



Virkesegenskapenes betydning for tørke- og høvlingskvalitet

*The importance of wood properties
concerning quality of drying and planing*

**Knut Magnar Sandland (NTI), Peder Gjerdrum (Skogforsk)
og Bjarne Hamar (Moelven Soknabruket)**



Norsk Treteknisk Institutt

Adr.: Forskningsveien 3 B

P.B. 113 Blindern

N-0314 Oslo

Tel: +47 22 96 55 00

Fax: +47 22 60 42 91

E-mail: firmapost@treteknisk.no

Web: <http://www.treteknisk.no/>

Bank: 6039.05.16714

Post: 0808 5 14 87 70

Virkesegenskapenes betydning for tørke- og høvlingskvalitet

– Resultater fra et skur-, tørke- og høvlingsforsøk

<i>Saksbehandlere:</i>	Knut Magnar Sandland (NTI), Peder Gjerdrum (Skogforsk) og Bjarne Hamar (Moelven Soknabruket AS)
<i>Dato:</i>	2001-05-02
<i>Oppdragsgivere:</i>	Moelven Soknabruket AS og Norges forskningsråd
<i>Prosjektnummer:</i>	370020

Sammendrag

Dette forsøket inngår som en del av prosjektet "Bedre tørkekvalitet" ved Moelven Soknabruket AS. Hensikten var å undersøke om det er mulig å redusere spredningen i sluttluftighet hos trelast ved å iverksette tiltak under tømmer-sortering og/eller skur, og bestemme hvilken råstoffkvalitet det skal arbeides videre med når det gjelder å undersøke muligheten for å redusere sprekk i kvist ved tørking av høvlingsråstoff av gran.

Forsøket ble gjennomført ved at 30 rotstokker og 30 midtstokker av en bestemt diameterklasse av gran ble valgt tilfeldig ut på tømmer-tomta til Soknabruket. Disse ble delt opp i et 4x log mønster, og i de ulike registreringene inngikk det en innerplanke og en ytterplanke fra hver stokk. Forsøksmaterialet ble videre oppdelt og høvlet ved Bjertnæs Sag AS, og høvellastens kvalitet ble registrert.

Det foreslås ulike modeller for sortering av virket før tørking. En av disse er å skille ytter- og innerplanker. Ved å gjøre dette, er det forventet en klar gevinst når det gjelder å tilpasse tørkeprosessen til fuktighetsinnhold i trelasten før og etter tørking, og optimalisere tørkeprosessen ut fra de kravene som blir stilt til de ulike trelastproduktene. I denne forbindelsen kan det også være aktuelt å ta inn stokktype i grupperingen. En annen tenkelig angrepsvinkel er å sortere direkte etter plankens fuktighet i fersk tilstand. Problemet er at det ikke foreligger noen kjent teknologi som kan måle denne med tilfredsstillende nøyaktighet. Derfor må den estimeres ut fra en kombinasjon av målte verdier og erfaringsverdier. Videre utvikling av instrumenter som kan detektere andel kjerneved automatisk i trelasten, vil være av stor interesse i denne sammenhengen.

Samlet sett viser forsøket at det beste kvalitetsutfallet for høvellast er å finne i innerplanker av midtstokk. I det videre arbeidet når det gjelder å undersøke muligheten for å redusere sprekk i kvist ved tørking av høvlingsvirke av gran, er det denne råstoffkvaliteten som hovedsakelig vil inngå i undersøkelsene.

<i>Stikkord:</i> Tørking, tørkekvalitet, virkesegenskaper, trefuktighet
<i>Keywords:</i> Drying, drying quality, wood properties, moisture content

Summary

This investigation is a part of the project "Improved drying quality" at Moelven Soknabruket AS. The aim of the investigation has been to investigate whether the spreading in moisture content after drying can be reduced by actions during log sorting and/or sawing, and make a basis for deciding what type of wood material that is of interest in further investigations concerning possibilities to reduce checks in knots when drying timber of spruce that is suited for panel boards.

The investigation was performed by randomly choosing 30 butt logs and 30 middle logs in a given diameter class at the sawmill. The logs were sawn in a 4x log pattern. In the further registrations one inner plank (near pith) and one outer plank (near bark) were chosen for each log. A lot of measurements were done, both on the logs and on the timber before and after drying. The research material was then planed at Bjertnæs Sag AS, and the quality of the panel boards was registered.

Based on the results in the investigation, different models for sorting the timber before drying to optimise the drying process are proposed. One of them is to separate outer and inner planks. An evident improvement is then expected, both due to the possibilities to adjust the drying process to the moisture content before and after drying, and the possibilities to optimise the drying process in accordance to the requirements of the various wood products. In addition to a separation of inner and outer planks, it is also of interest to separate planks from different types of logs (e.g. butt logs and middle logs) to be able to further optimise the drying process according to the wood properties.

Another approach is to sort the timber in accordance with its moisture content in green condition. The problem is, however, that there is no known technology that can measure the green moisture content with the desired level of accuracy. It must therefore be estimated on a basis of a combination of measured and experienced values. Further development of instruments that are able to detect the share of heartwood automatically is of major interest in this connection.

The investigation shows that the best wood quality for production of panel boards is in the inner planks from middle logs. This is logical, because the knot pattern in the trunk is dominating in this connection. In the further investigations concerning possibilities to reduce checks in knots of spruce timber during drying, it is this wood quality that will be treated.

Forord

De arbeider som rapporteres her, er alle gjennomført under prosjektet "Bedre tørkekvalitet" ved Moelven Soknabruket AS under ledelse av prosjektleder Bjarne Hamar, og etter et forsøksopplegg av Knut Magnar Sandland (NTI) og Peder Gjerdrum (Skogforsk). Forsøket er gjennomført ved Moelven Soknabruket AS og Bjertnæs Sag AS.

Registreringene på tømmeret ble utført i desember 2000 av Carlos Myrebø (Soknabruket), Ingar Aasen (Tømmermåling Sør) og Peder Gjerdrum.

Skuren ble gjennomført på Sag 1 under ledelse av Odd K Sørlie, mens Thor Johnsrud var ansvarlig for tørkingen.

Registreringer på ferdig tørket trelast fant sted i januar 2001, og ble utført av Bjarne Hamar, Thor Johnsrud, Martin Sæther, Bjørn Haukedalen og Aslak Aabø (Soknabruket).

Høvlingen foregikk i februar 2001, og ble utført ved Bjertnæs Sag AS. Sortering og registrering etter høvling ble utført av Sverre Bjertnæs, Ståle Aas (Bjertnæs Sag AS), Bjarne Hamar og Knut Magnar Sandland.

Prosjektarbeidet er finansiert av Moelven Soknabruket AS og Norges forskningsråd.

Med dette takkes alle som har deltatt i forsøksarbeidet.

Oslo – Ås – Sokna, 2001-05-02

Knut Magnar Sandland

Peder Gjerdrum

Bjarne Hamar

Innhold

Sammendrag	3
Summary	4
Forord	5
Innhold	7
1. Innledning	8
1.1 Virkesegenskaper og trefuktighet	8
1.2 Virkesegenskaper og høvlingskvalitet	9
2. Materiale og metoder	11
2.1 Tømmerråstoff	11
2.2 Skur	12
2.3 Tørking	12
2.4 Registrering på trelast før og etter tørking	13
2.5 Registreringer etter høvling	14
3. Resultater og diskusjon	15
3.1 Sammenheng mellom enkeltfaktorer	15
3.2 Trefuktighet	16
3.2.1 Før tørking	16
3.2.2 Etter tørking	17
3.2.3 Trefuktighet etter tørking og andre variabler	19
3.2.4 Praktiske sorteringsmodeller	21
3.3 Yteherding	24
3.4 Vridning	26
3.5 Kvist	27
3.6 Kvaelommer	27
3.7 Lengdekrymping	28
3.8 Densitet og årringbredde (i trelast)	29
3.9 Høvlingskvalitet	30
3.9.1 Kvalitetsfordeling	30
3.9.2 Nedklassingsårsaker	33
4. Konklusjoner	34
Referanser	35

1. Innledning

De faglige problemstillingene i prosjektet "Bedre tørkekvalitet" er todelte:

- Delprosjekt "Dynamisk fuktighetsutvikling" har som målsetting å analysere variasjon i trefuktighet, slik at denne kan være lavest mulig og godt beskrevet.
- Delprosjekt "Sprekk i kvist og høvlingsegenskaper etter tørking" har som målsetting å undersøke muligheten for å redusere sprekk i kvist i granvirke etter tørking, slik at problemer med kvistutslag under høvling av granvirke kan reduseres.

Innenfor prosjektet er det gjennomført et skurforsøk som tar utgangspunkt i begge disse områdene. I forsøket ble virket fulgt fra rundt tømmer, gjennom sag og tørkeprosess frem til ferdig tørket trelast. Det ble gjort observasjoner på alle ledd underveis for å kunne følge utviklingen mht. tørkekvaliteten. Hensikten var å:

1. Undersøke om det er mulig å redusere spredningen i slutfuktighet hos trelast ved å iverksette tiltak under tømmer-sortering og/eller etter sag.
2. Undersøke hvor stor betydning høvlingsråstoffets plassering i stammen har for kvalitetsutfallet etter høvling, og danne grunnlag for å bestemme hvilken råstoffkvalitet det skal arbeides videre med når det gjelder å undersøke muligheten for å redusere sprekk i kvist under tørking.

Generelt sett er det variasjoner i virkesegenskaper i stammen både i vertikal og horisontal retning. Dette gjelder faktorer som ulike kvisttyper, ungdomsved, fiberhelling, densitet og kjernevedandel. Hvordan disse virkesegenskapene er fordelt i stammeveden, vil ha innflytelse på en rekke forhold som andel svartkvist i trelasten, vridning, lengdekrymping, samt mer tørketekniske forhold som tørketid, fuktighetsinnhold og spredning i slutfuktighet.

1.1 Virkesegenskaper og trefuktighet

Fra tidligere er det kjent at densiteten har stor betydning for tørketid og variasjon i utgående trefuktighet. Under fibermetningspunktet er følgende formel foreslått (Esping 1992):

$$Tørketid_2 = Tørketid_1 \cdot \left(\frac{Densitet_2}{Densitet_1} \right)^2$$

Dette innebærer at en økning av densiteten på for eksempel 30 % skulle gi ca. 70 % lengre tørketid. Over fibermetningspunktet har densiteten noe mindre innflytelse på tørkehastigheten.

I praksis vil det alltid være en viss variasjon i densiteten i et virkesparti. Dette vil da bidra til at spredningen i trefuktighet etter tørking vil øke med økende spredning i densitet, forutsatt samme tørkeskjema- og tid.

I og med at det er stor forskjell i trefuktighet i kjerneved og yteved i ferskt trevirke, der en for gran kan regne med at trefuktigheten ligger henholdsvis i området 35-40 % og 100-150 %, vil det også være store variasjoner i trelasten med tanke på om den inneholder mye eller lite kjerneved. Dette forholdet vil gjøre seg gjeldende ved tørking av inner- og ytterplanker i samme parti. Ytterplankene vil inneholde en betydelig høyere andel yteved enn innerplankene, med tilhørende høyere trefuktighet.

Spørsmålet er hvor mye denne fuktighetsforskjellen før tørking har å si for trefuktigheten etter tørking. Dette har betydning for om det er mulig å redusere spredningen i trefuktighet etter tørking ved å sortere trelasten med hensyn til trefuktighet før tørking.

Generelt vil effekten av trefuktighet før tørking bli mindre og mindre jo lenger ned i trefuktighet trevirket tørkes. I litteraturen er det også ulike opplysninger med hensyn til hvor stor effekt dette har. Esping (1992) refererer til undersøkelser der det er funnet at inngående trefuktighet har tilnærmet ingen betydning for spredningen i trefuktighet etter tørking (tørking ned til et nivå på ca. 18 %), og at det derfor ikke lønner seg å sortere virket med hensyn til utgangsfuktighet for å redusere spredningen etter tørking. Dette begrunnes med at effekten som kan tilskrives variasjon i utgangsfuktighet, blir overskygget av andre faktorer som densitet, poreantall, harpiksinnhold etc.

Pang (2000) har imidlertid gjort undersøkelser på radiata-furu som har vokst på New Zealand. Her ble det gjort forsøk med å tørke kjerne- og yteved hver for seg og i blanding. Konklusjonen er at kjerne- og yteveden krever så ulik tørketid at det bidrar til en betydelig spredning i slutfuktigheten så lenge denne ligger over 10 %. Under dette nivået har forskjellen i utgangsfuktighet liten innvirkning.

Det er også viktig i denne sammenhengen å være klar over at én ting er hvilken betydning ulike nivåer i utgangsfuktigheten har for spredningen etter tørking dersom virket gjennomgår den samme tørkeprosessen. Et minst like viktig aspekt er muligheten for å "skreddersy" tørkeskjema dersom trelast med mye og lite kjerneved tørkes hver for seg. Dette vil innebære muligheter for å tilpasse tørkeskjema individuelt for de ulike virkestypene med hensyn til spenningsoppbygging og sprekkrisiko, evnen til å oppnå ønsket slutfuktighet, fuktighetsspredning og yteherdingsnivå.

1.2 Virkesegenskaper og høvlingskvalitet

Trevirkets iboende egenskaper har avgjørende betydning for hvilket råstoff som egner seg til å framstille høvlede treprodukter. De ulike egenskapene varierer mye med hensyn til plassering i trestammen, både i vertikal og horisontal retning, og derfor er det viktig å ta hensyn til dette ved utvelgelse av råstoff til disse

produktene. I denne undersøkelsen er det først og fremst kravene til innvendig panel som det er tatt utgangspunkt i.

Kvistmønsteret i trevirket har stor betydning for hvordan trevirket kan utnyttes til ulike formål. Gjennom et tres liv vil det dannes ulike soner i en stamme. Skjematisk kan dette beskrives slik: I de sentrale delene av stammen er kvisten frisk, mens lenger ut vil det bli en sone med svartkvist. Dersom treet vokser ytterligere, vil det bli en sone med kvistfri ved helt ytterst. Dette er mer utførlig beskrevet av Vestøl (1998) og Øien (1999). Disse sonene er det viktig å ta hensyn til ved valg av råstoff til ulike formål. Til høvlingsprodukter som innvendig panel skal det bare forekomme begrensede mengder svartkvist i materialene, så derfor må dette virket tas ut i friskkvistsonen.

En annen sentral virkesegenskap er ungdomsveden. Dette er en sone som danner de innerste 15-25 årringene i hele treet's lengderetning. Ungdomsveden har generelt større fiberhelling og mikrofibrillvinkel, noe som resulterer i større lengdekrymping og mer vridning i denne sonen, sammenlignet med normal modenved når trevirket tørkes. På bakgrunn av dette kan en forvente en betydelig forskjell med hensyn til om trelasten tas ut nær marginen eller lenger ut i tverrsnittet.

Forekomster av kvaelommer kan i en del tilfeller føre til en betydelig nedklassing ved framstilling av høvlede treprodukter. Fortsatt er det knyttet stor usikkerhet med hensyn til hva som er årsaken til at kvaelommene blir dannet og hvor i trestammen de forekommer hyppigst. En mer utførlig beskrivelse av dette er gitt av Temnerud (1997). For valg av råstoff til høvlingsformål er det av stor interesse å finne ut om det er enkelte soner av stammen som bør unngås for å redusere problemet med kvaelommer.

Som nevnt tidligere, har densiteten betydning for fuktighetstransporten i trevirket. Den har også betydning for andre forhold som for eksempel krymping. Krympingen i tverrsnittsretningene øker med økende densitet, mens det motsatte er tilfelle for lengdekrympingen.

Med utgangspunkt i disse forholdene, er det i dette prosjektet gjort målinger av ulike virkesegenskaper for å undersøke hvordan de varierer med hensyn til hvor i stammen trelasten er lokalisert. Dette vil igjen danne grunnlag for å optimalisere tørkeprosessen både med hensyn til virkesegenskaper og bruksområde, samt gi grunnlag for å si noe om hvor stor betydning høvlingsråstoffets plassering i stammen har for kvalitetsutfallet etter høvling. Dette vil være bestemmende for hvilken råstoffkvalitet det skal arbeides videre med når det gjelder å undersøke muligheten for å redusere sprekk i kvist under tørking.

2. Materiale og metoder

2.1 Tømmerråstoff

Skurforsøket ble gjennomført med virke av gran fra diameterklasse 24 cm topp. 60 stokker ble valgt ut på tømmeromta til Soknabruket, 30 rot- og 30 midtstokker av så ferskt tømmer som mulig (ikke vannlagret). Utvelgelsen var tilfeldig innen hver gruppe. Av hver stokk ble det tatt en tynn stammeskive for å bestemme årringbredde og kjernevedandel. Grensen for kjerneved ble satt ut fra en vurdering av fuktighetsforholdene i det ferske toppkappet. Denne grensen er ikke alltid tydelig, og kjernevevdiameter kan derfor være noe usikkert bestemt. Stokkene ble individuelt nummermerket, slik at hver stokk og hver planke kunne spores gjennomgående under hele forsøket. Hver stokk ble registrert på tømmer-sorteringsbanen. Her ble foruten lengde og diameter, også avsmaling, krok og tømmerkvalitet observert. En samlet oversikt over registreringene knyttet til tømmerråstoffet er gitt i tabell 1 og 2.

Tabell 1. Beskrivelse av registrerte og beregnede størrelser knyttet til tømmerråstoffet.

Description of observed and calculated values of the saw logs.

Symbol	Beskrivelse	Sammenheng
STYP	Stokktype	Rot = 1; Midt = 2
KRNRAD	Radius av kjerneved [mm] (målt fra marg)	målt på ferskt toppkapp
RADI	Stokkens radius (samme retning som KRNRAD)	do.
KRN_RR	Kjernevedens relative radielle lengde	=KRNRAD/RADI
AAR_25	Antall årringer i intervallet 2-5 cm fra marg	talt på stammeskive
AAR_58	Antall årringer i intervallet 5-8 cm fra marg	do.
SLENG	Stokklengde [cm]	fra tømmer-sortering
AVSM	Avsmaling topp-midt [mm/m]	do.
PILH	Pilhøyde	do.
SKVAL	Stokkens kvalitet (angitt av måler)	Prima = 2; Sekunda = 3

Tabell 2. Størrelse og spredning for tømmervariablene.
Description of the saw log sample.

Symbol	Enhet	Gjennomsnitt	Std.avvik	Min.verdi	Max.verdi
Rotstokker					
RADI	mm	124,7	8,5	110	150
KRNRAD	mm	84,2	14,0	56	107
KRN_RR	andel	0,68	0,10	0,44	0,86
AAR_25	antall	18,4	10,4	5	48
AAR_58	antall	21,9	9,6	9	44
SLENG	cm	477	48	372	560
AVSM	mm/m	7,8	3,7	1	18
PILH	mm	7,0	3,4	1	16
Midtstokker					
RADI	mm	121,2	7,1	110	135
KRNRAD	mm	77,0	15,6	46	97
KRN_RR	andel	0,64	0,13	0,37	0,84
AAR_25	antall	12,5	3,8	7	21
AAR_58	antall	15,1	4,3	7	24
SLENG	cm	480	49	377	548
AVSM	mm/m	10,9	4,2	3	21
PILH	mm	7,2	3,3	3	15

2.2 Skur

Tømmeret ble skåret med hensyn til å framstille panelråstoff med dimensjonen 44 mm x 125 mm. Det ble benyttet et 4xlog-uttak. Bare to av plankene i sentrumsuttaket ble benyttet videre i undersøkelsen, én innerplank og én ytterplank (naboplanker i stokken). Ingen kapping ble foretatt på råstoffet, og alle bitene ble strølagt i samme pakke uten noen sortering, også eventuelle utleggsbiter eller biter med vankant ble tatt med.

Til sammen ble det 120 planker som utgjorde forsøksmaterialet, fordelt på følgende måte:

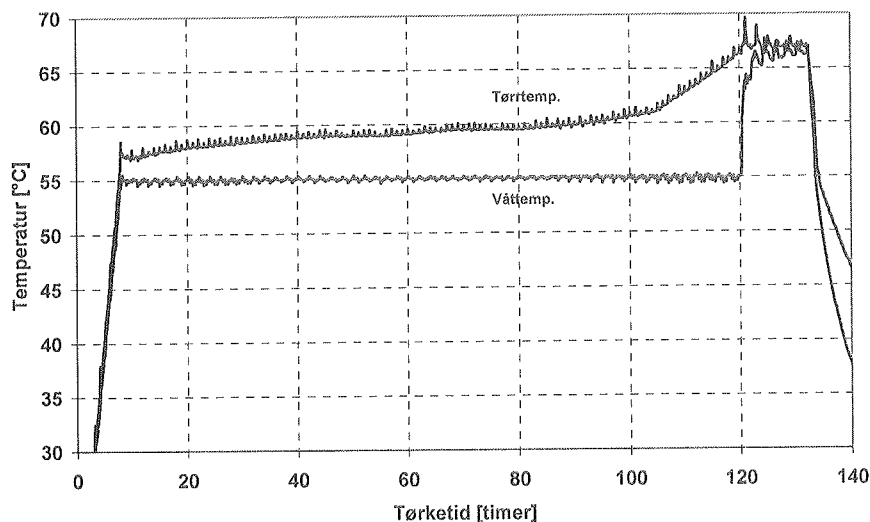
- rotstokk - innerplank: 30 stk.
- rotstokk - ytterplank: 30 stk.
- midtstokk - innerplank: 30 stk.
- midtstokk - ytterplank: 30 stk.

Ved at inner- og ytterplankene kommer parvis fra samme stokken, vil en få et godt grunnlag for å vurdere den horisontale variasjonen i virkesegenskapene.

2.3 Tørking

Forsøksmaterialet ble samlet i en pakke, som så ble fylt opp med annen trelast. Den ble tørket på ordinær måte, det vil si på samme måte som det Soknabruket gjør til vanlig for trelast som er beregnet til høvling. Et tørkeskjema med en våttemperatur på ca. 55-56 °C og tørretemperatur som økte opp til ca. 66-68 °C ved

slutten av tørkeprosessen, ble benyttet. Tørkeprosessen ble avsluttet med en kondisjonering i ca. 12 timer. Logget tørkeforløp er vist i figur 1. Ønsket slutfuktighet ble satt til 17 %.



Figur. 1. Logget tørkeforløp ved tørking av forskningsmaterialet.
Drying climate when drying the research material.

Under tørkingen ble pakken plassert som pakke nr. to nedenfra (fire pakker i rankehøyden) i en av de midtre rankene, dvs. at eventuelle kanteffekter unngås.

2.4 Registrering på trelast før og etter tørking

Trefuktigheten ble bestemt både før og etter tørking, både i plankenes topp- og rotende. Tørke-veie-metoden, der en tverrsnittskive med tykkelse på 1,5 cm ble tatt ut minimum 30 cm. inn fra plankeenden, ble benyttet. Trefuktigheten etter tørking ble målt ca. fire uker etter tørking, og derfor vil den målte spredningen i slutfuktighet være noe mindre enn om målingene ble utført rett etter at trelasten ble tatt ut fra tørken. I dette tidsrommet ble trelasten lagret på et akklimatisert lager som tilsvarer en likevektsfuktighet på ca. 12 %. Det var imidlertid tilnærmet utetemperatur under lagringsperioden, og derfor vil fuktighetsutjevningen i trelasten bli begrenset av den lave temperaturen som var gjeldende i dette tidsrommet. En slik lagringsperiode er antatt å være representativ med hensyn til tidsaspektet fra trelasten er ferdig tørket til den sendes ut til kundene ved ordinær produksjon.

Yteherding ble også målt både i rot- og toppenden av plankene etter tørking. Målingene ble utført i henhold til forslag fra EDG (1994). Den såkalte 2-kløyvemetoden ble brukt. Dette innebærer at tverrsnittskive med tykkelse på 1,5 cm tas minimum 30 cm. inn fra plankeenden. Lamellene lå til fuktighetsutjevning i fem døgn før gapet ble målt.

På et tilfeldig utvalg av 22 innerplanker og 22 ytterplanker (parplanker) ble lengdekrympingen målt. Det ble brukt et målebånd som gjorde det mulig å følge

overflaten av planken slik at eventuelle deformasjoner ikke får innvirkning. På grunn av små måleutslag før og etter tørking kombinert med den målemetoden som ble benyttet, vil imidlertid disse målingene være beheftet med en forholdsvis stor usikkerhet.

Vridningen ble målt i henhold til NS-INSTA 142 (NSF 1997), men med den forskjell at målet ble tatt over en lengde på tre meter. Målingen ble, som foreskrevet i standarden, utført på den delen av planken som hadde mest vridning.

Kvistbildet ble registrert ved å telle antall friske og sorte kvister større enn 7 mm over en seksjon på tre meter, på plankenes yteside. På samme seksjonen ble antall synlige kvaelommer registrert, også dette på plankenes yteside.

Det ble også tatt ut en tverrsnittskive av plankene (i plankenes rotende) for bestemmelse av densitet og årringbredde. Densiteten ble bestemt ved en trefuktighet på 12 % ved bruk av neddyppingsmetoden i vann. Årringbredden ble bestemt ut fra antall årringer i hele planketverrsnittet.

Tabell 3 viser en oversikt over observasjoner som er gjort på trelast før og etter tørking.

*Tabell 3. Observasjoner på fersk og tørr trelast.
Observations of green and dried timber.*

Symbol	Beskrivelse	Sammenheng
I hhv. Y	Indre hhv. ytre plank	
T hhv. R	Topp- hhv. rotende på planken	
UF	Fuktighet fersk [%]	=(UFIT+UFIR+UFYT+UFYR)/4 middel av topp og rot
UFI, UFY	Fuktighet fersk for hhv. indre og ytre plank [%]	
UT	Fuktighet tørr [%]	tilsvarende som UF
GAP	Gap pga. yteherding iht. EDG	middel av topp og rot, ytre og indre
KVA	Kvaelommer, antall på ytterside pr. 3 m	opptalt, spes. for ytre og indre
FRKV	Friske kvister, antall på ytterside pr. 3 m	do.
SVKV	Svarte/tørre kvister, antall på ytterside pr. 3 m	do.
VRI	Vridning [mm/3m]	do.
DENS	Basisdensitet [kg/m ³]	do.

2.5 Registreringer etter høvling

Etter fem ukers lagring i klosslagt pakke, ble forsøksmaterialet transportert til Bjertnæs Sag AS for høvling. Her ble trelasten kløyvd i tre bord og høvlet til skyggepanel med skråkant (dimensjon: 12 mm x 120 mm). Panelen ble sortert i kvalitetene *Natur*, *2./3.-sort* (som er en utleggskvalitet) og *Vrak*.

Under høvlingen ble alle planker og bord nummerert slik at hvert bord kan spores tilbake til aktuell planke, og inner-, midt- og ytterbord kan spores tilbake til samme planke, og dermed videre tilbake til tømmerstokk.

Andel panel i hver av de tre sorteringene ble registrert, og nedklassingsårsak for virket som ble sortert enten som 2./3.-sort eller vrak, ble registrert.

3. Resultater og diskusjon

3.1 Sammenheng mellom enkeltfaktorer

I tabell 4 er de lineære korrelasjonskoeffisientene (r-verdier) gitt for sammenhengen mellom de ulike variablene. Tabellen er fremkommet ved en enkel korrelasjonsberegning og gir en første indikasjon på hvor det kan være mulig å finne gode sammenhenger. Høyere tallverdier (i nærheten av ± 1) indikerer en nærmere sammenheng enn lave, men pga. dataenes sammensetning må det vises forsiktighet i tolkningen. Dette fordi det er koblet flere plankedata til hver enkelt stokk, og fordi det er benyttet enkelte kategoriske variable. Disse svakheter vil bli omgått i de analyser som senere skal gjøres.

Tabell 4. Lineære korrelasjonskoeffisienter (r-verdier) for sammenhengen mellom de ulike variablene.

Linear correlation coefficients (r-values) for the relation between the parameters.

	STYP	KRN_RR	AAR_25	AAR_58	AVSM	PILH	SKVAL	I_Y	UF	UT	GAP	KVA	FRKV	SVKV	VRI	DENS
STYP	-	-.17	-.36	-.42	.37	.03	-.03	-.00	.10	.03	.07	.04	.29	-.30	-.00	.02
KRN_RR	-.17	-	.32	.41	-.07	-.02	-.02	.00	-.50	-.24	-.21	.22	-.02	-.10	-.15	-.10
AAR_25	-.36	.32	-	.85	-.22	.13	.07	-.00	-.31	-.15	-.13	-.04	-.13	.15	.07	.26
AAR_58	-.42	.41	.85	-	-.11	.02	.06	-.00	-.36	-.10	-.17	-.02	-.13	.23	.03	.30
AVSM	.37	-.07	-.22	-.11	-	-.27	-.05	.00	-.03	-.17	-.04	.11	.45	-.24	.20	.06
PILH	.03	-.02	.13	.02	-.27	-	.45	-.00	-.02	-.11	.01	-.06	-.13	-.11	.07	-.18
SKVAL	-.03	-.02	.07	.06	-.05	.45	-	0.00	-.01	-.13	-.02	-.05	.03	-.10	.22	-.05
I_Y	-.00	.00	-.00	-.00	.00	-.00	0.00	-	.65	.33	.46	-.11	-.49	.29	-.23	.02
UF	.10	-.50	-.31	-.36	-.03	-.02	-.01	.65	-	.57	.57	-.19	-.34	.29	-.19	-.01
UT	.03	-.24	-.15	-.10	-.17	-.11	-.13	.33	.57	-	.54	-.13	-.22	.27	-.28	.38
GAP	.07	-.21	-.13	-.17	-.04	.01	-.02	.46	.57	.54	-	-.21	-.24	.17	-.17	.19
KVA	.04	.22	-.04	-.02	.11	-.06	-.05	-.11	-.19	-.13	-.21	-	.23	-.05	.09	.04
FRKV	.29	-.02	-.13	-.13	.45	-.13	.03	-.49	-.34	-.22	-.24	.23	-	-.45	.27	.03
SVKV	-.30	-.10	.15	.23	-.24	-.11	-.10	.29	.29	.27	.17	-.05	-.45	-	-.04	.13
VRI	-.00	-.15	.07	.03	.20	.07	.22	-.23	-.19	-.28	-.17	.09	.27	-.04	-	-.03
DENS	.02	-.10	.26	.30	.06	-.18	-.05	.02	-.01	.38	.19	.04	.03	.13	-.03	-

Variablene kan tenkes gruppert slik:

- Manuelle observasjoner på tømmer; stokktype, kjerneandel og antall årringer.
- Automatisk registrerte tømmerdata; avsmaling, pilhøyde og kvalitet angitt av måler.
- Data for skurmønster; planketype (I_Y - indre eller ytre plank).
- Data for fersk trelast; fersk fuktighet (UF - middel av topp- og rotende).
- Data for tørkekvalitet; trefukt etter tørking (UT - middel av topp og rot) og yteherding (GAP).
- Data for trekvalitet; antall kvaelommer, friske og svarte kvister, vridning og densitet.

De kriterier som nyttes til sortering av tømmer (avsmaling, pilhøyde osv.), har ikke hatt nevneverdig betydning for tørkeforløp eller tørkekvalitet. Andre kriterier som i dag kan registreres manuelt (antall årringer, kjernevedandel og densitet) vil kunne automatiseres ved utvikling av nytt teknisk utstyr. Disse kjennetegn viste seg å ha noe potensiale, slik at mye kjerneved og lav densitet indikerer noe raskere nedtørking. For vridning etter tørking er det slik at indre planker fra sekunda stokker har størst vridning.

Følgende faktorer henger nøye sammen pga. verkets fysiske oppbygging: Fersk plankefuktighet (UF) er høyere i ytre enn i indre planker, og høyere i stokker med liten kjerneandel (KRN_RR). Det vil derfor ikke være mulig å benytte mer enn én eller høyst to av disse faktorer samtidig i vår modellbygging. Det vil heller ikke være mulig å beregne hvilken faktor som er den "egentlige" eller "styrende" årsak til fuktvariasjon etter tørking, men en står fritt til å velge de som er lettest å registrere nøyaktig.

Sammenhengen mellom tømmerkriterier og trelastkvalitet kan også leses ut av tabellen, for eksempel at det er mer frisk kvist i stokker med stor avsmaling. Det understrekes at dette er en sekundær effekt av forsøket. Forsøket ble ikke lagt opp for å analysere slike forhold, idet dette er gjort i en lang rekke andre undersøkelser.

3.2 Trefuktighet

3.2.1 Før tørking

I tabell 5 er resultatene fra målingene av trefuktighet før tørking gitt. Bortsett fra i den grupperingen resultatene er delt opp i topp- og rotende for plankene, er verdiene basert på en gjennomsnittsverdi av topp- og rotende, altså en gjennomsnittsverdi for hver plank.

Som forventet viser resultatene at det er svært stor forskjell mellom innerplanker og ytterplanker når det gjelder trefuktighet før tørking, og det er ytterplankene av midtstokken som har den høyeste gjennomsnittsverdien. Av tabell 5 går det også fram at generelt sett er trefuktigheten høyere i plankenes toppende sammenlignet med rotende, spesielt for ytterplankene. Årsaken til dette er naturligvis at

kjernevedandelen vil bli større i rotenden enn i toppenden av plankene, og da spesielt ytterplankene, på grunn av stokkenes avsmaling.

*Tabell 5. Trefuktighet før tørking for ulike grupperinger av materialet.
Moisture content before drying for different categories of the research material.*

Gruppering			Gjn.sn. [%]	St.avv. [%]	Min. [%]	Maks. [%]	Ant.obs.
Hele materialet			58,0	27,3	31,6	147,4	120
Innerplank			40,3	10,0	31,6	81,9	60
Ytterplank			75,7	27,6	32,9	147,4	60
Rotstokk	Innerplank		40,3	9,0	31,6	74,7	30
	Ytterplank		70,3	30,9	32,9	147,4	30
Midtstokk	Innerplank		40,3	11,0	32,6	81,9	30
	Ytterplank		81,1	23,0	38,6	129,9	30
Rotstokk	Innerplank	Rotende	39,6	6,5	30,8	56,5	30
		Toppende	40,9	14,2	28,5	92,8	30
	Ytterplank	Rotende	56,9	28,4	32,7	150,3	30
		Toppende	83,7	37,5	33,2	153,4	30
Midtstokk	Innerplank	Rotende	38,8	16,8	31,9	124,8	30
		Toppende	41,7	11,9	32,2	73,4	30
	Ytterplank	Rotende	59,9	23,3	32,7	107,2	30
		Toppende	102,2	28,3	43,9	154,4	30

3.2.2 Etter tørking

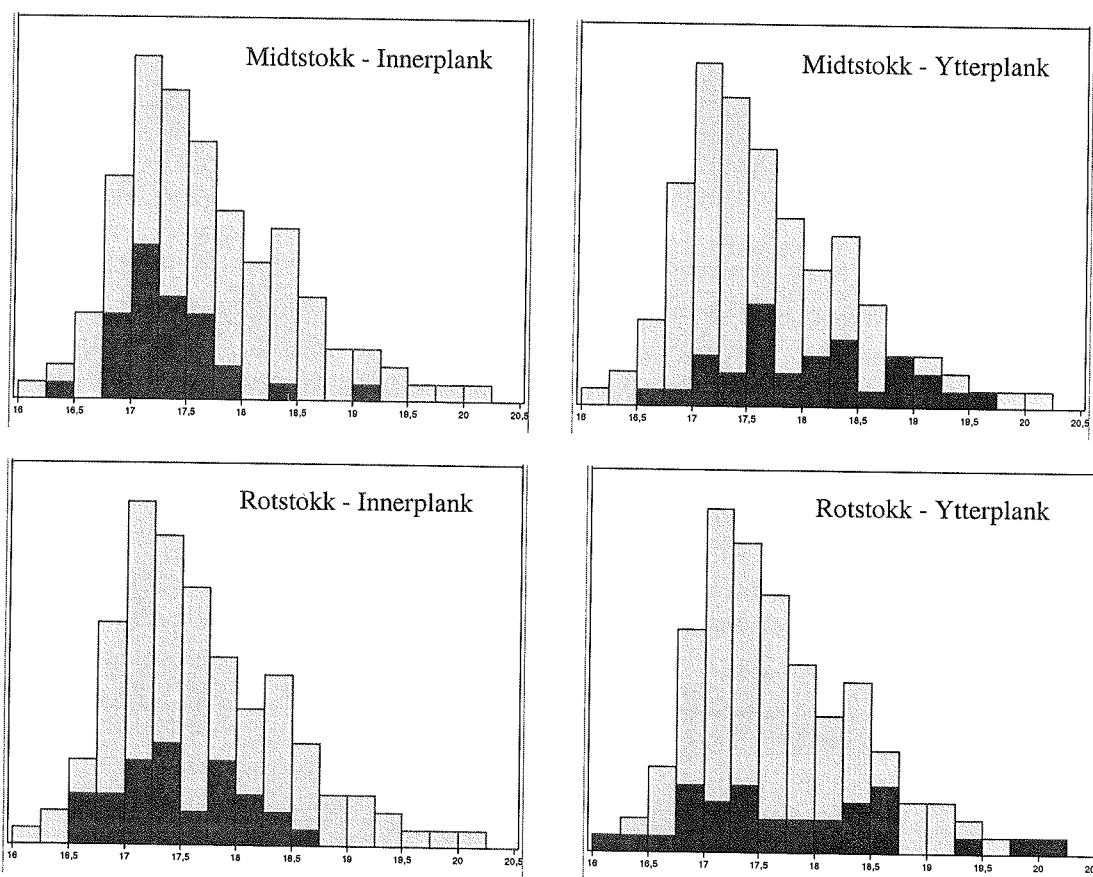
I tabell 6 er resultatene fra målingene av trefuktighet etter tørking gitt. Bortsett fra i den grupperingen resultatene er delt opp i topp- og rotende for plankene, er verdiene også her basert på en gjennomsnittsverdi av topp- og rotende.

*Tabell 6. Trefuktighet etter tørking for ulike grupperinger av materialet.
Moisture content after drying for different categories of the research material.*

Gruppering			Gjn.sn. [%]	St.avv. [%]	Min. [%]	Maks. [%]	Ant.obs.
Hele materialet			17,6	0,8	16,2	20,2	120
Innerplank			17,4	0,5	16,3	19,0	60
Ytterplank			17,9	0,9	16,2	20,2	60
Rotstokk	Innerplank		17,5	0,5	16,6	18,6	30
	Ytterplank		17,8	1,0	16,2	20,2	30
Midtstokk	Innerplank		17,3	0,5	16,3	19,0	30
	Ytterplank		18,0	0,8	16,7	19,6	30
Rotstokk	Innerplank	Rotende	17,6	0,9	16,3	20,1	30
		Toppende	17,4	0,6	16,5	18,9	30
	Ytterplank	Rotende	17,7	1,2	16,0	21,5	30
		Toppende	17,9	0,9	16,2	20,5	30
Midtstokk	Innerplank	Rotende	17,3	0,8	16,3	20,0	30
		Toppende	17,3	0,6	16,3	18,9	30
	Ytterplank	Rotende	17,9	1,0	16,3	19,9	30
		Toppende	18,1	0,7	16,8	19,3	30

Som tabell 6 viser, ligger gjennomsnittlig trefuktighet lavere i innerplanker sammenlignet med ytterplanker ^{a)}. Ellers er det verdt å merke at trefuktighet etter tørking viser lavere spredning enn det man vanligvis finner i en serie (Shahsavari *et al.* 1996, Tronstad 1998). Noe av årsaken til dette kan være at serien var begrenset til én pakke (dvs. alle planker med samme lokalisering i tørka), at prøvene kommer fra et begrenset råstoffparti, og at prøvematerialet ble lagret i en periode på 3-4 uker etter tørking før målingene ble tatt. Temperaturen var imidlertid jevnt over svært lav i dette tidsrommet (tilnærmet utetemperatur i en tre uker lang periode fra midten av desember til begynnelsen av januar).

I figur 2 er fuktighetsfordelingene for hele materialet og de ulike grupperingene vist. Det er gjennomsnittsverdier for rot- og toppende for hver plank som ligger bak beregningene.



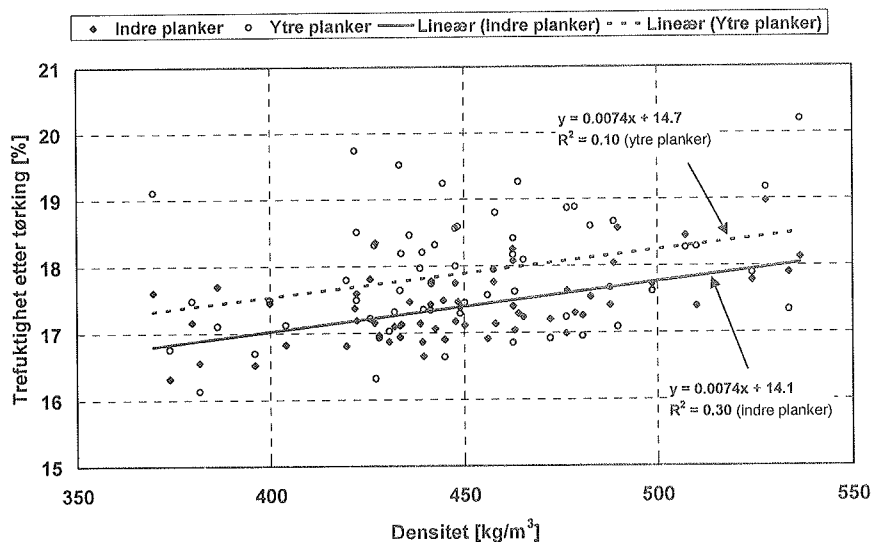
Figur 2. Fuktighetsfordeling for hele materialet (lys) og for hver gruppering (mørk).
Den horisontale aksene angir trefuktighet etter tørking.
The moisture content distribution of the research material (light) and for each category (dark).
The horizontal axis indicates the moisture content after drying.

^{a)} En toveis variansanalyse viser at denne forskjellen er signifikant ($F=19,8$, $\text{Prob}>F < 0,0001$, $DF=1-59$).

Figuren viser at det er en klar tendens til at spredningen innenfor hver gruppering er mindre sammenlignet for hele materialet, noe som indikerer at dersom inner- og ytterplanker tørkes hver for seg, er det enklere å oppnå liten spredning i trefuktighet etter tørking.

3.2.3 Trefuktighet etter tørking og andre variabler

Som beskrevet tidligere, er det forventet at densiteten, og til dels trefuktigheten før tørking, har betydning for trefuktigheten etter tørking. I figur 3 og 4 er sammenhengene mellom hver av disse variablene og trefuktighet etter tørking gitt.



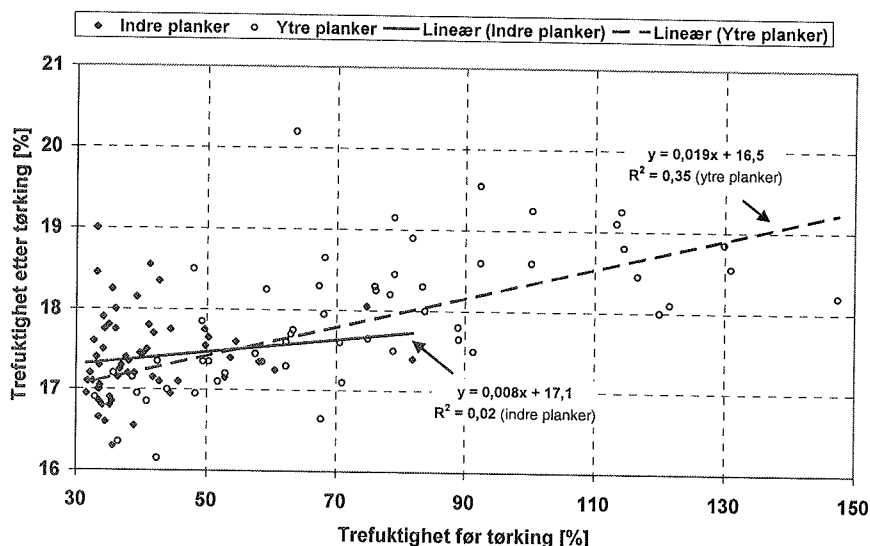
Figur 3. Sammenhengen mellom densitet (ved 12 % trefuktighet) og trefuktighet (gjennomsnitt av topp- og rotende), angitt separat for indre og ytre planker.

The relation between density (at 12 % moisture content) and moisture content, separately for inner and outer boards.

Figur 3 viser at trefuktigheten etter tørking øker med stigende densitet, både for ytter- og innerplanker. Korrelasjonskoeffisienten (r^2) er imidlertid ikke høyere enn henholdsvis 0,1^{b)} og 0,30^{c)}. Dette betyr at densiteten forklarer henholdsvis 10 % og 30 % av variasjonen i slutfuktighet i dette materialet.

^{b)} Sammenhengen er signifikant (F=6,9, Prob>F =0,011, DF=1-58)

^{c)} Sammenhengen er signifikant (F=24,5, Prob>F <0,0001, DF=1-58)



Figur 4. Sammenhengen mellom trefuktighet før og etter tørking (gjennomsnitt av topp- og rotende), angitt separat for indre og ytre planker.
The relation between moisture content before and after drying, separately for inner and outer boards.

Figur 4 viser at for ytterplankene er det en klar sammenheng mellom trefuktighet før og etter tørking, med en r^2 -verdi på 0,35^{d)}. For innerplankene er det ikke noen klar sammenheng mellom disse variablene.

En multipel regresjon der både densitet og trefuktighet før tørking inngår for å prediktere trefuktigheten etter tørking, gir en r^2 -verdi på 0,49. Modellen som er gitt i følgende formel, forklarer altså 49 % av variasjonen i spredningen i trefuktighet etter tørking.

$$\text{Trefukt. etter tørking [\%]} = 0,019 \cdot \text{Trefukt. før tørking [\%]} + 0,009 \cdot \text{Dens. (12\%)} \left[\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right] + 12,8$$

I beregningene er det valgt tilfeldig ut én planke pr. stakk for å unngå avhengighet mellom observasjonene i de statistiske beregningene. Utvalget er imidlertid gjort slik at rot- og midtstokker er representert med likt antall inner- og ytterplanker. Kryssproduktet mellom trefuktighet før tørking og densitet ga ikke noe signifikant bidrag til modellen.

Det er som oftest en viss sammenheng mellom årringbredde og densitet i trevirket ved at stigende årringbredde gir avtakende densitet. Dette, sammen med at det i praksis vil være lettere å tenke seg en eventuell sortering på årringbredde i stedet for densitet, gjør det interessant å se hvilken forklaringsgrad variasjonen i årringbredde gir med hensyn til variasjon i trefuktighet etter tørking. Resultatene viser imidlertid ikke noen klar sammenheng her. For innerplanker øker

^{d)} Sammenhengen er signifikant ($F=30,9$, $\text{Prob}>F < 0,0001$, $DF=1-58$)

trefuktigheten etter tørking med avtakende årringbredde, som forventet, mens det motsatte er tilfelle for ytterplanker og når registreringen av årringbredde er foretatt på stokknivå.

I materialet er det også funnet at ytterplanker med mange friske kvister har noe lavere trefuktighet etter tørking enn planker med lite kvist (forskjellen er ikke signifikant). Dette antas å henge sammen med kvistens tverrved, som kan tenkes å virke som en "veike". Ettersom fuktigheten er målt på kvistfri ved, er det bare "smitteeffekten" fra eventuelle nærliggende kvister som her er detektert. Det er imidlertid viktig å presisere at selv om det er en tendens til denne sammenhengen, er den ikke signifikant på 5 % nivå. For innerplanker er det ikke funnet noen slik tendens.

Tørre kvister har, som ventet, ingen effekt, eller effekten er overskygget av friske kvister. Friske og tørre kvister er negativt korrelerte, med flere tørrkvister i stokker med lite friskkvist og omvendt.

3.2.4 Praktiske sorteringsmodeller

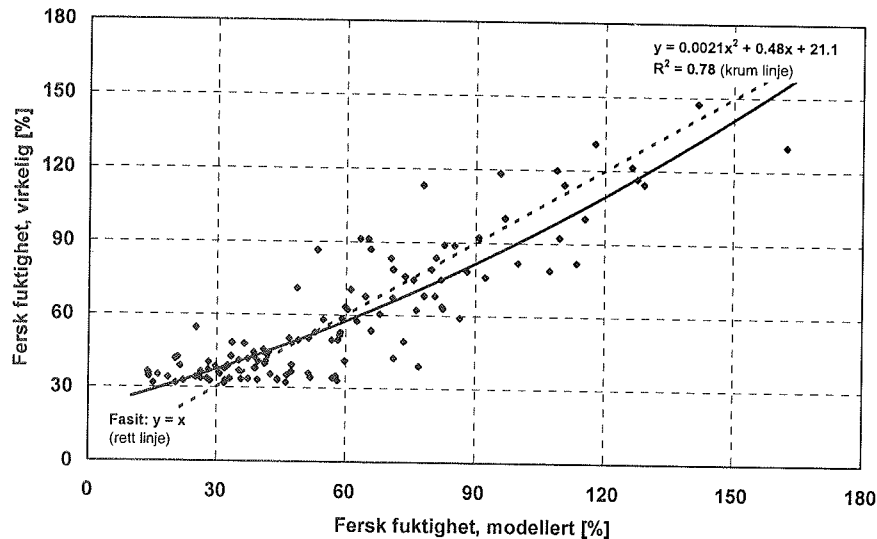
Spørsmålet blir om det er mulig å bruke de påviste sammenhengene i praksis med hensyn til å innføre mulige rutiner for å gruppere virkesråstoffet med tanke på tørkeforløp og slutfuktighet.

For det forsøket som her er gjennomført, viste det seg at sortering i indre og ytre planker ga stor effekt for fuktighet etter tørking (UT). For ytterplankene kan en ytterligere bedre forklaring oppnås dersom kjerneandel på tømmeret (KRN_RR) er kjent: Jo høyere kjerneandel, desto lavere slutfuktighet ved tilsvarende tørkeskjema (figur 6). For innerplanken er det ingen slik effekt, antagelig fordi den i alle fall hovedsakelig består av kjerneved med lavt fuktighetsnivå.

En annen lovende mulighet synes å være sortering direkte etter plankens fuktighet i fersk tilstand (UF). Det foreligger imidlertid ingen kjent teknologi som kan måle denne med tilfredsstillende nøyaktighet. Følgende fremgangsmåte skisseres derfor for å estimere UF:

- a) Hver planke veies på råsorteringen (brutto vekt)
- b) På råsorteringen finnes allerede plankevolum (alle brutto dimensjoner)
- c) Rå (fersk) densitet beregnes ut fra disse verdier
- d) Midlere verdier for basisdensitet benyttes
- e) Trefuktighet før tørking kan da beregnes

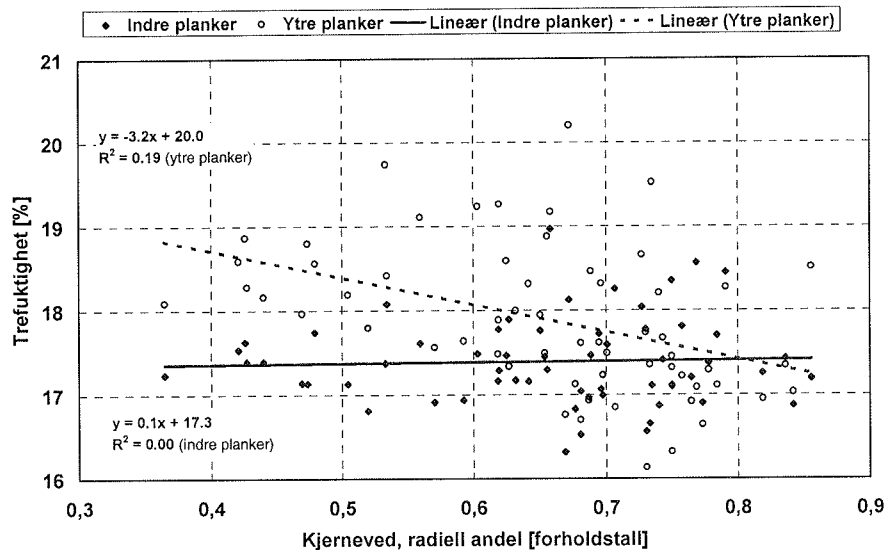
Ettersom trefuktigheten før tørking varierer svært mye mer (30-150 %, dvs. som 1:5) enn basisdensitet (300-600 kg/m³, dvs. som 1:2), vil det med en slik fremgangsmåte være mulig å få ut et estimat for trefuktighet før tørking, som så kan benyttes for å tilpasse tørkeprogrammet (se figur 5).



*Figur 5. Fersk trefuktighet (før tørking) kan i noen grad estimeres. Modellen forutsetter at plankens dimensjoner og vekt er kjent, og benytter en midlere densitet.
Green moisture content might be estimated, provided observation of the boards dimension and weight.*

Den lineære korrelasjonen mellom fersk og tørr fuktighet (UF og UT) er $r=0,57$, det vil si at høyst 32,5 % av variasjonen i UT kan forklares. Ved praktisk bruk vil bare en andel av dette kunne oppnås. Modellen kan tenkes forbedret ved at det gjøres sammenligninger mellom indre og ytre plank fra samme stokk. I en slik modell er det ingen tilleggseffekt av betydning ved å ta inn flere faktorer som kjernevedandel eller stokktype.

En tredje tenkelig modell fremkommer om man forutsetter kjent kjernevedandel. Selv om kommersielt utstyr for detektering ikke foreligger, har Gjerdrum (1998) beskrevet en metode med bruk av temperaturfølsom IR fotografering, som virker lovende. Tørkeprogrammet kan da tilpasses slik at ytterplanker fra stokker med lite kjerneved gis noe lenger tørketid, slik det fremkommer av figur 6.



Figur 6. Forholdet mellom kjernevedandel og trefuktighet (middel av topp- og rotende), angitt separat for indre og ytre planker.
The relation between heartwood (radial ratio) and moisture content, separately for inner and outer boards.

Det er grunn til å påpeke, slik det også fremgår av figurene, at den ikke-forklarte restvariasjonen er betydelig. Ingen av de indikerte grupperingsmodeller forklarer mer enn 25-30 % av variansen. Dette kan tolkes slik: Si at standardavviket for et parti uten gruppering er $s_{uten}=1,5$ %-enh. Standardavviket med gruppering blir da $s_{med}=\sqrt{[1,5^2 \cdot (1-0,3)]}=1,3$ %-enh. En klart signifikant lineær korrelasjonskoeffisient, som i dette tilfelle er $r=\sqrt{0,25}=\pm 0,5$, vil altså ha en begrenset praktisk betydning med hensyn til å redusere spredningen i trefuktighet etter tørking.

Som tidligere nevnt, ga sortering i indre og ytre planker en stor effekt for fuktighet etter tørking. En tenkelig modell er å utvide dette til å sortere både etter stokktype og planketype før tørking. Sortering av tømmer i grupper for å oppnå egnet råstoff for ulike trelast praktiseres ved flere bruk. På tømmerensiden er det testet ut følgende sorteringsmodeller:

- Rotstokk og andre stokker
- Prima og sekunda
- Avsmaling, tre grupper

For stokktype og innmålingskvalitet var det ingen effekt. Stokker med stor avsmaling fremviser lavere trefuktighet etter tørking, spesielt for ytterplankene. En mulig forklaring på dette kan være den større kvistmengde i disse stakkene. Som beskrevet tidligere, er det en viss tendens til at trefuktigheten etter tørking avtar med økende antall friske kvister for ytterplankene, selv om sammenhengen ikke er signifikant.

Ved å skille ytter- og innerplanker under tørkeprosessen er det forventet en klar gevinst når det gjelder å tilpasse tørkeprosessen til fuktighetsinnhold i trelasten før og etter tørking, og optimalisere tørkeprosessen ut fra de kravene som blir stilt

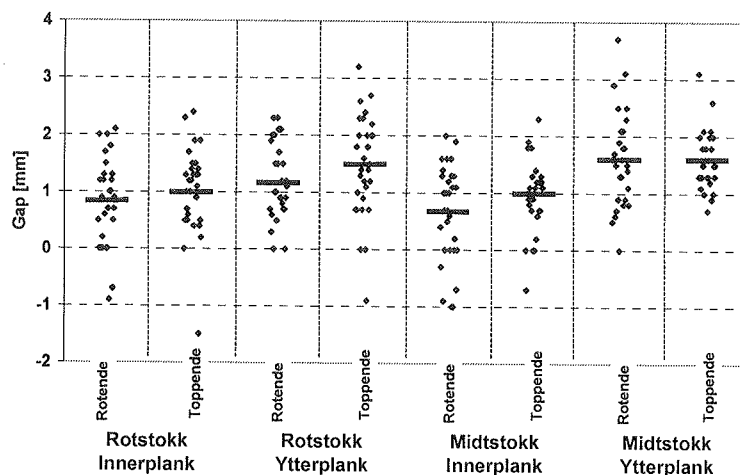
til de ulike trelastproduktene. Trefuktigheten i ytterplankene før tørking er generelt mye høyere enn i innerplankene, og ved tørking ned til trefuktigheter i området 15-18 % er det forventet at denne forskjellen i utgangsfuktighet har en viss innflytelse på trefuktigheten etter tørking. Resultatene i denne undersøkelsen viser da også at trefuktigheten i innerplankene er signifikant lavere enn i ytterplankene etter tørking.

Et annet og minst like viktig aspekt i denne sammenhengen er å ta hensyn til hvilket trelastprodukt de ulike delene av stammen og stokken er egnet for. I ytterplankene er det generelt en del forekomster av svartkvist, noe som gjør dette råstoffet mindre egnet som råstoff til høvlede produkter. Innerplankene er derimot bedre egnet til dette i og med at her er det for det meste friskkvistvirke. Dette innebærer at i tillegg til å ta hensyn til fuktighetsnivået i trevirket ved optimalisering av tørkeprosessen, kan det også tas hensyn til det bruksområdet trelasten skal brukes til. Innerplankene som skal være råstoff for høvlede produkter må blant annet kondisjoneres for å redusere/eliminere yteherdingen i og med at virket i de fleste tilfellene skal deles opp etter tørking. Ytterplanker som skal bli konstruksjonsvirke, og som i de fleste tilfeller ikke skal deles opp etter tørking, behøver ikke å gjennomgå en kondisjonering.

På denne måten kan tørkeprosessen optimaliseres både ut fra fuktighetsinnhold og bruksområde. I denne forbindelsen kan en tenke seg en enda finere inndeling enn bare ytter- og innerplanker, det vil si at det også kan være aktuelt å ta inn stokktype i grupperingen.

3.3 Yteherding

Figur 7 viser resultatene for måling av yteherding (uttrykt som gap ved 2-kløyvprøver).

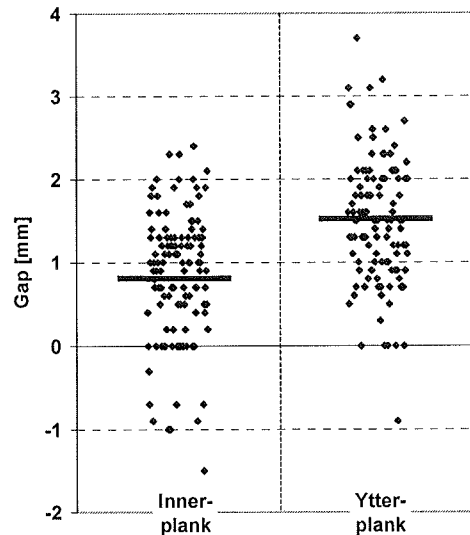


Figur 7. Yteherdingsnivå, uttrykt som gap, i ulike grupperinger av forsøksmaterialet. Gjennomsnittsverdier (linjer) sammen med enkeltobservasjoner.

The casehardening level expressed as gap for different timber categories. Mean values (lines) together with individual values.

Av figuren går det fram at det er en tendens til at yteherdingsnivået er høyere for ytterplank sammenlignet med innerplank, og høyere i plankenes toppende sammenlignet med rotende^{e)}.

Det forholdet som eventuelt har mest betydning i praksis er forskjellen mellom innerplanker og ytterplanker. Dette vil kunne ha betydning for tilpasning av nødvendig kondisjoneringstid for de ulike planketyper. Dersom verdiene i figur 7 kun grupperes etter planketype, det vil si inner- og ytterplanker, blir denne forskjellene mer tydeliggjort, noe som er vist i figur 8.



Figur 8. Yteherdingsnivå, uttrykt som gap, i inner- og ytterplanker.

Gjennomsnittsverdier (linjer) sammen med enkeltobservasjoner (observasjonene både i plankenes topp- og rotende er med i figuren).

The casehardening level, expressed as gap, in inner and outer boards. Mean values (lines) together with individual values (observations both from top-end and butt-end are included in the figure).

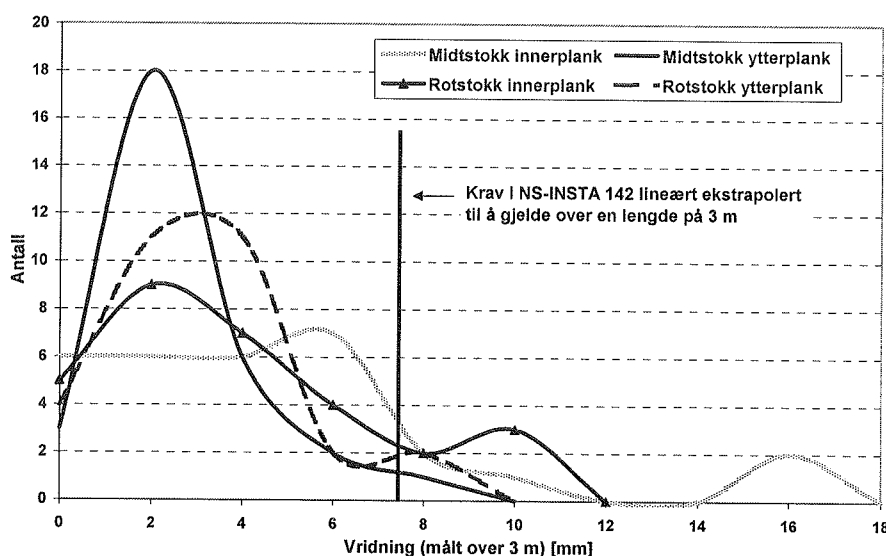
En av årsakene til denne forskjellen i yteherdingsnivå kan tenkes å være at fuktighetsinnholdet før tørking er betydelig høyere i ytterplankene sammenlignet med innerplankene. Dette fører til at ytterplankene kan få en større fuktighetsgradient i tverrsnittet under tørking sammenlignet med innerplankene, med tilhørende større spenningsoppbygging med høyere grad av yteherding som resultat. Dette forholdet kan også forklare hvorfor yteherdingsnivået viser en litt høyere verdi i plankenes toppende sammenlignet med rotenden. Et annet forhold som også kan ha betydning for forskjellen mellom inner- og ytterplanker, er at årringorientering i planketverrsnittet vil endre seg fra margin og ut mot barken. I ytterplankene vil den tangentielle krympingen gjøre seg mer gjeldene i trelastens bredderetning, med tilhørende større potensial for yteherding. På den annen side skulle en tro at dette forholdet også skulle gjøre seg gjeldende under

^{e)} En faktoriell variansanalyse der inner-/ytterplank og topp-/rotende er tatt med som faktorer, viser at forskjellene er signifikante for begge faktorene (henholdsvis $F=49,1$, $\text{Prob}>F < 0,0001$, $DF=1-177$ og $F=4,5$, $\text{Prob}>F=0,0358$, $DF=1-177$).

kondisjoneringen slik at det ytre yteherdede sjiktet ble utsatt for et større svellingstrykk i ytterplankene enn innerplankene med tilhørende bedre kondisjoneringseffekt. Det ser imidlertid ikke ut som denne effekten klarer å veie opp for hele forskjellen.

3.4 Vridning

Figur 9 viser resultatene fra vridningsmålingene. Verdiene gjelder for vridning over en lengde på tre meter. Kravet til vridning i den visuelle styrkesorteringsstandard NS-INSTA 142 (NSF 1997) er lineært ekstrapolert til å gjelde over en lengde på 3 m (opprinnelig over en lengde på 2 m i standarden), og er inntegnet som en pekepinn i figuren, selv om ikke alltid dette kravet er det rette å ta utgangspunkt i for ulike andre anvendelsesområder av trevirket.



Figur 9. Frekvensfordeling for vridning i de ulike planketypene. Som en pekepinn, er kravet i NS INSTA 142 lineært ekstrapolert til å gjelde over en lengde på 3 m og angitt i figuren.

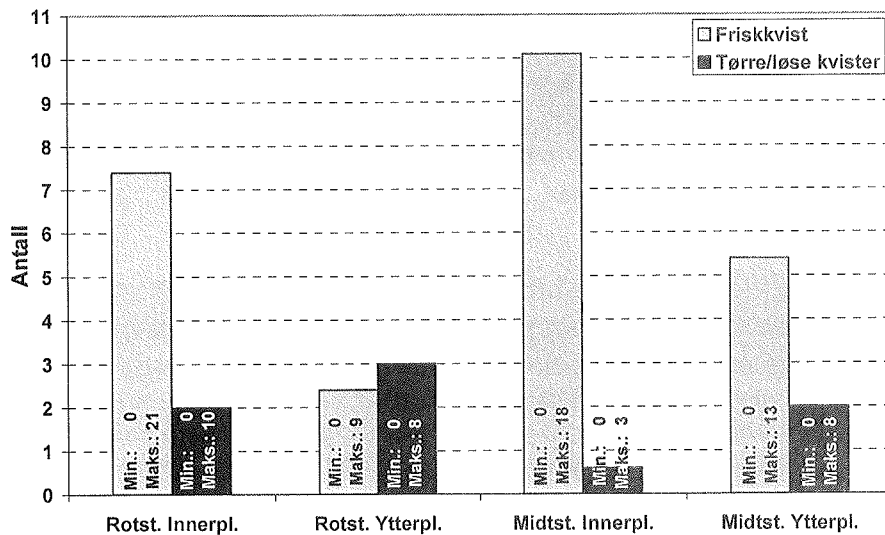
Frequency distribution of twist for the different timber categories. The requirement in the Nordic standard NS INSTA 142 is linear extrapolated to a length of 3 m and indicated in the figure.

Som forventet er vridningen mindre i ytterplankene enn i innerplankene⁹⁾. I utgangspunktet skulle en forvente større forskjeller i vridning mellom inner- og ytterplanker, men en del av denne forskjellen har med stor sannsynlighet blitt eliminert som følge av at forsøksmaterialet hadde betydelig press under tørkingen i og med at det var plassert i pakke nr. 2 nedenfra i ranke med totalt fire pakker i høyden. Erfaringer fra blant annet Teknologiringen Tørkeklubben (Tronstad 2001) viser at vridningen kan reduseres betydelig ved å øke belastning på virket under tørkeprosessen.

⁹⁾ En toveis variansanalyse viser at denne forskjellen er signifikant ($F=9,4$, $\text{Prob}>F=0,0032$, $DF=1-59$).

3.5 Kvist

I figur 10 er resultatene fra kvistregistreringen angitt. Ikke uventet viser figuren at forekomsten av tørre kvister er lavest i innerplanken fra midtstokkene, mens friskkvistforekomsten er høyest for denne planketypen. I ytterplanken fra rotstokk er det større forekomster av tørre kvister sammenlignet med friske. Dette resultatet avspeiler godt det generelle kvistbildet i en trestamme med en friskkvistsone inn mot marginen, og en svartkvistsone utenfor denne i nedre deler av stammen.

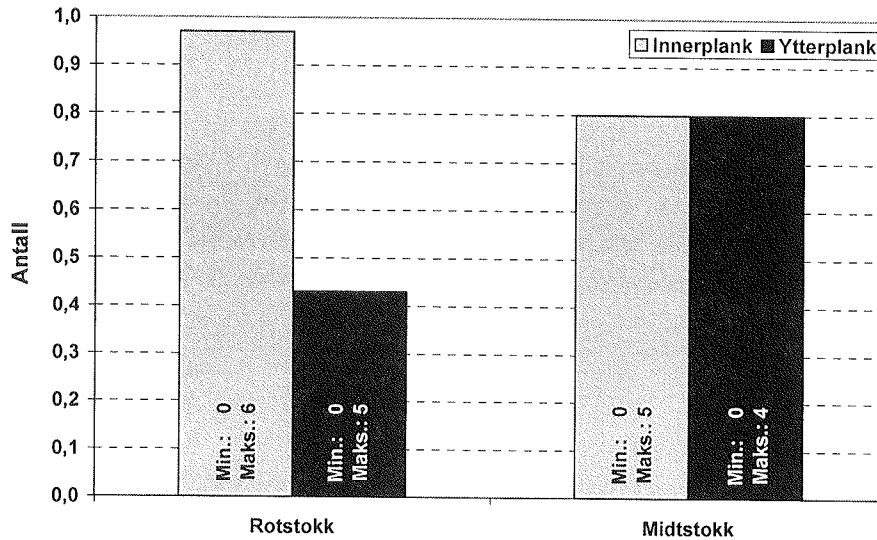


Figur 10. Antall kvist (diam. > 7 mm) over en seksjon på 3 m på plankenes yteside for de ulike planketypene. Søylene angir gjennomsnittsverdi, i tillegg er min. og maks. verdi angitt for hver gruppering.

Number of knots (diam.>7 mm) in a section of 3 m at the external face of the different timber categories. The columns give the mean values, and for each category the min. and max. value is given.

3.6 Kvaelommer

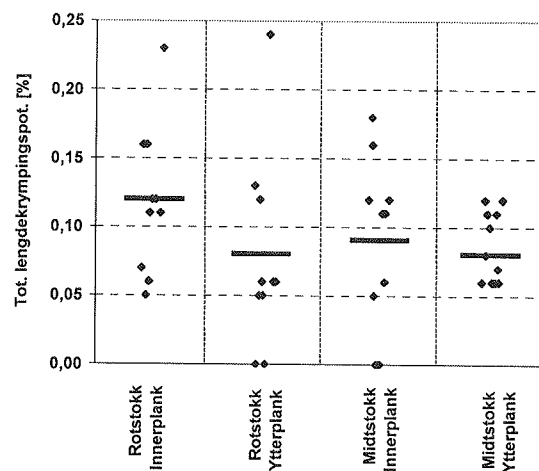
Figur 11 viser resultatene fra registreringen av antall kvaelommer. Det ble ikke funnet noen tydelig trend med hensyn til om det er mest kvaelommer i rot-/midtstokk eller inner-/ytterplanker. Selv om gjennomsnittsverdien er høyest og lavest for henholdsvis innerplanker og ytterplanker fra rotstokken, kan det ikke trekkes noen sikre konklusjoner ut fra dette.



Figur 11. Antall synlige kvaelommer over en seksjon på 3 m på plankenes yteside for de ulike planketyperne. Søylene angir gjennomsnittsverdi, i tillegg er min. og maks. verdi angitt for hver gruppering.
 Number of visible resin pockets in a section of 3 m at the external face of the different timber categories. The columns give the mean values, and for each category the min. and max. value is given.

3.7 Lengdekrymping

Figur 12 viser resultatene fra lengdekrympingsmålingene. For å få sammenlignbare verdier mellom plankene, er det totale lengdekrympingspotensialet beregnet, det vil si forventet krymping ved tørking fra rått virke og helt ned til 0 % trefuktighet. Det ble forutsatt at fibermetningspunktet ligger på 30 % trefuktighet i disse beregningene.

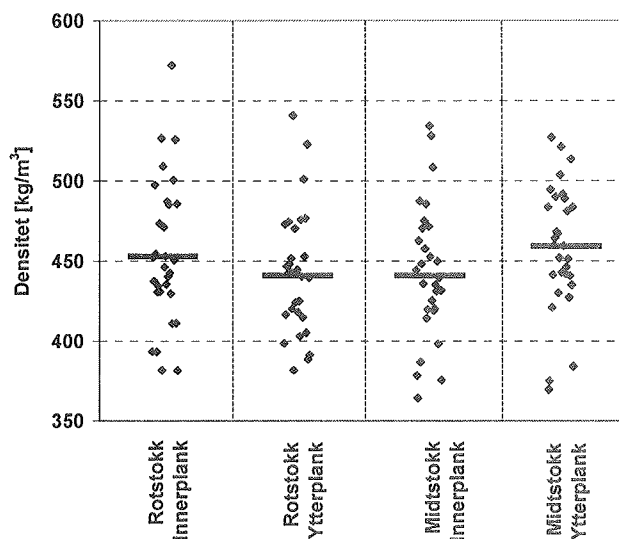


Figur 12. Totalt lengdekrympingspotensial for de ulike planketyperne. Gjennomsnittsverdier (linjer) sammen med enkeltobservasjoner.
 Total potential for longitudinal shrinkage for the different timber categories. Mean values (lines) together with individual values.

I og med at det er knyttet en del måleusikkerhet med disse registreringene, skal det vises forsiktighet ved tolkning av resultatene. Det er imidlertid en tendens til at lengdekrympingen er høyere for innerplankene enn ytterplankene, både for rot- og midtstokkene. Dette er som forventet i og med at innerplankene inneholder ungdomsvedsonen som generelt har en høy lengdekrymping.

3.8 Densitet og årringbredde (i trelast)

Densitet og årringbredde ble registret i rotenden av alle plankene. Figur 13 viser resultatene fra densitetsmålingene.

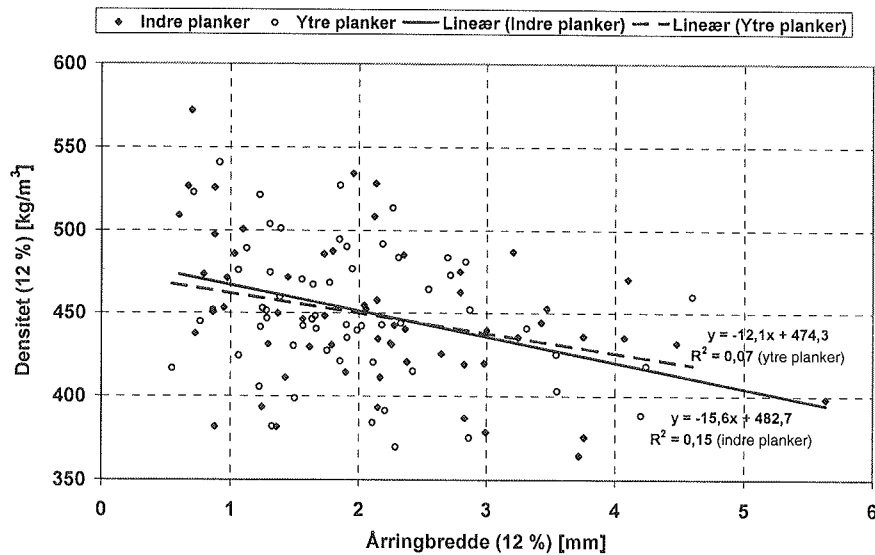


Figur 13. Densitetsverdier (ved 12 % trefuktighet) for de ulike planketyperne. Gjennomsnittsverdier (linjer) sammen med enkeltobservasjoner.
Density values (at 12 % moisture content) for the different timber categories.
Mean values (lines) together with individual values.

Densitetsverdiene viser ikke noen klare tendenser med hensyn til forskjeller mellom de ulike planketyperne. Spredningen i densitet i seg selv har større betydning enn forskjellen mellom de ulike grupperingene⁸⁾.

Årringbredden ble målt på de samme tverrsnittseksjonene som densiteten ble målt på. Det er av interesse å se hvilken sammenheng det er mellom årringbredde og densitet i og med at densitet er mye vanskeligere å måle. Dersom denne sammenhengen er god, kan årringbredden brukes for å estimere densitet. Tidligere undersøkelser viser imidlertid at årringbredden forklarer variasjonen i densitet i til dels begrenset grad, med typiske verdier for forklaringsgrad i området 0,2-0,4 (Eikenes 1991, Høibø 1991, Sandland 1996). Figur 14 viser sammenhengene som er funnet i denne undersøkelsen.

⁸⁾ Det er ikke signifikant forskjell mellom de ulike planketyperne når det gjelder densitet.



Figur 14. Sammenhengen mellom årringbredde og densitet (begge ved 12 % trefuktighet), angitt separat for indre og ytre planker.
 The relation between annual ring width and density (both at 12 % moisture content), separately for inner and outer boards.

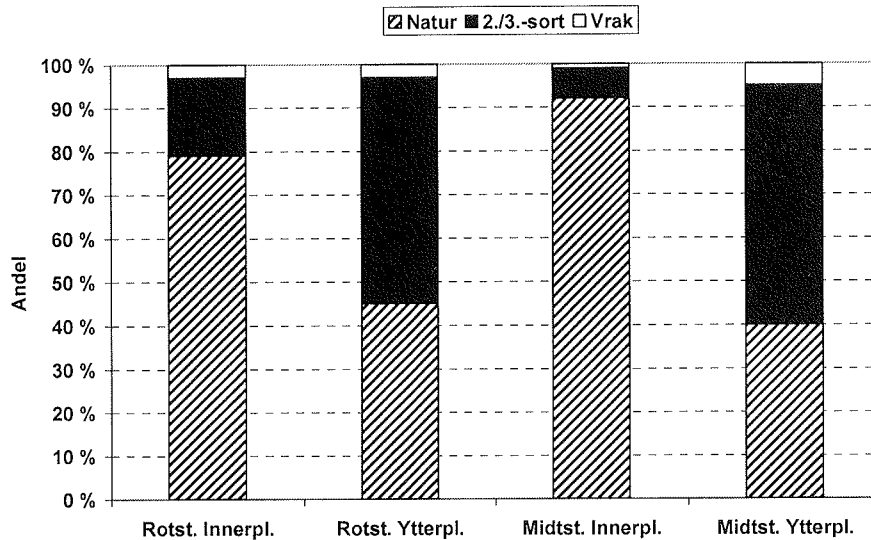
Det er en viss sammenheng mellom årringbredde og densitet, selv om forklaringsgraden er forholdsvis liten for dette materialet med r^2 -verdier på 0,07 og 0,15 for henholdsvis ytter- og innerplanker^{h)}.

3.9 Høvlingskvalitet

3.9.1 Kvalitetsfordeling

Kvalitetsfordelingen for panelbordene fra de ulike plankegrupperingene er vist i figur 15. Innenfor hver gruppe er det 30 planker som danner utgangspunktet. Hver planke ble delt i tre, slik at det er 90 panelbord for hver plankegruppe.

^{h)} Sammenhengene er signifikante får både ytterplanker ($F=4,5$, $\text{Prob}>F=0,039$, $DF=1-58$) og innerplanker ($F=10,4$, $\text{Prob}>F=0,002$, $DF=1-58$).

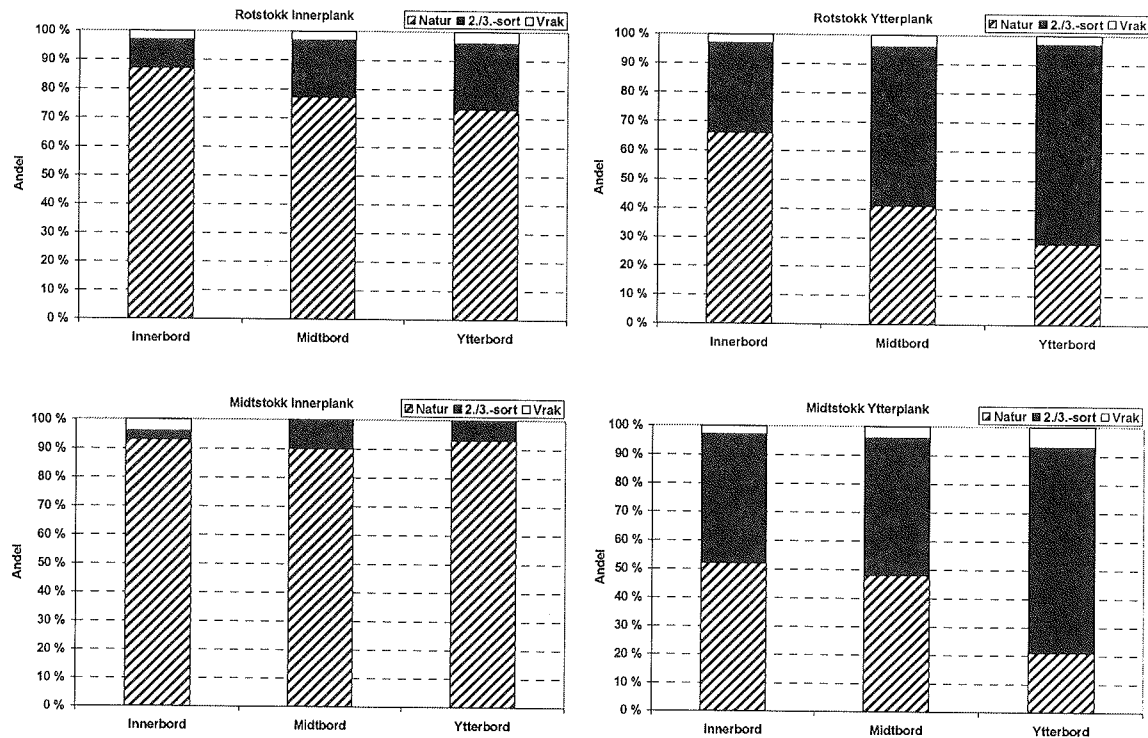


*Figur 15. Kvalitetsfordeling for panelbord fra ulike planketyper.
Quality distribution of the panel boards when resawing timber of different categories.*

Kvalitetsfordelingen er betydelig bedre for panelbordene som kommer fra innerplankene sammenlignet med panelbordene fra ytterplankene. Den beste kvalitetsfordelingen er å finne i panelbord fra innerplank av midtstokk.

Det er i tråd med det en kan forvente i og med at kvistbildet vil være nokså avgjørende for kvalitetsutfallet. Ytterplankene inneholder en mye større andel tørrkvist enn innerplankene, med tilhørende lavere kvalitetsutfall. Selv om bare innerplankene betraktes, vil det generelt sett være en noe større risiko for å få med tørrkvist i rotstokken sammenlignet med virke lenger opp i stammen. Likeledes er rotstokken ofte mer beheftet med en del uregelmessigheter i virket, som for eksempel tennar. Ut fra dette stemmer forsøkets resultat med forventningen om at det beste høvlingsråstoffet er å finne i innerplank fra midtstokker.

Kvalitetsutfallet kan videre deles opp i de ulike bordtypene, det vil si hvilken plassering de har hatt i plankene. Her benyttes begrepene "innerbord", "midtbord" og "ytterbord", der førstnevnte har vært plassert mot margsidene av planken, mens det sistnevnte har vært plassert mot ytesiden. Figur 16 viser kvalitetsfordelingen for de ulike bordtypene for hver av planketyperne.



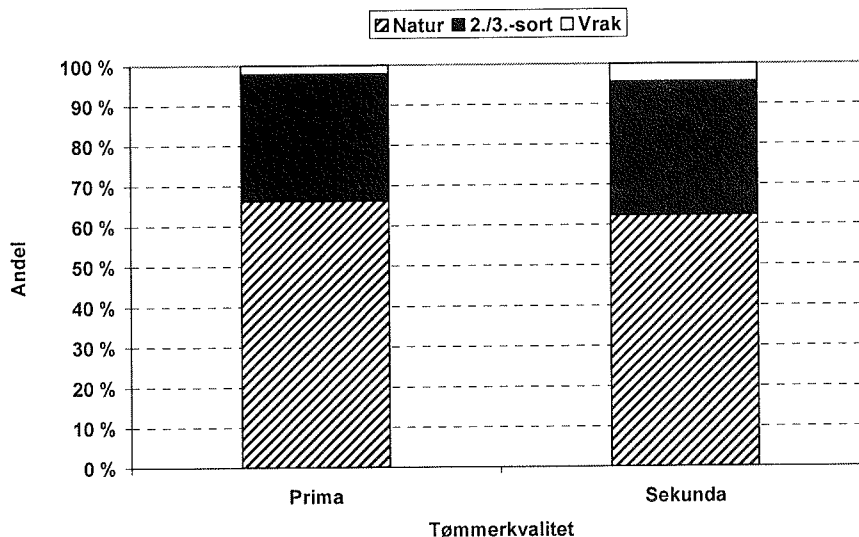
Figur 16. Kvalitetsfordeling for inner-, midt- og ytterbord fordelt på de ulike planketyperne.

Quality distribution of the inner, mid and outer panel boards when resawing timber of different categories.

Det er en generell trend til at jo lenger ut fra margin panelbordene er tatt, jo dårligere blir kvalitetsutfallet. For panelbordene fra innerplank av midtstokker er imidlertid kvalitetsforskjellen mellom inner-, midt- og ytterbord nesten ubetydelig i dette materialet.

At kvalitetsutfallet synker fra marg til bark er logisk ut fra at det generelle kvistbildet i en trestamme med friskkvist innerst og en tørrkvistsone som etter hvert dannes ut mot barken, først nede ved roten og deretter videre oppover i stammen etter hvert som treet kvistes naturlig opp. I tillegg vil størrelsen på kvisten øke fra margin og utover i tverrsnittet. Dette betyr at selv om virket er tatt ut i friskkvistsonen, vil økt avstand fra margin føre til større kvister i virket. Dette kan være uønsket i seg selv, men i tillegg vil det føre til større risiko for at det kan oppstå kvistutslag under høvling.

Ved utvelgelsen av forsøksmaterialet ble tømmeret klassifisert i kvalitetene prima og sekunda. Generelt sett skal det forventes et bedre kvalitetsutfall fra tømmer med primakvalitet sammenlignet med sekundakvalitet. I figur 17 er kvalitetsfordelingen for panelvirket vist for de to tømmerkvalitetene.



Figur 17. Sammenheng mellom tømmerkvalitet og panelkvalitet.
Relation between quality of saw logs and panel boards.

Samlet sett er det liten forskjell i kvalitetsutfallet for panelvirket fra de to tømmerkvalitetene. Dersom materialet deles opp i de ulike stukk- og planketyper, er det noe større forskjeller i enkelte av gruppene, men det er ikke noen klar og entydig forskjell. For innerplanker av rotstokker er "Natur"-andelen på 87,5 % for primakvalitet og 69,0 % for sekundakvalitet. For innerplanker av midtstokker er resultatet imidlertid motsatt med "Natur"-andeler på 88,2 % og 97,4 % for henholdsvis prima- og sekundakvalitet. Når det gjelder ytterplanker, er det i praksis ingen forskjell mellom prima- og sekundakvalitet når det gjelder "Natur"-andel for rotstokkene. For midtstokkene er det en litt høyere "Natur"-andel for primakvalitet sammenlignet med sekundakvalitet, med verdier på henholdsvis 43,1 % og 36,1 %.

Det burde forventes et betydelig bedre kvalitetsutfall fra tømmer med primakvalitet sammenlignet med sekundakvalitet, og et viktig spørsmål som reiser seg i denne sammenhengen er om det eksisterende systemet med inndeling i dagens prima- og sekundaklasser er effektivt nok med hensyn til å avspeile hvilket foredlingspotensial de ulike råstoffkvalitetene har. Det må imidlertid presiseres at resultatene i denne undersøkelsen er basert på et begrenset forsøksmateriale, uten gjentak, slik at det skal utvises forsiktighet ved tolkning av resultatene.

3.9.2 Nedklassingsårsaker

Tabell 7 viser hvordan nedklassingsårsakene fordelte seg for panelbord fra ulike planketyper. Resultatene er basert på antall panelbord som har blitt nedklassert på grunn av en gitt årsak. Dersom det er flere nedklassingsårsaker for samme bord, er alle registrert og tatt med i resultatene. Innenfor hver plankegruppe inngår det 30 planker der hver planke er delt i tre bord. Alle bordene er tatt med i framstillingen i tabell 7.

Tabell 7. Nedklassingsårsaker for panelbord fra ulike planketyper (angitt som antall panelbord som har blitt nedklasset på grunn av en gitt årsak). Causes for degrading panel boards resawn from different timber categories (given as number of panel boards that have been degraded due to a given reason).

Nedklassingsårsak	Rotstokk		Midtstokk		Sum
	Innerplank	Ytterplank	Innerplank	Ytterplank	
Friskkvist	0	3	0	4	7
Tørrkvist	6	27	0	7	40
Kvisthull	4	21	2	20	47
Utslag - friskkvist	3	6	2	21	32
Utslag - tørrkvist	2	9	2	6	19
Kvaelommer	0	3	1	4	8
Tennar	3	2	2	0	7
Høvlingsflate	0	0	0	4	4
Skade	3	3	1	2	9
Annet	3	4	2	2	11

For ytterplankene er forekomster av tørrkvist, kvisthull og høvlingsutslag dominerende nedklassingsårsaker. Det er verdt å merke seg at forekomst av friskkvist i seg selv fører til lite nedklassing, spesielt for panelbord fra innerplanker der dette ikke er registrert som nedklassingsårsak i det hele tatt. Høvlingsutslag i friskkvist har større betydning for panelbord fra ytterplanker enn fra innerplanker, noe som sannsynligvis henger sammen med at kvisten generelt sett øker i størrelse fra marginen og utover, samt at vinkelen mellom høvlingsverktøyet og kvist kan bli noe endret. Det er også verdt å merke seg at tørrkvist nesten ikke forekommer som nedklassingsårsak på panelbord fra innerplank av midtstokk.

Når det gjelder forskjellen i totalt antall nedklassingsårsaker mellom panelbord fra de ulike planketypene, avspeiler dette ikke annet enn den kvalitetsfordelingen som er vist i figur 15.

4. Konklusjoner

Forsøket er begrenset til ett skuruttak og til ett tørkeprogram, hvilket tilsier en tilbakeholdenhet mht. å generalisere mulige slutninger. Resultatene fra forsøket danner imidlertid et viktig grunnlag for å vurdere ulike måter å sortere trelasten før tørking med tanke på optimalisering av tørkeprosessen ut fra virkets iboende egenskaper og senere bruksområder, og hvilken nytteverdi en slik sortering eventuelt vil ha.

Ut fra forsøkets resultater foreslås det ulike modeller for sortering av virket før tørking med hensyn til å optimalisere tørkeprosessen. En av disse er å skille ytter- og innerplanker. Ved å gjøre dette, er det forventet en klar gevinst når det gjelder å tilpasse tørkeprosessen til fuktighetsinnhold i trelasten før og etter tørking, og optimalisere tørkeprosessen ut fra de kravene som blir stilt til de ulike trelastproduktene. Innerplanker har små, friske kvister og er et godt egnet høvlingsråstoff, mens ytterplankene har større kvister og mer svartkvist, og egner

seg derfor i mindre grad til panelproduksjon. På denne måten kan tørkeprosessen optimaliseres både ut fra fuktighetsinnhold og bruksområde. I denne forbindelsen kan en tenke seg en enda finere inndeling enn bare ytter- og innerplanker, det vil si at det også kan være aktuelt å ta inn stokktype i grupperingen.

En annen tenkelig angrepsvinkel er å sortere direkte etter plankens fuktighet i fersk tilstand. Problemet i denne sammenhengen er at det ikke foreligger noen kjent teknologi som kan måle denne med tilfredsstillende nøyaktighet. Derfor må den estimeres ut fra en kombinasjon av målte verdier og erfaringsverdier. Under forutsetning av at dette kan gjøres med en viss grad av nøyaktighet, er dette opplegget lovende med hensyn til å tilpasse tørkeprosessen til trevirkets fuktighetsinnhold. I denne sammenhengen kan det nevnes at en videre utvikling av instrumenter som kan detektere andel kjerneved automatisk i trelasten, er av stor interesse.

Resultatene fra forsøket er også viktige når det gjelder å fastslå betydningen av høvlingsråstoffets plassering i stammen med hensyn til kvalitetsutfallet etter høvling. Samlet sett viser forsøket at det beste kvalitetsutfallet for høvellast kan forventes i innerplanker av midtstokk. Dette er naturlig i og med at kvistbildet i stammen er dominerende i denne sammenhengen. Likevel var det viktig å verifisere dette gjennom et forsøk der sorteringen er gjort ut fra det som per i dag er mulig ved Soknabruket. På denne måten har en bestemt hvilken råstoffkvalitet det skal arbeides videre med når det gjelder å undersøke muligheten for å redusere sprekk i kvist ved tørking av høvlingsvirke av gran.

Referanser

- EDG 1994. EDG-Recommendation on Assessment of Drying Quality of Timber – pilot edition, European Drying Group.
- Eikenes, B. 1991. Egenskaper hos gran (*Picea abies* (L.) Karst.) fra Vestlandet målt på trelast i hele dimensjoner. Norges landbrukshøgskole, Inst. for skogfag, Ås.
- Esping, B. 1992. Trätorkning 1a, grunder i torkning. Träteknik, Stockholm. ISBN 91-88170-06-3.
- Gjerdrum, P. 1998: IR photographs for heartwood detection. I Proceedings from 3rd International Seminar/Workshop on Scanning Technology and Image Processing on Wood. Luleå University of Technology, Skellefteå Campus. ISSN 1402-1536.
- Høibø, O. A. 1991. Virkeskvaliteten til gran (*Picea abies* (L.) Karst.) plantet med forskjellig avstand. Doctor Scientiarum Theses 1991:13, Norges landbrukshøgskole, Ås. ISBN: 82-575-0141-7.

- NSF. 1997. NS-INSTA 142, Nordiske regler for visuell styrkesortering av trelast. Norges Standardiseringsforbund, Oslo.
- Pang, S. 2000. Drying of sapwood, heartwood and mixed sapwood and heartwood boards of *Pinus radiata*. Holz als Roh- und Werkstoff 58, 363-367.
- Sandland, K. M. 1996. Virkesegenskaper hos sitkagran fra Vestlandet. Rapport fra Skogforsk 5/96. NISK og NLH, Ås.
- Shahsavari, S og P. Gjerdrum. 1996: Variation in moisture content in spruce timber after extended storing at a sawmill. Norske Skog Teknikk rapp. 24-96.
- Temnerud, E. 1997. Formation and prediction of resin pockets in *Picea abies* (L.) Karst. Doctoral thesis – Swedish university of Agricultural Sciences, ISBN: 91-576-5310-0.
- Tronstad, S. 1998. Tørkekvalitet i trelastindustrien. Rapport 42, Norsk Treteknisk Institutt, Oslo.
- Tronstad, S. 2001. FoU-samarbeid innen tørking. Tørkeklubben. Artikkel i: Årsrapport 2000, Norsk Treteknisk Institutt, Oslo.
- Vestøl, G. I. 1998. Single-tree Models of Knot Properties in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Doctor Scientiarum Theses 1998:34, Norges landbrukshøgskole, Ås. ISSN: 0802-3220, ISBN: 82-575-0371-1.
- Øien, O. 1999. Wood Quality in Old Stands of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). Doctor Scientiarum Theses 1999:15, Norges landbrukshøgskole, Ås. ISSN: 0802-3220, ISBN: 82-575-0390-8.

Rapporter fra Norsk Treteknisk Institutt

1. Energisparing og energioptimering ved trelasttørking. Magnar Eikerol. 1981.
2. Oppvarming og rengjøring av skurtømmer før barking. Per Skogstad og Sverre Tronstad. 1982.
3. Betydningen av å kappe skurtømmeret etter kvalitet. Bjørn Lier. 1982.
4. NTI's simuleringsprogram for skur. Andreas Garnæs. 1982.
5. Metalldetektorer. Bjørn Lier. 1983.
6. Bruk av tre i svømmehaller. Håkon Bergsrud og Hans-Kristian Ellingsen. 1983.
7. Kvalitetskrav til skurlast av lauvtre. Bohumil Kucera. 1983.
8. Skurnøyaktighet ved råskur. Bjørn Lier og Magnar Müller. 1983.
9. Emneproduksjon. Markeder og produksjonsanlegg. Rolf Birkeland og John Rønningen. 1985.
10. Skurnøyaktighetsundersøkelser '86. Nye sirkelsagmaskiner - råskur med sagbladstyringer og tørrkløyving. Magnar Müller og John Rønningen. 1987.
11. Fingerskjøting av konstruksjonslast. Undersøkelser av forhold ved produksjon og styrke. Per Lind. 1987.
12. Skjærforhold i sagblad. Håkon Toverød. 1988.
13. MPS i trelastindustrien. Andreas Garnæs, Per R. Nordby og Håkon Toverød. 1988.
14. Trevirke. Prosjekt fasader - fornyet overflatebehandling. Redigert av Eirik Raknes. 1989.
15. Støydemping av sorterverk og internt transportutstyr. Samarbeidsprosjekt Odden Verksted A/S og NTI. Andreas Garnæs. 1992.
16. Arbeidsmiljø ved båndkløyve. Endring av avsug og demping av støy. Andreas Garnæs. 1992.
17. Tørking - trekvalitet. Resultater fra 4 tørkeforsøk. Sverre Tronstad. 1993.
18. Tørking av stolper. Resultater fra litt.studier, forsøk og økonomiske kalkyler vedr. kunstig tørking av stolper. Marie-Louise Edlund og Sverre Tronstad. 1993.
19. Nordisk samkalibrering av styrkesorteringsmaskiner. Kjell Solli. 1993.
20. Sammenliming av gulvbord ved lakking. Blocking tendency of floor seals. Eirik Raknes. 1993.
21. Metoder for destruksjon/deponering av avfall fra impregneringsindustrien. En litteraturstudie. Fred G. Evans. 1994.
22. Miljø ved produksjon og bruk av trykkimpregnert tre. Sluttrapport. Fred G. Evans. 1994.
23. Årringer som uttrykk for tømmerkvalitet. Wei Han og Håkon Toverød. 1994.
24. Måling av tømmerkvalitet. Seminarrapport. Wei Han. 1995.
25. Lysbeskyttende forbehandling av tre kombinert med klarlakk. Lightprotecting pretreatment of wood in combination with clear coatings. Eirik Raknes. 1995.
26. Styrkesortering ger mervärde. Del 1 - Spørreundersøkelse. Strength grading gives added value. Part 1 - Questionnaire. Kjell Helge Solli. 1995.
27. Miljøargumenter for nordisk trevirke og treprodukter. Environmental arguments for Nordic wood and wood products. Tore Opdal. 1995.
28. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner (sluttrapport). Long-term durability of structural adhesives for wood (final report). Eirik Raknes. 1995.
29. Tørking av bjørk. Per F. Jørgensen, KanEnergi AS. Sverre Tronstad og Asle Tengs, NTI. 1995.
30. Kvalitetsforbedringsprogram basert på avvikskostnadsoppfølging. Quality Improvement Program based on Poor Quality Cost Measurements. Rune Moen. 1996.

Rapporter (forts.)

31. Økt økonomisk skurutbytte.
Increased economic recovery in sawmills. Andreas Garnæs, Sindre Holøyen og Håkon Toverød. 1996.
32. Øket sideborduttak. Forprosjekt.
Kvalitet, utbyttepotensial, produksjonsmetoder og videreforedling. Sverre Tronstad. 1996.
33. Egenskaper hos de viktigste norske lauvtrær. Strength properties in major Norwegian hardwood species.
Bohumil Kucera, NISK og Håkon Helgerud Myhra, NTI. 1996.
34. Stress and strain in drying wood - a literature survey. Knut Magnar Sandland, NTI. 1996.
35. Tørkespenninger - kondisjonering. Bakgrunn, forsøk, metoder. Drying stresses - conditioning treatment.
Background, tests, methods. Av Sjur Fløtaker, Knut Magnar Sandland og Sverre Tronstad, NTI. 1996.
36. Egenskaper hos soppfarget lauvtrevirke. Properties in hardwood with white rot fungus.
Håkon Helgerud Myhra, NTI, Lone Ross Gobakken og Sverre Bjørn Holøs, Mycoteam, 1997.
37. Deklarasjon av treindustriens produkter. DTI, NTI, Träteck, VTT. 1997.
Hovedrapport og bilag til hovedrapport. Sammenfatning med miljødeklarasjoner.
Environmental declaration of products from the wood industry.
38. Endebeskyttelse av tømmer. End coating of logs. Håkon Helgerud Myhra og Knut Magnar Sandland, NTI, 1997.
39. Tørking av osp. Resultater fra 13 tørkeforsøk. Drying of aspen. Results from 13 drying tests.
Per F. Jørgensen, KanEnergi AS, Sverre Tronstad og Asle Tengs, NTI, 1998.
40. Klimastyrt tømmervanning. Climate controlled sprinkling of timber. Håkon Helgerud Myhra, NTI, 1998.
41. Avrenning fra tømmervanning. Waste water from timber sprinkling.
Håkon Helgerud Myhra, NTI og Elin Gjengedal, Norges Landbrukshøgskole, 1998.
42. Tørkekvalitet i trelastindustrien. Drying quality in the sawmill industry. Sverre Tronstad, NTI, 1998.
43. Småskala sagbruksvirksomhet i Norge. Small-scale sawmills in Norway.
Terje Apneseth, Lars Kleppe og Ole Helge Aalstad, NTI, 1999.
44. Utbytte ved maskinell styrkesortering av konstruksjonstrevirke i Norge. Yield from machine strength grading of
structural timber in Norway. Håkon Helgerud Myhra, NTI, 1999.
45. Bygningselementer av massivtre. Prefab units of solid wood. Tor Kristensen, NTI, 1999.
46. Sidebord - kvalitet og utbytte. Side boards - quality and sawing yield. Sverre Tronstad, NTI, 1999.
47. Description and initial test of 8 principles for in-kiln measuring and end-point control of
wood moisture content. IMCOPCO (task 2.1). Sjur Fløtaker and Sverre Tronstad, NTI, 2000.
48. Innleggingsnøyaktighet i sagmaskiner. Feeding accuracy into sawing machines. Audun Øvrum, NTI, 2001.
49. Virkesegenskapenes betydning for tørke- og høvlingskvalitet. The importance of wood properties concerning
quality of drying and planing. Knut Magnar Sandland (NTI), Peder Gjerdrum (Skogforsk) og Bjarne Hamar
(Moelven Soknabruket), 2001.

Tekniske småskrifter fra Norsk Treteknisk Institutt

20. Tabeller over statiske verdier for trelast. 1992.
21. Skadeinsekter i forarbeidet trevirke. 1967.
22. Endeskjøting av trelast. 1968.
23. Trebeskyttelse. Gustav S. Klem og Fred G. Evans. 1992.
24. Mekaniske treforbindelsesmidler. 1996.
25. Sagbruksavfall som industribrensel. 1974.
26. Tregulv - typer og egenskaper. Michael Foslie. 1976.
28. Sortererhåndboka. Kvalitetsforhold i trevirke. Michael Foslie. 1979. Revidert 1998.
29. ABC for fingerskjøting. Karl Mørkved. 1980.
30. Råteskader i bygninger. Årsaker - Forebyggende tiltak - Utbedring. Jöran Jermer og Carl Michael Johannesson. Oversatt av Fred G. Evans. 1982.
31. Impregnert trevirke. Bruksområder og egenskaper. Fred G. Evans. 1984.
32. Fuktavhengige dimensjonsforandringer i høvellast. Michael Foslie. 1989.
33. Treteknisk Håndbok 1991. Revidert 1999.

Utredninger fra Norsk Treteknisk Institutt

47. Kontroll og styring av trelasttørker. Trygve Raen og Sverre Tronstad. 1978.
48. Tørkeskjemaer for norske og utenlandske treslag. Trygve Raen og Sverre Tronstad. 1979.
49. Bjørk - Produksjon, egenskaper, bearbeiding og anvendelse. K. Vadla, N. Berg og M. Foslie. 1980.
50. Trekonstruksjoner. Eksempelsamling. 1988.

Meddelelser fra Norsk Treteknisk Institutt

1. Skurutbyttings variasjon med skurordre, tømmerdimensjon og avsmaling ved en moderne sirkelsag. Gustav S. Klem og Ole Karlsen. 1951.
2. Sammenliknende skurforsøk mellom sirkelsagblad med viggete og stukete tenner. Gustav S. Klem og Ole Karlsen. 1951.
3. En undersøkelse av skurnøyaktigheten ved forskjellige sagbrukstyper. Gustav S. Klem og Martin Seem. 1951.
4. Tannvinklenes innvirkning på kraftforbruket ved saging med og mot fibrene. Curt Skoglund og Gullik Hvamb. 1953.
5. En transportteknisk undersøkelse på stabeltomtene ved trelastbrukene. Utført ved Produksjonsteknisk Forskningsinstitutt etter oppdrag og i samarbeid med NTI. 1954.
6. Fuktighetsopptak i gulvbord under lagring på byggeplassen. Ole Karlsen. 1954.
7. Noen resultater fra undersøkelser over saging med og mot fibrene. Torstein Englesson, Gullik Hvamb og Bertil Thunell. 1954.
8. Skurnøyaktigheten ved våre viktigste sagbrukstyper. Gullik Hvamb. 1956.
9. Laminering av trykkimpregnert furu. Magnus M. Selbo og Ole Grønvold. 1956.
10. Fastmasse i stabet, kappet bakhon. Michael Foslie. 1957.
11. Undersøkelser over metoder for tørking av rå sagflis. Per Granlund. 1958.
12. Tørrekløyving med koniske sirkelsagblad. Lester H. Reineke og Gullik Hvamb. 1958.
13. Metode for beregning av pneumatiske tørkeanlegg basert på eksperimentelle undersøkelser med sagflis. Per Granlund. 1959.
14. Brikettering av bark og sagflis. H. Millstein og K. Mørkved. 1960.
15. Strength and Stiffness of Glued Laminated Timber Beams. Johannes Moe. 1961.
16. Fingerskjøting av furubord. Eirik Raknes. 1961.
17. A Study of Nail-Glued Timber Truss Joints. Johannes Moe. 1961.
18. Stability in Fire of Protected and Unprotected Glued Laminated Beams. K. Imaizumi. 1962.
19. The Mechanism of Failure of Wood in Bending. Johannes Moe. 1962.
20. Studier over stukete og viggete rammesagblad og skurnøyaktighet. M. Breznjak og G. Hvamb. 1962.
21. Liming av trykkimpregnert bøk. E. Raknes. 1962.
22. Forsøk med trykkimpregnering av skurlast av gran etter en spesiell metode. Per Hanetho. 1962.
23. Studier over skurnøyaktigheten ved båndagskur av frosset og ikke frosset virke. Rolf Birkeland og Gullik Hvamb. 1963.
24. Styrkeegenskapene hos furu (*Pinus sylvestris*) fra Pasvik og fra Østlandet. Michael Foslie. 1963.
25. Strength Properties and Testing Methods of Glued Finger Joints in Structural Timbers. O. Brynildsen. 1965.
26. Sammenligning av beregningsmetoder for enkle tretakstoler. O. Brynildsen. 1966.
27. Limte bjelkelagselementer. O. Brynildsen. 1966.
28. Varigheten av granvirke behandlet med forskjellige konserveringsmidler og under anvendelse av forskjellige konserveringsmetoder. Gustav S. Klem. 1966.
29. Slagbruddfasthet og kløvfasthet til furuvirke trykkimpregnert med et vannløselig saltkonserveringsmiddel. Gustav S. Klem. 1966.
30. Investigations on Sawing Accuracy for Big Bandsaw when Sawing Frozen and Unfrozen Logs with Different Feed Speeds and Different Swage Sizes. Rolf Birkeland. 1967.
31. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Eirik Raknes. 1968.
32. Fingerskjøting med resorcinlim ved høy trefuktighet. Eirik Raknes. 1967.
33. Norsk granvirkes styrkeegenskaper. 1. Bøyestyrke, elastisitetsmodul og strekkstyrke målt på 3" x 8" og 2" x 4". Michael Foslie og Knut Moen. 1968.
34. Resultatene av målinger av skurnøyaktigheten ved sirkelsagbruk og båndagsbruk. R. Birkeland. 1968.
35. Lagringsskader på ubarket skurtømmer og effekten av sprøyting med insekt- og soppdrepende midler. Gunnar Wilhelmsen og Michael Foslie. 1968.
36. Fingerskjøting av konstruksjonsvirke med høy trefuktighet. Eirik Raknes. 1969.
37. Fritt bærende tretakstoler. Odd Brynildsen og Rolf Schjødt. 1969.
38. Skur med stukete tenner på sirkelsagblad med høy matning pr. tann. M. Breznjak og Knut Moen. 1969.
39. Betydningen av sterk tilvekstøkning hos vanlig furu for trevirkets tørkeskader, høyefasthet og skjærfasthet. Gustav S. Klem. 1970.
40. On the Vibration of the Circular Saw Blade under Sawing Conditions. M. Breznjak og Knut Moen. 1970.
41. Fingerskjøting av "lufttør" trelast ved hjelp av høyfrekvensoppvarming. Eirik Raknes og Martin Seem. 1971.
42. Norsk granvirkes styrkeegenskaper. 3. Styrkeegenskaper for små, feilfrie prøver. Michael Foslie. 1971.

43. NTI's Trebjelkefasit. NTI. 1971.
44. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Eirik Raknes. 1972.
45. Norsk granvirkes styrkeegenskaper. 2. Bøyestyrkens og strekkstyrkens sammenheng med enkelte sorteringskriterier. Michael Foslie og Knut Moen. 1972.
46. On the Lateral Movement of the Bandsaw Blade under Various Sawing Conditions. M. Breznjak og K. Moen. 1972.
47. Korrosjon på metaller i kontakt med trykkimpregnert trevirke. Egil Ormstad. 1973.
48. Theory and Experiment on the Optimal Operation of Circular Saws. C.D. Mote, Jr. og Sindre Holøyen. 1973.
49. The Temperature Distribution in Circular Saws during Cutting. C.D. Mote, Jr. og Sindre Holøyen. 1973.
50. Saltakstoler. Asbj. Aass jr. og Odd Brynildsen. 1974.
51. Egenskaper til trevirke fra gjødslet gran- og furuskog. Gustav S. Klem. 1974.
52. Automatic setting of a twin circular saw. M. Breznjak, A. Garnæs, S. Holøyen og B. Lier. 1975.
53. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Resultater etter 10 års eksponering. Eirik Raknes. 1976.
54. Apparat for ikke-ødeleggende prøving av sponplater. K. Mørkved, S. Johannesen og E. Ormstad. 1976.
55. Sagbladstyringer. Sindre Holøyen. 1977.
56. Feedback control of sawblade temperature with inductionheating. C.D. Mote, Jr. og S. Holøyen. 1977.
57. Krokskur. M. Breznjak, B. Lier, M. Müller og A. Storm. 1977.
58. Småhusfundamenter av tre. Tore Haavaldsen. 1979.
59. Structural models for trussed rafters. O. Brynildsen. 1979.
60. Saw stability control by thermal tensioning. S. Holøyen, C.D. Mote, Jr. og G.S. Schajer. 1979.
61. Tverravstivning av bjelkelag. Jon Lundesgaard. 1980.
62. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Resultater etter 15 års eksponering. Eirik Raknes. 1981.
63. Oppbøying av takstoler. N. Mjøs og O. Ellingsrud. 1982.
64. Temperaturspenninger og sideutbøying på enkeltkoniske sirkelsagblad. Sindre Holøyen. 1982.
65. Hydrodynamic sector bearings as circular saw guides. C. D. Mote, Jr., G.S. Schajer og L.I. Telle. 1982.
66. Målesystem for vurdering av kantingsoperasjoner. 1983. I. Sandqvist, K.O. Sommardahl, L.I. Telle og A. Usenius.
67. Usymmetriske sirkelsagblad. Sindre Holøyen. 1983.
68. Korrosjon på metaller. Fred G. Evans. 1984.
69. Gran og sitka innplantet på Vestlandet. M. Foslie. 1985.
70. Usymmetriske sirkelsagblad. Del II. S. Holøyen. 1985.
71. Sawing Accuracy at Norwegian Bandsaw Mills. Nobuaki Hattori. 1986.
72. Konstruksjonsvirke med små tverrsnitt. 1986. Kjell Solli og Reinhard Lackner.
73. Langtidsbestandighet av lim for bærende trekonstruksjoner. Resultater etter 22 års eksponering. E. Raknes. 1987.
74. Gran fra Vestlandet. Styrke og sortering. R. Lackner og M. Foslie. 1988.
75. Lysbeskyttende forbehandling av tre. E. Raknes. 1988.
76. Belastningstidens innflytelse på strekkfasthet for konstruksjonsvirke i dimensjon 45 x 145 mm. R. Lackner. 1990.
77. The performance of glued laminated beams manufactured from machine stress graded norwegian spruce. R.H. Falk, K.H. Solli og E. Aasheim. 1992.

For bestilling av publikasjoner fra NTI, se våre websider: www.treteknisk.no

