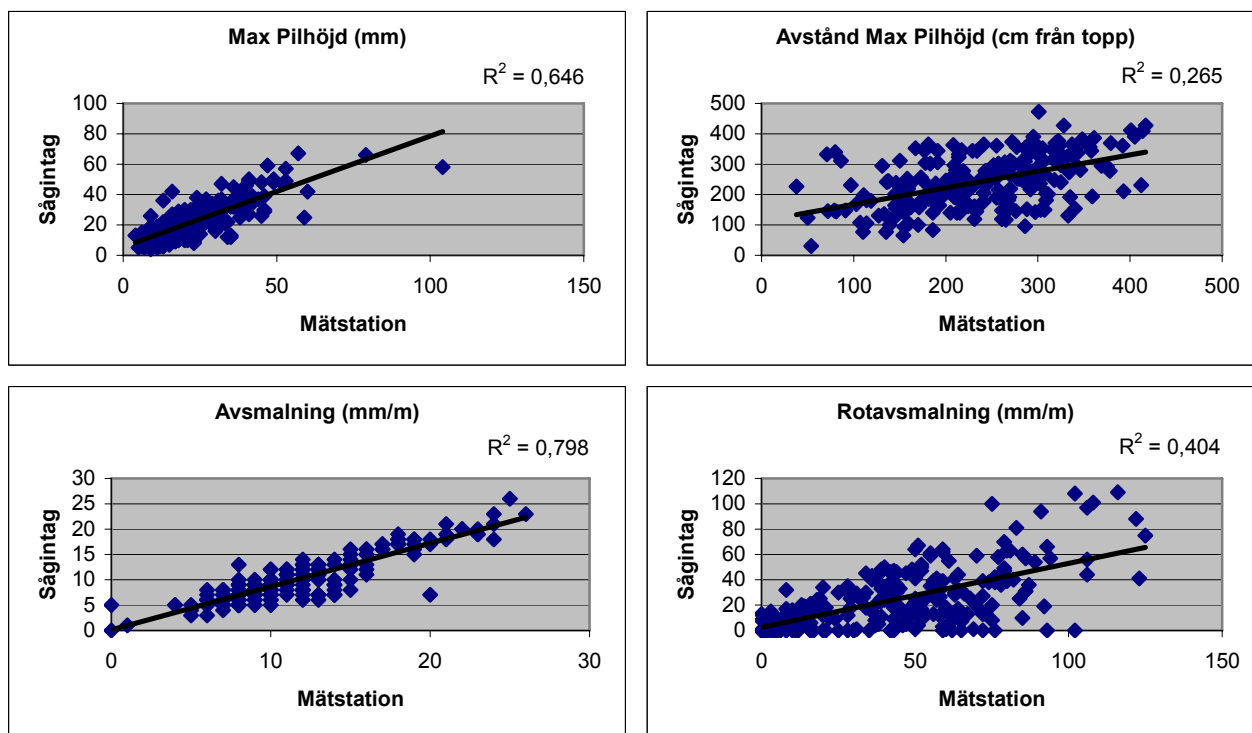


Figur 57 Uppskattat toppdiametermått UBA mot barkat toppdiametermått



Figur 58 Uppskattat toppdiametermått UBM mot barkat toppdiametermått

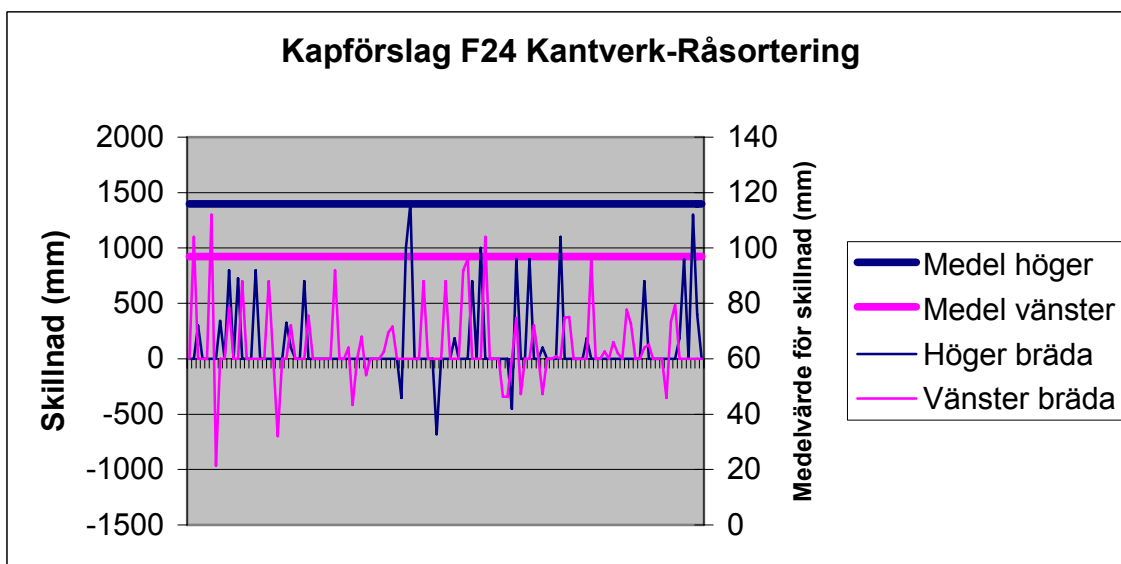
Figur 59 visar på skillnader i hur samma stockar tolkas i mätstationens mätram mot sågintagets mätram. Bäst överensstämmelse visar avsmalningen på medan avstånd max pilhöjd visar sämst överensstämmelse. Detta tolkas utifrån R^2 -värdena som är högst för avsmalning och lägst för avstånd max pilhöjd. Effekten av rotreduceringen syns tydligt i diagrammet för rotavsmalningen.



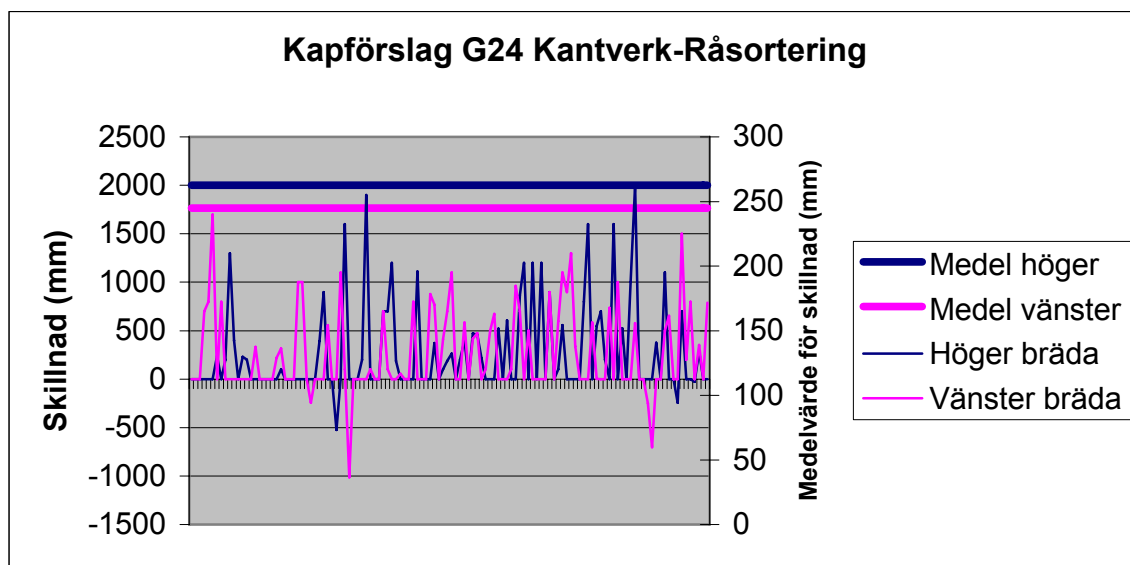
Figur 59 Skillnader i uppmätta stockegenskaper mellan mätstation och sågintag

Kapförslag i kantverk:

Genomgående är att kapförslagen är större i kantverket än i råsorteringen. Detta gäller både tall och gran såväl som höger och vänster bräda. Figur 60 och 61 visar individuell skillnad i kapförslag för varje bit och även det sammantagna medelvärdet mellan höger och vänster bräda.

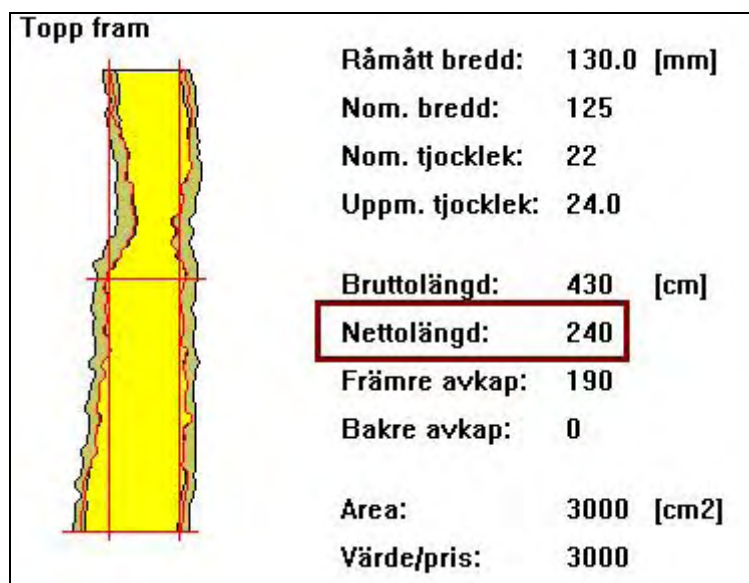


Figur 60 Skillnad i kapförslag för F24 mellan råsortering och kantverk



Figur 61 Skillnad i kapförslag för G24 mellan råsortering och kantverk

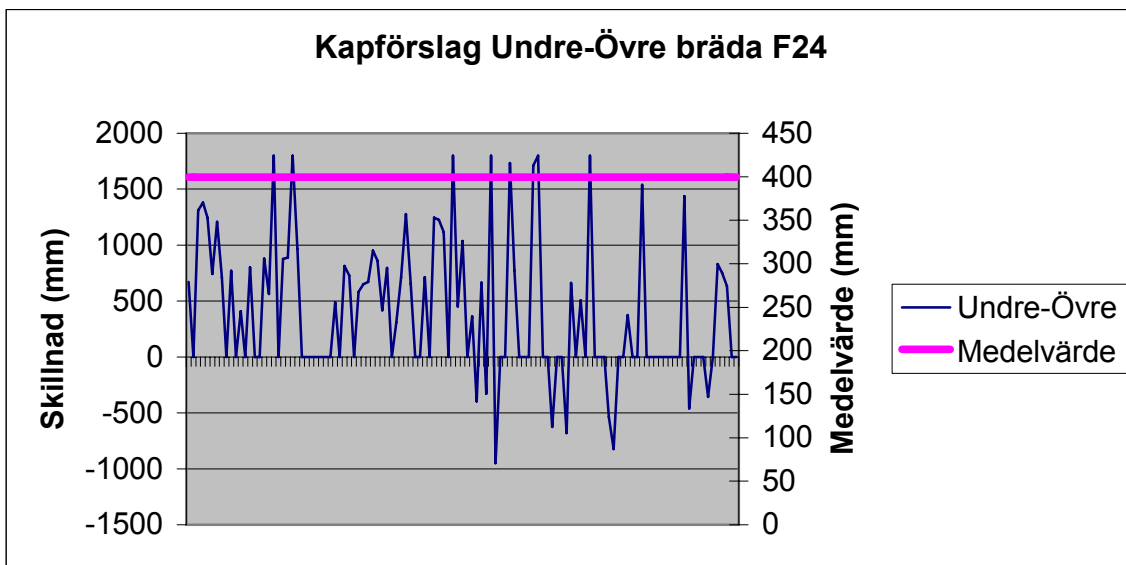
Under junis testsågning upptäcktes en felaktighet mellan kantverkets optimeringstabeller och råsorteringens längdgränser. Optimeringstabellerna tillät längder ner 2400 mm medan kortaste längden efter avkap i råsorteringen var satt till 3000 mm. Detta medförde att två brädor från kantverket vrakades i råsorteringen vid testsågningen. Figur 62 visar optimeringsprogramets beslut för en av brädorna.



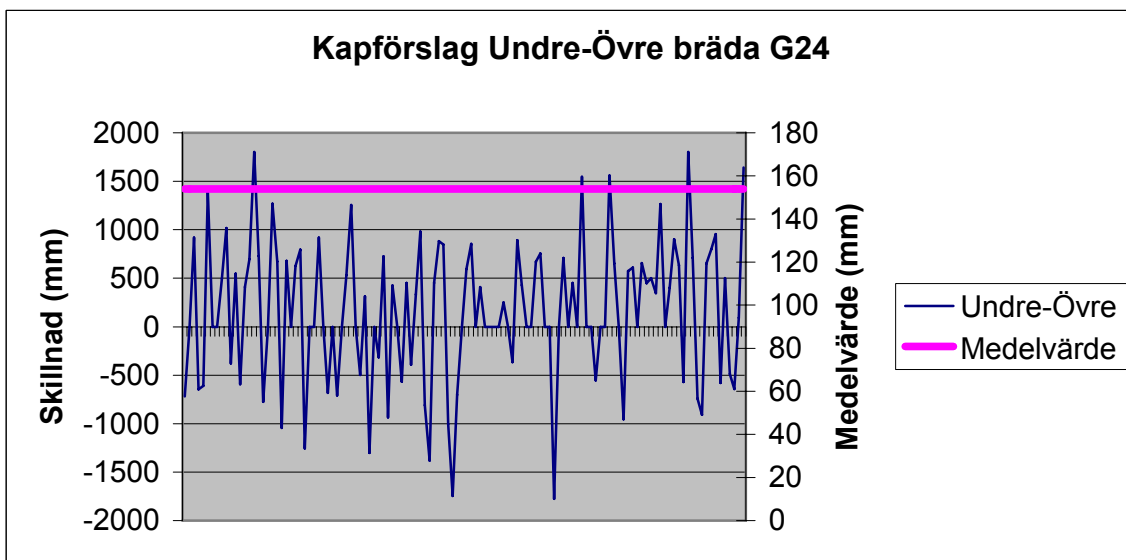
Figur 62 Optimeringsbeslut

Kapning för övre och undre bräda:

För både F24 och G24 har undre brädan i medelvärde fått större kapförslag än övre brädan i Veistosågen. Figur 63 och 64 visar både den individuella skillnaden mellan undre och övre brädan och medelvärdet för skillnaden. Medelvärdet är statistiskt säkerställt med 95 % signifikansnivå.



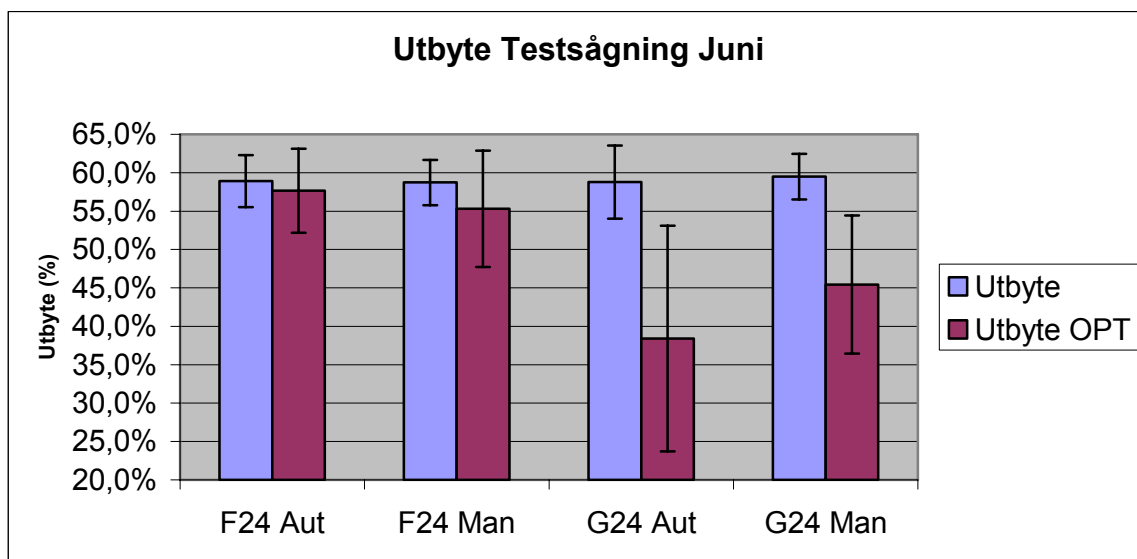
Figur 63 Undre-övre brädans kapförslag för F24



Figur 64 Undre-övre brädans kapförslag för G24

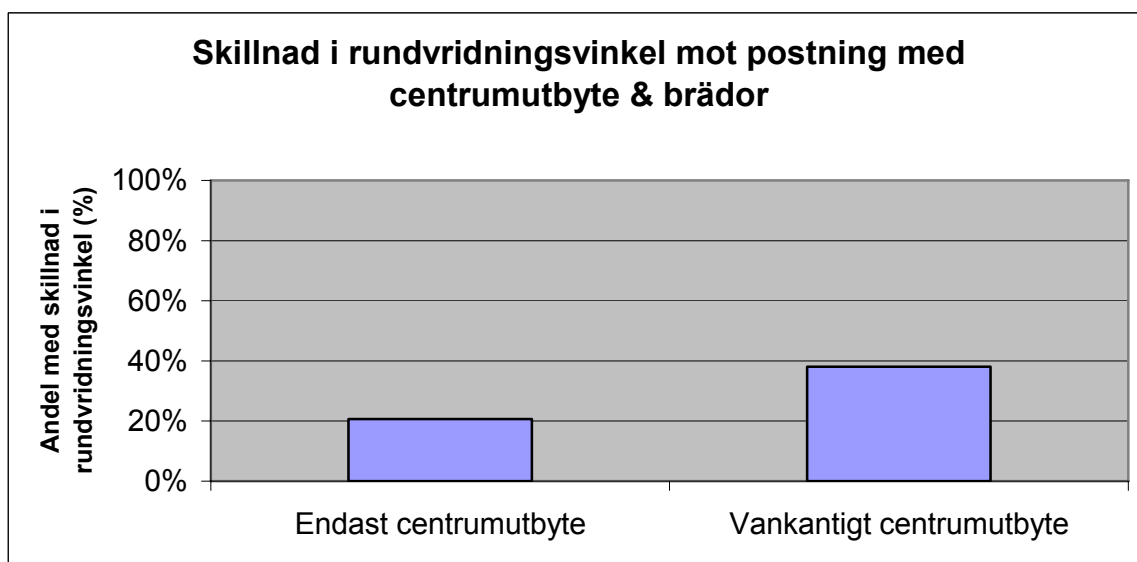
ProOpt simulering:

Figur 65 visar medelvärdet på det faktiska utbytet mot medelvärdet på det utbyte som simuleringsprogrammet räknar ut. Som figuren visar är det faktiska utbytet i genomsnitt större än det simulerade, speciellt för bägge sågningarna med G24. Skillnaderna är statistiskt säkerställda med 95 % signifikansnivå för alla sågningar utom F24 Aut.

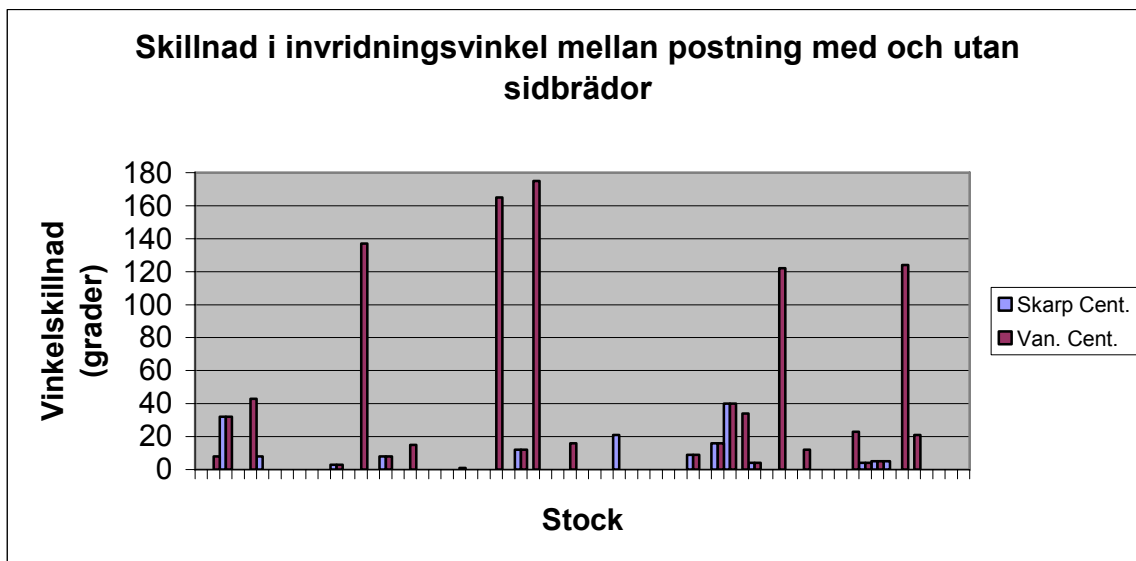


Figur 65 Medelvärden för faktiskt utbyte mot simulerat

Figur 66 visar att drygt 20 % av stockarna i G24 Man sågningen fick en annan invridningsvinkel med enbart centrumutbyte än med både centrum- och bräduutbyte. Om man dessutom tillåter mer vankant på mönstret med enbart centrumutbyte får nästan 40 % av stockarna en annan invridningsvinkel jämfört med originalmönstret som har centrum utan vankant och brädor. Figur 67 visar stockarnas individuella skillnad i invridning med de två alternativa mönsteralternativen. Som figuren visar varierar den nya invridningsvinkeln från bara några fåtal grader till nästan ett halvt varv.



Figur 66 Andel av totala antalet som fick annan invridningsvinkel vid ändrade förhållanden



Figur 67 Individuell förändring av invridningsvinkel vid ändrade förhållanden

5 Slutsatser/diskussion

5.1 Barkandel

Här ligger det stora kvarstående bekymret för den automatiska mätmetoden. Eftersom hela metoden bygger på att se skillnader i ljusspridning och ljusintensitet är det kritiskt att glansen på både kamera och laser håller en jämn nivå av renhet. Figur 68 ger en uppfattning om den miljö som mätutrustningen måste klara av.



Figur 68 Mätutrustningens dammiga miljö

Som det fungerar idag blir resultatet på mätningen i sin tur en produkt av hur lång tid som gått sen senaste rengöringen av glaset. Av logiska orsaker gäller problemet framför allt de två lågt sittande mätenheterna. Lösningen på detta problem är att installera någon form av kontinuerlig rengöring av glaset. Efter installation av rengöring bör man se över de tröskelvärden som avgör om det ytan är bark eller ved. Man bör även utföra ett test med kända stockar för att säkerställa att man får ett svar nära verkligheten och att samma svar upprepar sig vid flera olika tidpunkter. Vidare kan det vara klokt att, efter installation, göra några analyser av samma typ som är gjorda i detta arbete för att se om skillnaderna mellan UBA-UBM ändrat sig.

5.2 Diameterjämförelse

Resultatet från diameterjämförelsen visar att följande åtgärder idag borde tas vid kontinuerlig användning av det automatiska underbarksmåttet (UBA) vid stocksortering. Eftersom smuts och damm visat sig påverka resultaten från mätningarna är förslagen till justeringar av klassgränser färgade av detta problem. Man får nog vara beredd på att förslagen till justeringar kan komma att se annorlunda ut om smutsproblemet åtgärdas.

5.2.1 Tall

Inga åtgärder bör tas. De skillnader som kunna påvisas har varit relativt få och små till storleken.

5.2.2 Gran

För gran bör man höja alla klassgränser ca 3 mm och möjligtvis ännu mer för de allra grövsta diameterklasserna. Eftersom resultaten visade en skillnad i medelvärdesfördelningen mellan stockarna som haft 0-95 % barkandel och stockarna som haft 96-100 % barkandel bör även en justering av barkfunktionernas konstanter göras. Detta för att nya tabeller med medelvärdesgrupper som i bilagorna ska få ett utseende mer likt varandra mellan gran 0-95 % och gran 96-100 %. För att uppnå detta måste konstanterna i barkfunktionerna förändras så att det manuella diametermättet i medeltal ökar med 3 mm. Eftersom både det manuella och automatiska diametermättet för gran 96-100 % får sitt barkavdrag via barkfunktionerna skulle bägge dessa mått i medeltal öka samtidigt som skillnaden mellan dem bibehålls. För gran 0-95 % får bara det manuella diametermättet sitt barkavdrag via barkfunktionerna. Det betyder att bara det manuella diametermättet i medeltal skulle öka medan det automatiska blir oförändrat. Skillnaden mellan måtten skulle då minska och inga vidare justeringar av klassgränser skulle vara nödvändiga ifall man vill byta sorteringsbestämmande mått mellan manuellt och automatiskt. För att bestämma nya värden på konstanterna görs en ny analys efter att smutsproblemet åtgärdats och nya data insamlats.

5.3 Kontrollstockar

Analysen av kontrollstocksrapporterna har alltså inte kunnat peka på att det automatiska måttet skulle träffa närmare det korsklavade måttet än det manuella. Det korsklavade måttet är ett slags facit som mätramén har kalibrerats mot. Det finns dock en grundläggande skillnad i hur och var måtten mäts. Korsklavat mått är nästan uteslutande taget 10 cm från toppskäret medan de bägge uppskattade måtten är hämtade ur en cirkelapproximation som i sin tur är hämtad ur ett mätområde som sträcker sig 6-60 cm in från toppskäret. Eftersom det finns en skillnad i mätningen blir det även en viss felkälla i resultaten.

5.4 Testsågningar

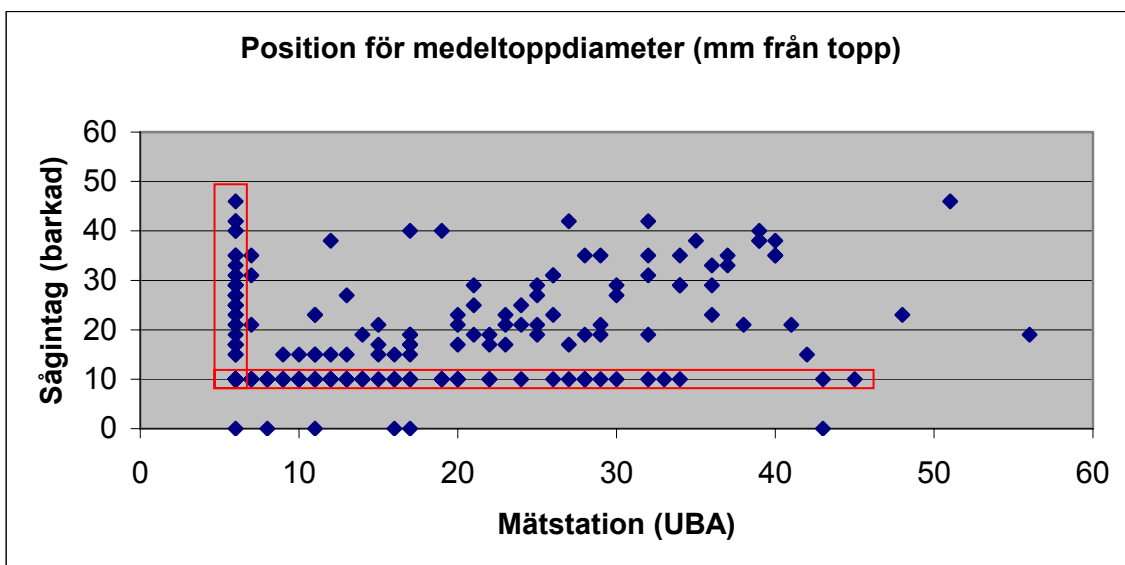
5.4.1 Mars

Resultatet från mars testsågning visade att stockegenskaperna max pilhöjd och avsmalning har en viss spridning mellan de två mätramarna. Det blir en då en felkälla när de barkade diametermåtten korrigerades med pilhöjds- och avsmalningsdata från sågintagets mätram.

5.4.2 Juni

Kompatibilitet mellan mätrammar:

En möjlig förklaring till att medelvärde för de barkade stockarna var större än de bägge uppskattade måtten kan vara att mätområdet för medeldiametern startar senare i sågintaget än i mätstationen. Detta upptäcktes ur ett diagram som visar avståndet från topp till profilen som ligger till grund för diameterberäkningen, se figur 69.



Figur 69 Avstånd till profil med minsta arean

Medelvärde för stockarnas UBA-mått var större än medelvärde för UBM-måttet. Detta stämmer överens med resultatet från diameterjämförelsen när det gäller gran. Att samma resultat erhöles för tall var inte lika väntat. En högst spekulativ förklaring skulle kunna vara att det svagt positiva samband som syntes mellan UBA-UBM och storleken på barkavskavet spelat en roll eftersom stockarna genomgått mycket hantering och på så sätt fått mycket bark avskavd.

När det gäller punktdiagrammen som visade att UBA mot barkat mått hade mindre spridning än UBM mot barkat mått vart resultatet ännu mer till UBA-måttets fördel när uteliggaren som visade orimligt litet barkat mått togs bort. Till skillnad från de kontrollklavade stockarna är det barkade diamettermåttet här uträknat på samma sätt som de uppskattade måtten UBA och UBM. Det hade varit önskvärt att göra jämförelsen mellan mätramens barkade mått och de uppskattade måtten med samma slumpmässiga fördelning över diameterklasserna som kontrollstockarna ger. En sådan spårning var tyvärr alltför komplicerad för att rymma inom tidsramen för detta examensarbete.

Att det var stor spridning mellan mätramarna för stockegenskaperna max pilhöjd, avstånd max pilhöjd och rotavsmalning är inte så förvånande. Detta eftersom att stockarna i timmerklasserna 24 ofta är rotstockar som blir rätt kraftigt rotreducerade före de passerar sågintagets mätram. Själva formen på stocken blir vid rotreduceringen förändrad vilket helt logiskt kan leda till andra framräknade värden på de undersökta stockegenskaperna.

Kapförslag i kantverk:

Den felaktighet som upptäcktes mellan kantverkets optimeringsprogram och råsorteringens gränser gällande längden rättades till genom att kantverket längdgränser genomgående flyttades upp till 3000 mm. En grov överslagsberäkning pekar på följande vinstökning:

- 2 sidbrädor av testsågningens totalt 478 sidbrädor vrakades på grund av detta. Samma vrakningsfrekvens antas.
- Antagningsvis går hälften av alla stockar som sågas i Kåge genom RBS 1
- Med en årsförbrukning på 310 000 m³ timmer och en medelstocksvolym på 155 liter förbrukar man ca 2 000 000 stockar/år

- Genomsnittsbrädan genom kantverket antas till 22*100 mm med en längd på 4,5 m
- Kubikmeterpriset på sågat virke antas i genomsnitt till 1400 kr/m³

Detta skulle ge följande vinstökning om man bortser från de pengar flisen från de vrakade brädorna skulle generera.

$$\left(\frac{2}{478}\right) * 2\,000\,000 * (0,022 * 0,1 * 4,5) * 1400 \approx 116\,000 \text{ kr/år}$$

Dessa siffror visar på vikten av att ha uppdaterad och överensstämmande information till grund för de olika optimeringssystem som finns på ett sågverk.

Att kapförslagen i medelvärde är större i kantverket än i råsorteringen har sin förklaring i att man inte vill kapa onödigt mycket i råsorteringen. Genom att ”spara” avkap till justerverket kan man alltså kapa mer exakt samt få de ändsprickor som kan uppstå vid torkning i delar som ändå ska kapas bort. Med tanke på att råflis har ett högre kubikmeterpris än torrflis bör dock inte onödigt mycket avkap sparas till justerverket. Det hade varit intressant att försöka hitta den optimala gränsen för hur mycket man bör kapa i råsorteringen men tyvärr allt för tidskrävande.

Kapning för övre och undre bräda:

Stödplåten tillsammans med att sågen rent konstruktionsmässigt är skapt för att köra krok ner är en trolig förklaring till att vankant på undre brädan tilltar ju längre in man kommer vilket i sin tur leder till ett större medelvärde på avkapsstorleken för undre brädan.

ProOpt simulering:

Som resultaten visade var medelvärdet för det simulerade utbytet mot medelvärdet för det faktiska utbytet närmare sanningen för tall än för gran. Detta förklaras mest troligt av att tabellpaketet för tall har generösare regler för vankant på sidbrädorna än gran. Med andra ord är tabellpaketet för tall mer likt hur verkligheten ser ut. Att det är viktigt att ha uppdaterade tabellpaket visar även resultatet där invidningsvinkeln varierar för samma stockar beroende på postningsmönster och vankantsregler. Det finns även några grundläggande saker som skulle behöva ändras i ProOpt.

- Programmet antar att stock och block kan sidoförflyttas parallellt före sågning vilket i praktiken inte är möjligt. Sidoförflyttningen borde därför spärras till 0 mm i simuleringen.
- Programmet antar att sidbrädor kan tas asymmetriskt från blockets centrumlinje. Veistosågen i Kåge har låsta positioner för de profilerade sidbrädorna. En uppdatering där man kan välja såglinje mellan kombi- (RBS 1 & Veisto) och grovlinje (RBS 1, RBS 2 & BS 3) vore önskvärt där brädorna var låsta mot centrumlinjen i delningssågen när man sågar med kombilinen.

6 Fortsatt arbete

Det mest angelägna för fortsatt arbete är att installera ett renhållningssystem för glasen i mätramens mätenheter. När detta är gjort bör en ny utvärdering utföras för att försäkra sig om att målen med kontinuerliga och sanningsenliga mätningar uppnåts. Utvärderingen skulle kunna likna utvärderingen gjort i detta arbete men vara aningen mindre omfattande.

Vidare borde alla tabellpaket som simuleringsprogrammet ProOpt jobbar utifrån ses över och utvärderas. Dessa två utvärderingar tillsammans med eventuella andra framtida problem borde räcka som grund för två examensarbeten.

7 Referenser

7.1 Litteratur

- Anon. 2000, VMR Kompendium i virkesmätning del VIII Automatmätning, VMR, Sundsvall, 2000
- Anon. 2005a, IVP Ruler User Manual version 3.0.1, SICK IVP, Linköping, 2005
- Anon. 2005b, Installations- och handhavandeguide för ProScan 3D-mätram version 050525, Sawco AB, Nyköping, 2005
- Anon. 2006. VMF Nords Kvalitetshandbok, VMF Nord, Umeå, 2006-08-01
- Forslund Mattias 2000, Utvärdering av ny teknik vid dimensionsmätning av sågtimmer, Trätekrapport P 0012041; Stockholm, ISSN:1102-1071
- Grundberg Stig, Fredriksson Johan, Oja Johan, Andersson Carola 2001, Förbättrade metoder vid användning av 3D-mätramar, Rapport P 0112048, Trätek, ISSN: 1102-1071
- Grönlund Anders 1992, Sågverksteknik del 1 Råvaran, Sveriges skogsindustriförbund, Markaryd, ISBN: 91-7322-724-2
- Nyström Jan 2002, Automatic measurement of compression wood and spiral grain for the prediction of distortion in sawn wood products, Doktorsavhandling. Luleå Tekniska Universitet, ISSN: 1402-1544
- Oja J, Grundberg S, Grönlund A. 1998. Measuring the outer shape of Pinus sylvestris saw logs with an X-ray LogScanner. Scand. J. For. Res. 13: 340-347
- Oja Johan 1999, Forskning och utveckling av metoder för oförstörande mätning av stockars inre egenskaper, Projektrapport, Trätek
- Oja Johan, Fredriksson Johan, Grundberg Stig 2000, Råvarustyrning med LogScanner, Projektrapport, Trätek
- Oja J, Grundberg S, Fredriksson J, Berg P. 2004; Automatic grading of sawlogs: A comparison between x-ray scanning, optical three-dimensional scanning and combinations of both methods, Scand. J. For. Res. 19:89-95, 2004
- Oja Johan, Grundberg Stig, Berg Per, Fjellström Per-Anders 2006, Mätutrustning för bestämning av fibervinkel och kärnvedsinnehåll vid tvärtransport av träprodukter i råsorteringen, SP Rapport 2006:16, ISBN: 91-85533-01-7
- Saarman Endel 1992, Träkunskap, Sveriges skogsindustriförbund, Markaryd, ISBN: 91-7322-726-9
- Seltman Joachim 1989, Kontrollmätning av leveransvirke, Rapport 43, KTH Träteknologi
- Säll Harald 2002, Spiral Grain in Norway Spruce, Doktorsavhandling, Växjö Universitet, ISBN: 91-7636-356-2
- Zacco Peter 1974, Barktjockleken hos sågtimmer, Rapport R 90, Skogshögskolan, Institutionen för virkeslära,
- Åstrand Erik 1996, Automatic inspection of sawn wood, Doktorsavhandling, Linköping Universitet

7.2 Internet

- Limab, www.limab.se, 2006-06-20
- Rema Control, www.rema.se, ingen uppgift om när sidan senast uppdaterades
- Wikipedia, den fria encyklopedin, www.wikipedia.se, 2006-08-06, sökord: laser

7.3 Muntliga källor

- Engberg David, SCA Munksund, 0911-767 83, david.engberg@sca.com
- Oja Johan, SP Trätek, 0910-547 13, johan.oja@sp.se
- Ryrvall Bo, Sawco AB, 0155-559 75, bory@sawco.se

8 Bilagor

8.1 Bilaga 1 UBA-UBM för tall 0-95 % barkandel

Färger:

Röd: Negativ skillnad, UBM större än UBA

Grön: Positiv skillnad, UBA större än UBM

Blå: Medianvärde för total barkandel

Tabell 5 Signifikant skillnad 1 mm eller större

Topp dia	02-feb	15-mar	11-apr	08-maj	18-maj	22-maj	29-maj	07-jun	12-jun	19-jun	26-jun	03-jul	10-jul	31-jul	07-aug	14-aug	Tot bark
100				1,6					-2,3		-1,9	-2,0		-1,5	-3,3		70
110									-1,1	-1,3			-1,4				71
120			-1,0						-1,3	-1,2							72
130			-1,4					-1,0	-1,4	-1,1							73
140			-1,8					-1,3	-1,5					-1,1			74
150			-1,4					-1,4	-1,6	-1,0			-1,3	-1,1			75
160		-1,1	-1,0					-1,8	-1,6	-1,4			-1,1	-1,5			76
170		-1,1	-1,5					-1,9	-1,7	-1,5		-1,0	-1,3	-1,4			77
180			-1,5					-1,2									78
190	-1,0	-1,0	-1,2					-1,2	-1,1								79
200																	80
210						1,1											81
220								-1,1									82
230								-1,6	-1,2					-1,1			83
240																	84
250																	85
260																	86
270		1,2		1,0				-1,1									87
280												-1,2					88
290	1,3							-1,4				-1,1					89
300	1,7					-2,1						-1,5				2,1	90
310			1,4	1,5							1,1					2,5	91
320				2,1						-1,4					-1,5	2,1	92
330				3,3				-2,0								1,5	93
340									-1,2	1,7						2,2	94
350															-2,5	1,8	95

Tabell 6 Signifikant skillnad 2 mm eller större

Topp dia	02- feb	15- mar	11- apr	08- maj	18- maj	22- maj	29- maj	07- jun	12- jun	19- jun	26- jun	03- jul	10- jul	31- jul	07- aug	14- aug	Tot bark
100									-2,3			-2,0			-3,3		70
110																	71
120																	72
130																	73
140																	74
150																	75
160																	76
170																	77
180																	78
190																	79
200																	80
210																	81
220																	82
230																	83
240																	84
250																	85
260																	86
270																	87
280																	88
290																	89
300																	90
310																	91
320																	92
330																	93
340																	94
350																	95

Tabell 7 Signifikant skillnad 5 mm eller större

Topp dia	02- feb	15- mar	11- apr	08- maj	18- maj	22- maj	29- maj	07- jun	12- jun	19- jun	26- jun	03- jul	10- jul	31- jul	07- aug	14- aug	Tot bark
100																	70
110																	71
120																	72
130																	73
140																	74
150																	75
160																	76
170																	77
180																	78
190																	79
200																	80
210																	81
220																	82
230																	83
240																	84
250																	85
260																	86
270																	87
280																	88
290																	89
300																	90
310																	91
320																	92
330																	93
340																	94
350																	95

8.2 Bilaga 2 UBA-UBM för gran 0-95 % barkandel

Färger:

Röd: Negativ skillnad, UBM större än UBA

Grön: Positiv skillnad, UBA större än UBM

Blå: Medianvärde för total barkandel

Tabell 8 Signifikant skillnad 1 mm eller större

Topp dia	02- feb	15- mar	11- apr	08- maj	18- maj	22- maj	29- maj	07- jun	12- jun	19- jun	26- jun	03- jul	10- jul	31- jul	07- aug	14- aug	Tot bark
100																	70
110				2,8			1,1										71
120	2,0	1,6	2,2	1,2	1,2		1,9		1,2		2,8	2,2	1,4	1,9	1,4		72
130	2,5	1,5	1,8				2,7		1,4		2,3	1,2		1,5	1,2	2,5	73
140	2,3	1,9	2,4	1,1			1,7		1,3		2,7	1,7	1,0	1,3	1,1	2,5	74
150	2,7	2,2	2,4	1,5			1,9		1,5		2,5	1,5	1,2	1,2		2,8	75
160	2,4	2,1	2,0								1,8	1,2				2,1	76
170	3,0	2,8	2,7	1,3	1,0		1,6		1,2		2,2	1,8	1,3			2,8	77
180	2,9	2,7	2,6	1,5			1,4				2,2	1,9	1,5			2,8	78
190	3,2	3,1	2,5				1,2		1,2		1,8	2,1	1,2		1,1	3,0	79
200	3,8	3,8	3,3	1,6	1,2		2,0		2,0	1,6	2,8	1,3	1,7		1,7	3,3	80
210	4,3	3,9	3,8	2,2	1,4		2,1		2,0	1,1	2,9	2,6	2,8	1,5	1,8	4,0	81
220	4,6	4,4	4,1	1,9	1,5	1,1	2,0	2,3	2,3	1,8	3,4	3,3	2,6	1,6	2,6	4,0	82
230	4,4	4,2	4,3	1,4	1,4	1,1	1,9	2,0	2,5	1,4	3,2	2,6	2,2	1,5	2,5	4,3	83
240	4,0	4,0	3,9		1,0		1,5	1,1	2,3		3,3	3,4	1,8	1,5	2,2	4,1	84
250	4,5	5,2	4,9	2,5	1,8	1,2	2,4	1,1	3,1	1,9	3,8	3,6	3,0	1,5	2,6	4,6	85
260	4,9	4,9	4,8	1,4	1,3		1,4	1,6	2,4	1,8	3,3	3,3	3,1	1,6	3,0	4,0	86
270	4,8	4,9	4,7		1,5		1,4	1,6	3,7		3,7	2,4	2,2	2,1	2,5	4,2	87
280	5,3	5,6	5,2	1,4	2,1		1,7	2,5	4,5	3,1	5,7	4,5		2,2	3,3	5,3	88
290	5,7	4,8	4,7		1,1		1,7	1,8	3,9	2,2	2,8			2,0	3,8	4,5	89
300	6,0	5,8	5,6	1,4	1,4		2,6	2,7	4,8		3,7		2,8	3,8	2,9	5,9	90
310	5,8	7,3	5,5	2,4	2,7	4,3	2,6	2,5	4,6	4,2	4,9		2,3	3,9	4,8	4,0	91
320	5,0	6,4	6,1	3,3	1,8			2,9	3,7		5,3		7,5	2,4		4,2	92
330	7,2	8,0	5,8		2,4			4,2	4,3		7,1	5,7		3,7		6,4	93
340	8,1	7,0	6,0		1,7			2,5		4,4	5,2		6,7	2,4			94
350	6,7	6,8	6,8		3,1	5,1		5,2			6,3		4,2	3,7	5,7	7,1	95

Tabell 9 Signifikant skillnad 2 mm eller större

Topp dia	02- feb	15- mar	11- apr	08- maj	18- maj	22- maj	29- maj	07- jun	12- jun	19- jun	26- jun	03- jul	10- jul	31- jul	07- aug	14- aug	Tot bark
100																	70
110				2,8													71
120	2,0		2,2								2,8	2,2					72
130	2,5						2,7				2,3					2,5	73
140	2,3		2,4								2,7					2,5	74
150	2,7	2,2	2,4								2,5					2,8	75
160	2,4	2,1														2,1	76
170	3,0	2,8	2,7								2,2					2,8	77
180	2,9	2,7	2,6								2,2					2,8	78
190	3,2	3,1	2,5									2,1				3,0	79
200	3,8	3,8	3,3								2,8					3,3	80
210	4,3	3,9	3,8	2,2			2,1		2,0		2,9	2,6	2,8			4,0	81
220	4,6	4,4	4,1					2,3	2,3		3,4	3,3	2,6		2,6	4,0	82
230	4,4	4,2	4,3					2,0	2,5		3,2	2,6	2,2		2,5	4,3	83
240	4,0	4,0	3,9						2,3		3,3	3,4			2,2	4,1	84
250	4,5	5,2	4,9	2,5			2,4		3,1		3,8	3,6	3,0		2,6	4,6	85
260	4,9	4,9	4,8						2,4		3,3	3,3	3,1		3,0	4,0	86
270	4,8	4,9	4,7						3,7		3,7	2,4	2,2	2,1	2,5	4,2	87
280	5,3	5,6	5,2		2,1			2,5	4,5	3,1	5,7	4,5		2,2	3,3	5,3	88
290	5,7	4,8	4,7						3,9	2,2	2,8				3,8	4,5	89
300	6,0	5,8	5,6				2,6	2,7	4,8		3,7		2,8	3,8	2,9	5,9	90
310	5,8	7,3	5,5	2,4	2,7	4,3	2,6	2,5	4,6	4,2	4,9		2,3	3,9	4,8	4,0	91
320	5,0	6,4	6,1	3,3				2,9	3,7		5,3		7,5	2,4		4,2	92
330	7,2	8,0	5,8		2,4			4,2	4,3		7,1	5,7		3,7		6,4	93
340	8,1	7,0	6,0					2,5		4,4	5,2		6,7	2,4			94
350	6,7	6,8	6,8		3,1	5,1		5,2			6,3		4,2	3,7	5,7	7,1	95

Tabell 10 Signifikant skillnad 5 mm eller större

Topp dia	02- feb	15- mar	11- apr	08- maj	18- maj	22- maj	29- maj	07- jun	12- jun	19- jun	26- jun	03- jul	10- jul	31- jul	07- aug	14- aug	Tot bark
100																	70
110																	71
120																	72
130																	73
140																	74
150																	75
160																	76
170																	77
180																	78
190																	79
200																	80
210																	81
220																	82
230																	83
240																	84
250		5,2															85
260																	86
270																	87
280	5,3	5,6	5,2								5,7					5,3	88
290	5,7																89
300	6,0	5,8	5,6													5,9	90
310	5,8	7,3	5,5														91
320	5,0	6,4	6,1								5,3		7,5				92
330	7,2	8,0	5,8								7,1	5,7				6,4	93
340	8,1	7,0	6,0								5,2		6,7				94
350	6,7	6,8	6,8			5,1		5,2			6,3				5,7	7,1	95

8.3 Bilaga 3 UBA-UBM för gran 96-100 % barkandel

Färger:

Röd: Negativ skillnad, UBM större än UBA

Grön: Positiv skillnad, UBA större än UBM

Tabell 11 Signifikant skillnad 1 mm eller större

Topp dia	02- feb	15- mar	11- apr	08- maj	18- maj	22- maj	29- maj	07- jun	12- jun	19- jun	26- jun	03- jul	10- jul	31- jul	07- aug	14- aug	Tot bark
100																	70
110						-1,0									1,3		71
120				1,4			1,4				2,3	1,5	1,2		1,8		72
130	2,1										2,3	1,7	1,6		1,0	1,9	73
140	1,6		1,2								2,0	1,9	1,7	1,4		2,4	74
150	1,8		1,4								1,7	2,0	1,6	1,1		2,7	75
160	1,0		1,2			-1,1					1,3	1,4	1,7			1,8	76
170	1,2		1,4								1,3	1,6	2,0			2,2	77
180	1,3		1,1	1,3							1,5	2,0	1,2			1,7	78
190	1,2		1,3			-1,1					1,2	1,6	1,1			2,0	79
200	1,3		1,7	2,0			1,0			1,4	1,5	1,8	1,8	1,0		2,4	80
210	2,0		1,8	1,7			1,4	1,1	1,1	1,3	2,0	2,2	2,3			2,6	81
220	2,2	1,2	2,3	3,1			1,4	1,8	1,2	2,1	2,6	4,1	3,3	1,0	1,2	3,0	82
230	2,0		2,3	3,5			1,3	1,6	1,2	1,6	2,0	2,2	2,2	1,2		2,5	83
240	1,7		1,1			-1,5			1,8	1,4	1,5	2,7				1,8	84
250	1,6		2,4	2,7			1,6		1,1	2,3	3,3	2,5		1,1		3,3	85
260			2,1			-1,9				2,2	1,9	3,6				2,4	86
270	1,4		2,3		2,0		1,9	2,2		2,5	2,7		2,3				87
280	2,5			2,8	-1,0	-2,6					2,0		2,0				88
290										2,7						4,7	89
300											3,0		3,0				90
310			3,0				3,4			4,7				-1,0			91
320																	92
330																	93
340	6,5																94
350																	95

Tabell 12 Signifikant skillnad 2 mm eller större

Topp dia	02- feb	15- mar	11- apr	08- maj	18- maj	22- maj	29- maj	07- jun	12- jun	19- jun	26- jun	03- jul	10- jul	31- jul	07- aug	14- aug	Tot bark
100																	70
110																	71
120											2,3						72
130	2,1										2,3						73
140																2,4	74
150												2,0				2,7	75
160																	76
170																2,2	77
180																	78
190																	79
200				2,0												2,4	80
210												2,2	2,3			2,6	81
220	2,2		2,3	3,1						2,1	2,6	4,1	3,3			3,0	82
230	2,0		2,3	3,5								2,2	2,2			2,5	83
240												2,7					84
250			2,4	2,7						2,3	3,3	2,5				3,3	85
260			2,1							2,2		3,6				2,4	86
270			2,3		2,0			2,2		2,5	2,7		2,3				87
280	2,5			2,8		-2,6					2,0		2,0				88
290										2,7						4,7	89
300											3,0		3,0				90
310			3,0				3,4			4,7							91
320																	92
330																	93
340	6,5																94
350																	95

Tabell 13 Signifikant skillnad 5 mm eller större

Topp dia	02- feb	15- mar	11- apr	08- maj	18- maj	22- maj	29- maj	07- jun	12- jun	19- jun	26- jun	03- jul	10- jul	31- jul	07- aug	14- aug	Tot bark
100																	70
110																	71
120																	72
130																	73
140																	74
150																	75
160																	76
170																	77
180																	78
190																	79
200																	80
210																	81
220																	82
230																	83
240																	84
250																	85
260																	86
270																	87
280																	88
290																	89
300																	90
310																	91
320																	92
330																	93
340	6.5																94
350																	95