

Forbedring av høvlingskvalitet gjennom modifisering av høvlingsverktøy

Improvement of planing quality through modification of planing tools

Saksbehandler: Sindre Holøyen, Treteknisk
Dato: 2003-08-25
Oppdragsgiver: Bjertnæs Sag AS, Ilebrekke Industrier AS
og Kvarnstrands Verktøy
Prosjektnr.: 380131/380141

Sammendrag

Ved framstilling av høvlede treprodukter er både trevirkets beskaffenhet og produksjonsprosessen avgjørende for å oppnå den ønskede kvaliteten på produktet. Et sentralt forhold når det gjelder skader som oppstår under høvling, er kvistutslag og oppriving av ved i forbindelse med kvist. Dette er spesielt kritisk ved utfresing av not og fjær på panelets kantside, der spesielt overleppa i nota er utsatt.

Prosjektbedriftene har vært to høvlerier og verktøyfabrikanten Kvarnstrands Verktøy. Opplegget for prosjektet var at høvleriene skulle skaffe til veie høvlingsvirke og utføre sammenliknbare høvlingsforsøk med verktøy fremskaffet av Kvarnstrands, og at Treteknisk skulle registrere høvlingsfeil og utføre en statistisk analyse av resultatene.

Ved sortering i produksjonslinjen var tendensen at det nye verktøyet ga litt færre nedslag på grunn av produksjonsskader på notsiden, mens fjærsideresultatene er mer uklare. Overgangen fra tradisjonell notfres til notfres m/sagblad har gitt en mye renere og glattere not.

Utslag i kvist og utriving i fiberforstyrrelser skulle gi objektive, målbare data for en kvalitetsgradering av verktøysettene, men alle resultat har dessverre ikke vært like ensartede. Bruk av samme verktøy med endret betegnelse i to serier har imidlertid avslørt at kvaliteten på høvlingsvirket må ha hatt avgjørende innvirkning, til tross for at det i prosjektets oppleggsfase ble gjort store anstrengelser for å få kvalitativt like virkesserier.

Prosjektbedriftene ble bedt om å følge opp standtidene til verktøyene. De dataene som en har fått inn i prosjektavslutningen angående endelige standtider (ikke komplette opplysninger), viser at de fleste nye "Homogen"-fresene gir betydelig lengre standtid enn det gamle verktøyet.

Stikkord: Høvling, verktøy, panelkvalitet
Keywords: Planing, tools, panel quality

Summary

The quality of planed wood products depends both on the wood quality and the tools used in the production process. An important aspect is damages in and nearby knots, where the edges in the groove and tongue are critical, especially the upper lip of the groove.

The project participants have been two producers of planed panel boards and the planing tool manufacturer Kvarnstrands Verktøy. Treteknisk has lead the project, and performed the registration and analysis.

At grading in the production process, the tendency was that the new planing tools resulted in some less degrading caused by damages on the groove side, but the results on the tongue side are more diffuse. The change to use a groove cutter with a saw blade included, has improved the quality of the groove considerably.

Concerning the measurements of damages in knots and fibres, the results has not been consistent. This can presumably be attributed to variations in the wood quality between the test series.

The panel producers have also done some registrations concerning how long the tool can operate before it has to be sharpened. It seems that this aspect has been improved considerably in the new tools.

Forord

Prosjektet er gjennomført som et TEFT-prosjekt. Formålet med prosjektet er gjennom forsøk med ulike høvlingsverktøy og verktøykonfigurasjoner å forbedre høvlingskvaliteten, slik at økt utbytte ved produksjon av høvellast kan oppnås. Målet er å tilpasse høvlingsverktøyet til virkestilstand og -beskaffenhet, slik at overflaten på de høvlede produktene er av tilfredsstillende kvalitet, samtidig som omfanget av utslag (hovedsakelig innen kvist og fiberforstyrrelser) ved høvling av granvirke reduseres.

Ilebrekke Industrier AS, Bjertnæs Sag AS, Kvarnstrands Verktøy og Treteknisk har samarbeidet om prosjektarbeidet. Prosjektet er finansiert av TEFT (et program i regi av Norges forskningsråd) sammen med deltakende bedrifter. Herved takkes alle som har bidratt til gjennomføringen av prosjektarbeidet.

Innhold

Sammendrag.....	3
Summary	4
Forord	5
1. Innledning.....	8
2. Materiale og metoder	9
2.1. Høvlingsvirket.....	9
2.2. Data for bedriftenes høvelmaskiner	11
2.3. Høvelverktøyet.....	11
2.4. Oversikt over tester.....	12
3. Resultater	15
3.1. Sorterer i produksjonslinjen	15
3.2. Høvlingsfinish	19
3.3. Beskrivelse av målbare feil på not- og fjærside	23
3.4. Statistikk	29
3.5. Notsiden	29
3.6. Fjærsiden	36
3.7. Friskkvist.....	42
3.8. Leverandørforskjeller mht. høvlingsråstoffet.....	43
4. Diskusjon.....	45
4.1. Sortering i produksjonslinjen	45
4.2. Høvlingsfinish	45
4.2.1. Prosjektdeltakernes bedømmelse	45
4.2.2. Treteknisk sin bedømmelse.....	45
4.3. Utslag i kvist	45
4.4. Fiberutrivinger.....	46
4.5. Leverandørforskjeller	46
4.6. Verktøyfaktorene og høvlingskvaliteten	46
4.7. Standtider	48
5. Konklusjon.....	49

1. Innledning

Ved framstilling av høvlede treprodukter er både trevirkets beskaffenhet og produksjonsprosessen avgjørende for å oppnå den ønskede kvaliteten på produktet. Selv om en klarer å framskaffe optimalt råstoff ut fra virkets iboende egenskaper, vil produksjonsprosessen i seg selv kunne gi skader som resulterer i tapt utbytte som en følge av nødvendig utsortering.

Et sentralt forhold når det gjelder skader som oppstår under høvling, er kvistutslag og oppriving av ved i forbindelse med kvist. Med kvistutslag menes det at deler av eller bortimot hele kvisten blir slått ut under høvlingsprosessen. Dette er spesielt kritisk ved utfresing av not og fjær på panelets kantside, der spesielt overleppa i nota er utsatt, i og med at her blir utslagene også godt synlige på en ferdig montert panel. I mange tilfeller er slike skader den eneste grunnen til at virket må utsorteres, eller sagt på en annen måte; dersom dette problemet hadde blitt redusert, ville utbyttet steget betraktelig.

Omfanget av høvlingskader er et resultat av samspillet mellom trevirkets iboende egenskaper, virkestilstand og høvlingsverktøyet som benyttes. Det er en kjent sak at granvirket er mye mer utsatt enn furuvirket for å få utslag i kvist under høvling, blant annet fordi grankvist krymper og sprekker mer under tørkeprosessen. Likeledes vil trefuktigheten i virket ha stor betydning, spesielt for granvirke. Ved de fleste høvlerier som produserer granpanel, blir trevirket høvlet ved en trefuktighet på 16-18 %, til tross for at likevektsfuktigheten innendørs i oppvarmede bygninger ligger i området 6-12 % gjennom året. Erfaringer viser ellers at dagens produksjon jevnt over har en stor andel utsortering på grunn av høvlingsfeil.

Prosjektbedriftene består av to høvlerier, heretter kalt Bedrift X og Bedrift Y, og av verktøyfabrikanten Kvarnstrands Verktøy. Begge høvleriene har panelproduksjon som hovedaktivitet, men de er også aktive i utvikling og markedsføring av sluttbrukertilpassede produkter. Bedriften Kvarnstrands er en betydelig leverandør av kuttere og freser.

2. Materiale og metoder

Metoden for prosjektet var at høvleriene skulle skaffe til veie høvlingsvirke og utføre sammenliknbare høvlingsforsøk med verktøy fremskaffet av Kvarnstrands, og at Treteknisk skulle registrere høvlingsfeil og utføre en statistisk analyse av resultatene.

2.1. Høvlingsvirket

Bedriftene har selv valgt ut pakkene med høvlingsplanker (50 mm x 150 mm) som har inngått i forsøk og langtidsoppfølging. Det nødvendige antall planker ved hver bedrift for tørrekløving til forsøksbord, har fått litt spesiell behandling. Disse plankene ble klosslagt, pakket i plast og oppbevart slik i 2-3 måneders tid for innbyrdes utjevning av fuktigheten. Plasten ble først fjernet da plankene skulle kløyves til bord (3 stk./planke) som umiddelbart ble høvlet til 13 mm tykk panel. Trelastfuktigheten fra Bedrift X skulle være rundt 17 %, mens plankene fra Bedrift Y skulle være på ca. 14 % (se tabell 1). Den større fuktighetsvariasjonen i virkesbitene ved Bedrift X skyldes at trelasten var fra tre forskjellige sagbruk (trelasten fra de ulike trelastleverandørene ble imidlertid mikset likt innen hver av seriene). Virkesbitene ved Bedrift Y var derimot fra samme tørkesats på ett sagbruk.

Tabell 1. Middelværdi og standardavvik for trefuktighet for plankene i prøveseriene (målinger utført med elektrisk fuktighetsmåler av resistanstypen).

Høvleri	Bedrift X				Bedrift Y		
	1	2	3	4	1	2	3
Serie							
Middel [%]	16,1	15,6	16,1	17,2	14,6	14,5	14,6
Std.avvik [%]	0,9	0,9	1,2	1,3	0,5	0,5	0,6



Figur 1. Merking og innpakning av 90 høvlingsplanker for fuktighetsutjevning (før kløyving og høvling) ved en av bedriftene.



Figur 2. Drøyt halvannen serie med merkede høvlingsplanker på vippe foran tørrekløyva på en av bedriftene.

Høvlingsforsøkene ble utført da de nye freseverktøyene var framstilt. Hver planke ble kløyvd til tre bord (inner-, midt- og ytterbord), slik at hver prøveserie ble bestående av 90 bord. Bordene ble i begge bedriftene høvlet til 30° skrå skygge. Ytterbordene ble etterpå plukket ut og registrert med nummer og hva de inneholdt av kvister og utslag (type og størrelse) på not og fjærside.

2.2. Data for bedriftenes høvelmaskiner

Bedrift X

Matehastighet:	95 m/min. for seriene 1-4, 120 m/min. for serie 5 (verktøy X-4-2) og 140 m/min. for serie 6 (verktøy X-4-3)
Verktøydiameter:	225 mm (gml.) 250 mm (nye)
Antall spindler:	6 stk.
Spindelurtall:	6000 o/min.
Antall stål:	10-14 stk.

Bedrift Y

Matehastighet:	70 m/min.
Verktøydiameter:	200 mm
Antall spindler:	9 stk.
Spindelurtall:	6000 o/min.
Antall stål:	8 stk.

2.3. Høvelverktøyet

Verktøyleverandøren og høvleribedriftene var enige om behovet for å studere nye prinsipper og fresetyper for bearbeiding av not og fjærside på pløyd høvellast, og at prosjektet skulle konsentreres om skyggepanel med 30° skrå.



*Figur 3. Notfres fra Kvarnstrands Verktøy som eksisterte ved prosjektets start.
Merk sagbladet som freser ut nota.*

Kvarnstrands Verktøy har derfor utviklet noen nye kutter- og freseverktøy for bearbeiding av panelbordenes not og fjærside. Nyutviklingen har omfattet flere momenter, bl.a. verktøytyngde, -sammenbygging, -materiale, -sponavløp og eggvinkler.



Figur 4. Kvarnstrands Verktøys nye notfres. Prinsippet med et mangetannet sagblad for utfresing av nota er fortsatt beholdt.



Figur 5. Kvarnstrands Verktøys nye forprofilerende fjærfres.

Interessante kombinasjoner av eksisterende og nye verktøy har vært bestemmende for antall høvlingsforsøk ved de to bedriftene. Verktøybruket i forsøkene er angitt nedenfor med nummerbetegnelse på verktøyene. Merk at Bedrift X allerede hadde tatt i bruk notfres m/sagblad, og at alle nye verktøy har skråstilte bryst (10° - 15°).

2.4. Oversikt over tester

Bedrift Y

Det er utført tre testkjøringer. Matehastigheten var 70 m/min. i forsøkene. Diameter, tannantall og sponvinkel er angitt for hvert verktøy nedenfor.

1. **Verktøy Y-1:** Tradisjonelle fresere. Alle har $\text{Ø} 200$, Z 8 og 30° . Forsøket skulle registrere høvlingskvaliteten for eksisterende utstyr.

2. **Verktøy Y-3:** Følgende fresere ble brukt:
- | | | | | | |
|-----------|-------|-----|-----|---------|----------------------------|
| EM10-373A | Ø 200 | Z 8 | 25° | Type HL | til forprofilering av fjær |
| EM10-372A | Ø 200 | Z 8 | 30° | Type HL | som notfres med sagblad |
| EM20-426A | Ø 200 | Z 8 | 30° | Type HL | som verktøy i staff |
3. **Verktøy Y-2:** Følgende fresere ble brukt:
- | | | | | | |
|-----------|-------|-----|-----|----------|----------------------------|
| E10-280A | Ø 200 | Z 8 | 25° | Type HSa | til forprofilering av fjær |
| EM10-372A | Ø 200 | Z 8 | 30° | Type HL | som notfres med sagblad |
| E20-435A | Ø 200 | Z 8 | 25° | Type ST | som verktøy i staff |

Bedrift X

Det er utført seks testkjøringer. Merk at bortsett fra staffkutter, er verktøyet (X-4-1) i kjøring nr. 4 også brukt i kjøringene nr. 5 og 6, men kalt henholdsvis X-4-2 og X-4-3. Matchastigheten i de to sistnevnte var imidlertid henholdsvis 120 og 140 m/min. Matchastigheten i forsøkene 1-4 var 95 m/min.

1. **Verktøy X-1:** "Gårsdagens" standardfresere:
- | | | | | |
|-------|------|-----|----------|----------------------------|
| Ø 220 | Z 10 | 30° | Type HL | fjærfres |
| Ø 225 | Z 10 | 25° | Type HSa | som notfres med sagblad |
| Ø 220 | Z 10 | 30° | Type HL | som verktøy i staff (gml.) |
- Forsøket skulle registrere "gårsdagens" høvlingskvalitet, det vil si ved bruk av verktøy som hadde blitt skiftet ut før prosjektet ble kjørt.
2. **Verktøy X-2:** Følgende fresere ble brukt:
- | | | | | | |
|----------|-------|------|-----|----------|----------------------------|
| EL10-58A | Ø 250 | Z 12 | 25° | Type HSa | som notfres med sagblad |
| EM10-336 | Ø 250 | Z 14 | 25° | Type HL | til forprofilering av fjær |
| EM20-374 | Ø 250 | Z 12 | 30° | Type HL | som verktøy i staff |
3. **Verktøy X-3:** Følgende fresere ble brukt:
- | | | | | | |
|----------|-------|------|-----|----------|----------------------------|
| EL10-58A | Ø 250 | Z 12 | 25° | Type HSa | som notfres med sagblad |
| EM10-336 | Ø 250 | Z 14 | 25° | Type HL | til forprofilering av fjær |
| E20-357A | Ø 250 | Z 12 | 25° | Type ST | som verktøy i staff |
4. **Verktøy X-4-1:** Følgende fresere ble brukt:
- | | | | | | |
|-----------|-------|------|-----|---------|--|
| EM10-371A | Ø 250 | Z 12 | 30° | Type HL | som notfres med sagblad |
| EM10-370A | Ø 250 | Z 12 | 25° | Type HL | til forprofilering av fjær |
| EM20-423A | Ø 250 | Z 10 | 30° | Type HL | som verktøy i staff (NB! Byttet pga. urundhet før testkjøringene 5 og 6) |
5. **Verktøy X-4-2:** Følgende fresere ble brukt:
- | | | | | | |
|-----------|-------|------|-----|---------|----------------------------|
| EM10-371A | Ø 250 | Z 12 | 30° | Type HL | som notfres med sagblad |
| EM10-370A | Ø 250 | Z 12 | 25° | Type HL | til forprofilering av fjær |
| E20-357A | Ø 250 | Z 12 | 25° | Type ST | som verktøy i staff |

- 6 **Verktøy X-4-3:** Følgende fresere ble brukt:
- | | | | | | |
|-----------|-------|------|-----|---------|----------------------------|
| EM10-371A | Ø 250 | Z 12 | 30° | Type HL | som notfres med sagblad |
| EM10-370A | Ø 250 | Z 12 | 25° | Type HL | til forprofilering av fjær |
| E20-357A | Ø 250 | Z 12 | 25° | Type ST | som verktøy i staff |

3. Resultater

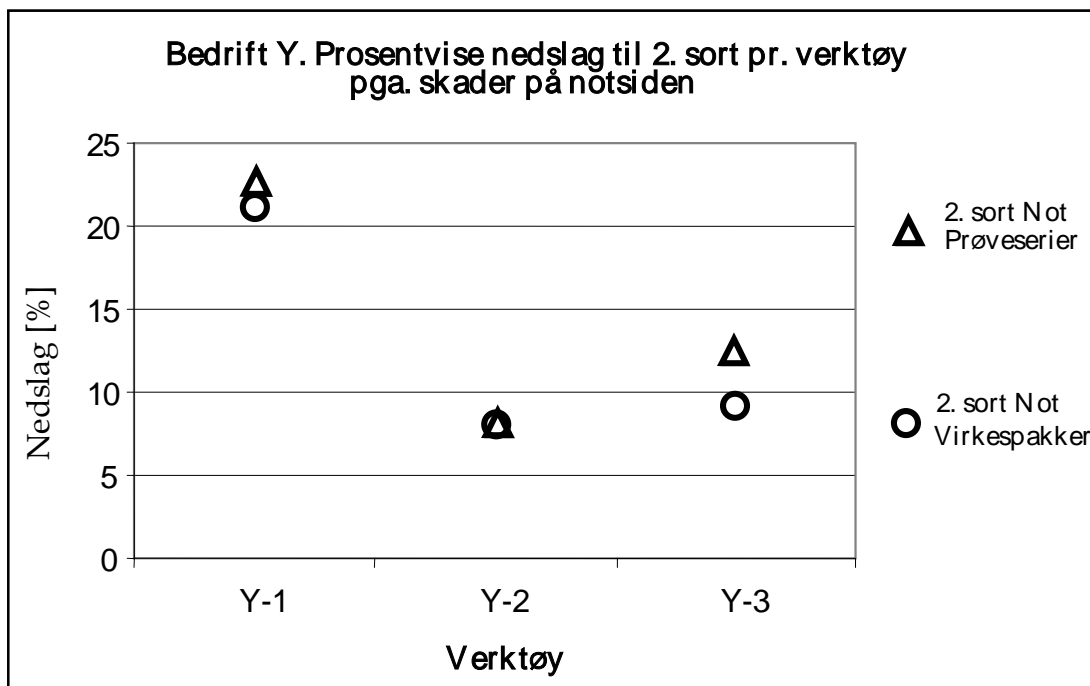
3.1. Sorterer i produksjonslinjen

En erfaren sorterer vurderte og registrerte kvaliteten på høvlingen av den enkelte virkesbit på begge bedriftene. Ved bedrift X fikk vi i tillegg utskrift av bedriftens sortering av panelbordene fra restplankene i prosjektets trelastpakker. Det sistnevnte sorteringsresultatet avviker fra prøveseriens på grunn av oppgradering ved korting.

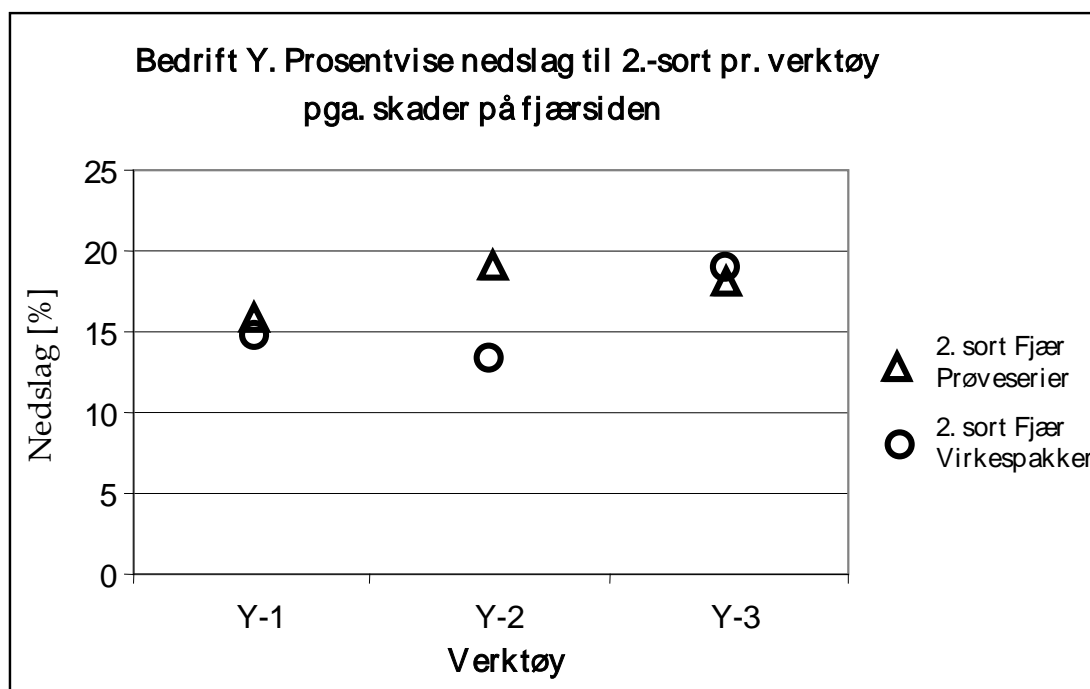
Tabell 2. Sorterers nedklassing [%] av virkesbiter i prøveserier og virkespakker ved Bedrift Y (virkets midlere fuktinnhold: ca. 14 %).

Verktøy nr.	2. sort Not Prøveserier	2. sort Not Virkespakker	3. sort Not Prøveserier	3. sort Not Virkespakker	2. sort Fjær Prøveserier	2. sort Fjær Virkespakker	3. sort Fjær Prøveserier	3. sort Fjær Virkespakker
Y-1	22,5	21,3	4,5	2,4	15,7	14,9	4,5	2
Y-2	7,8	8,1	0	0	18,9	13,4	1,1	0
Y-3	12,2	9,2	1,1	0	17,8	19,1	2,2	0,5

Sorterers resultater ved Bedrift Y er vist i tabell 2. Det fremgår at det både i måleseriene og for bordene fra restplankene i trelastpakkene stort sett bare skjer en nedklassing til 2. sort. De etterfølgende diagrammene viser derfor utviklingen av denne nedklassing (som er forårsaket av feil på henholdsvis not- eller fjærside) fra måleserie til måleserie.



Figur 6. Sorterers resultater for panelbordenes notside ved Bedrift Y (virkets midlere fuktinnhold: ca. 14 %). NB! Verktøy Y-2 og Y-3 (notfres m/sagblad) er samme verktøy.

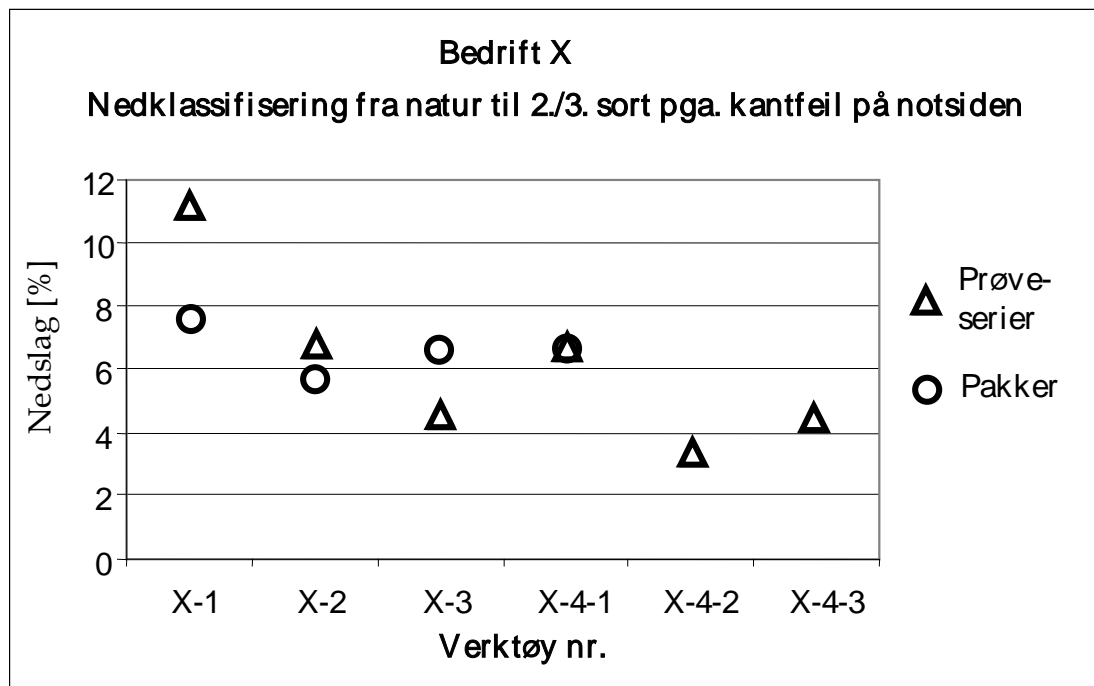


Figur 7. Sorterers resultater for panelbordenes fjærside ved Bedrift Y (virkets midlere fuktinnhold: ca. 14 %).

Tabell 3. Sorterers nedklassing [%] av virkesbiter i prøveserier og virkespakker før kvalitetskapping ved Bedrift X. Sorteringsresultatet for virkesresten i pakkene etter kvalitetskapping er vist i de to siste kolonnene. (Virkets midlere fuktinnhold: ca. 17 %).

Verktøy nr.	Nedklassifisering i prosent				Produksjonssortering av rest i pakker etter kval.-kapping	
	Pga. notsiden		Pga. fjærsiden		2./ 3. sort	Vrak
	Prøveserier	Pakker	Prøveserier	Pakker		
X-1	11,1	7,6	16,7	8,8	2,9	0
X-2	6,7	5,7	13,3	9,4	3,4	0,6
X-3	4,4	6,6	11,1	14,9	10,6	0
X-4-1	6,7	6,5	13,3	11,1	5,9	0
X-4-2	3,3		11,1			
X-4-3	4,4		14,4			

Sorteringen ved Bedrift X opererer med kvalitetene natur, 2./3. sort og vrak. Vrakdelen er ubetydelig. Sorterers resultat (før eventuell kvalitetskapping av virkesrest i pakker) for nedklassingen til 2. eller 3. sort på grunn av feil på henholdsvis not- og fjærside er vist i figur 8 og 9. Figur 10 viser resultatet av produksjonssorteringen av virkesresten i pakkene etter oppgradering ved kapping.

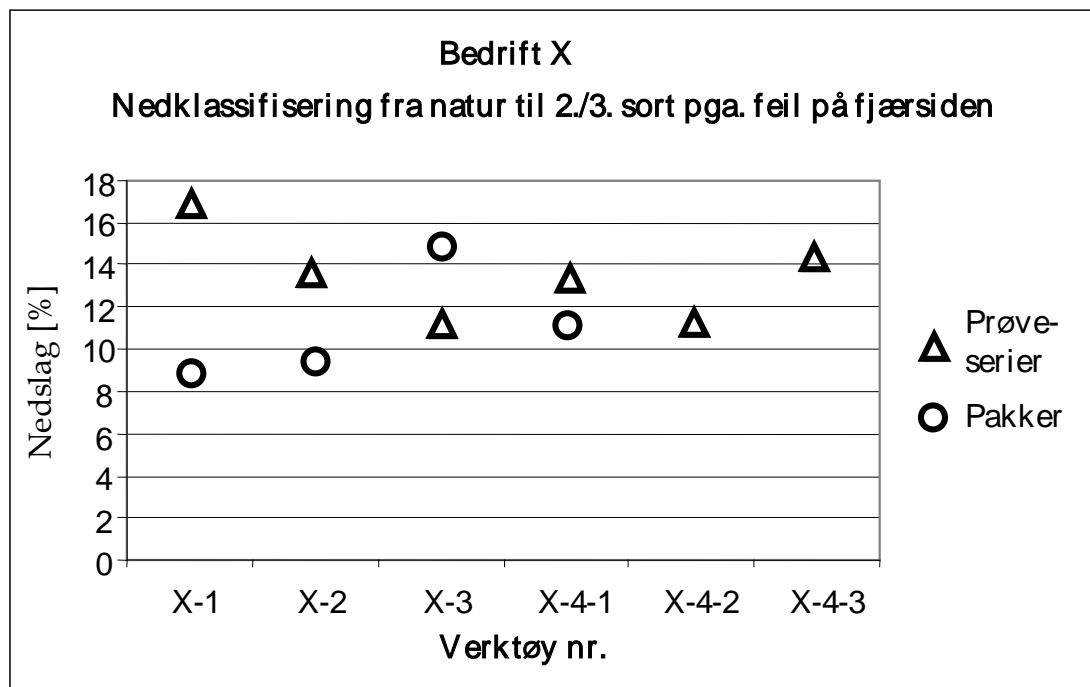


Figur 8. Sorterers resultat for panelbordenes notside ved Bedrift X. Ingen pakker ble skåret for verktøyene X-4-2 og X-4-3. (Virkets midlere fuktinnhold: ca. 17 %).

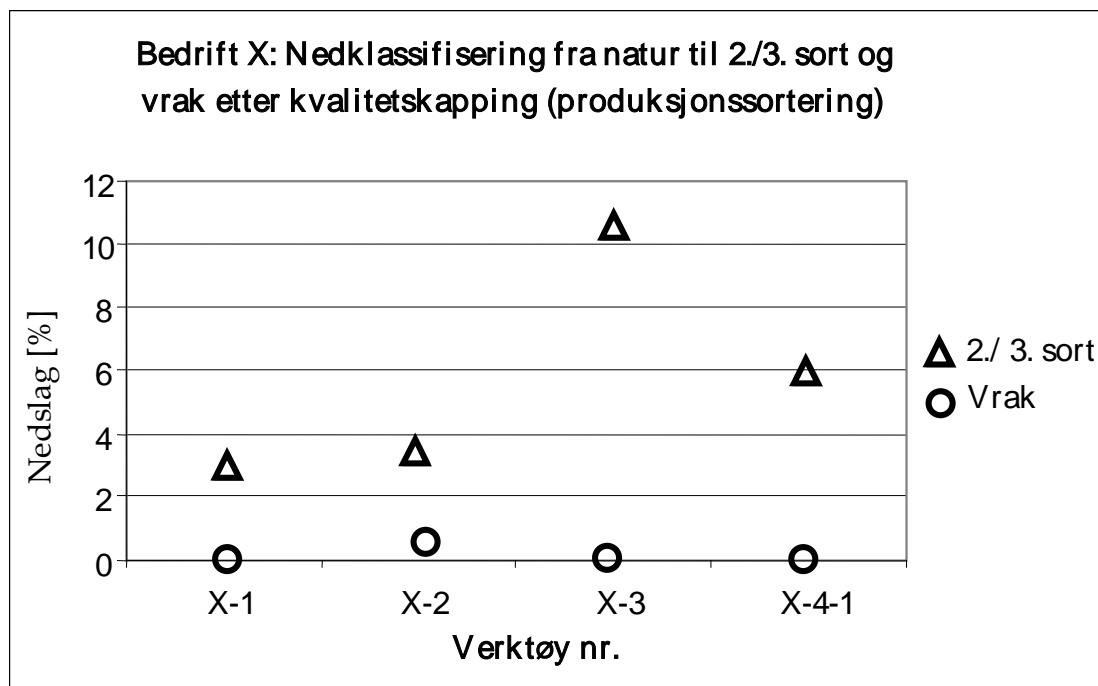
Figur 8 viser en høyere nedslagsprosent for verktøy X-1 enn for de andre verktøyene når det gjelder notsiden. Verktøy X-1 har mindre diameter, følgelig ugunstigere skjæresirkel og dessuten lavere skjærehastighet (henholdsvis 70,7 m/s for notfres og 69,1 m/s for fjærverktøyet). X-1 har dessuten bare 10 tenner, mens alle de andre verktøy som ble prøvd ved Bedrift X (med unntak av staffverktøy X-4-1) hadde 12 eller 14 tenner. Dette betyr at X-1 hadde noe større mating pr.

skjær. Verktøyene X-2 til X-4-3 har 78,5 m/s i skjærehastighet. Større verktøydiameter gir en gunstigere, flatere skjærekurve i virkesbiten.

Fordi flere faktorer endret seg fra X-1 til de andre, så er hovedårsaken til den lavere nedslagsprosenten for de høyere verktøynumrene usikker. Pakke-resultatene på fjærsiden (figur 9) antyder at variasjonen i virkeskvalitet også kan ha influert, i og med at trenden ikke er helt i overensstemmelse mellom prøvepartier og pakker. Dette forsterker usikkerheten.



Figur 9. Sorterers resultat for panelbordenes fjærside ved Bedrift X. Ingen pakker ble skåret for verktøyene X-4-2 og X-4-3. (Virkets midlere fuktinnhold: ca. 17 %).



Figur 10. Resultat fra produksjonssorteringen av panelbordene (mellom 312 og 336 bord for hver serie) fra restplankene i prosjektets trelastpakker for seriene 1-4 (henholdsvis verktøyene X-1 til X-4-1). NB! Bordene var kvalitetskappet! (Virkets midlere fuktinnhold: ca. 17 %).

Figur 10 viser produksjonssorteringsresultatet etter kvalitetskapping av panelbordene fra restlasten i trelastpakkene for måleseriene nr. 1 til 4. Kvalitetskappingen utføres for å løfte virkesbitene opp i en høyere kvalitetsklasse. Resultatet endres herved så drastisk at sammenlikning med prøveseriene virker formålsløst.

3.2. Høvlingsfinish

Panelbordene fra forsøkene ble transportert til Treteknisk for undersøkelse og registrering av høvlingsfeil. I denne forbindelse fant en det hensiktsmessig å samle deltakerne i prosjektet for gjennomgang av hendelsesforløp så langt, og samtidig foreta en sammenlikning og felles kvalitetsvurdering av panelbordeksempler fra måleseriene. Det ble lagt ut tre bord fra hver måleserie.

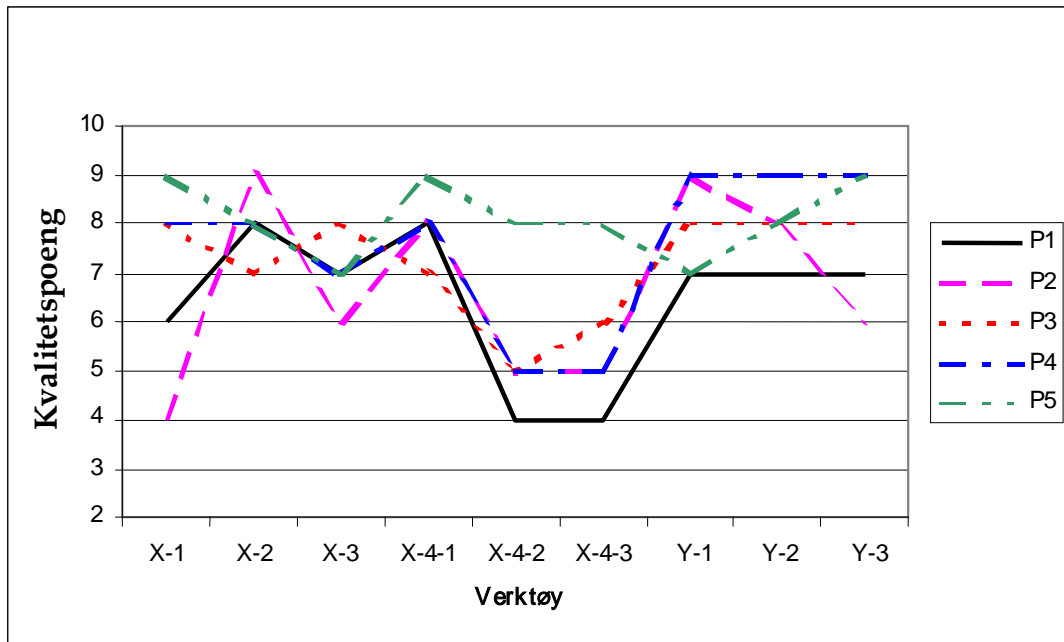


Figur 11. Sammenligning av bedømmelser.

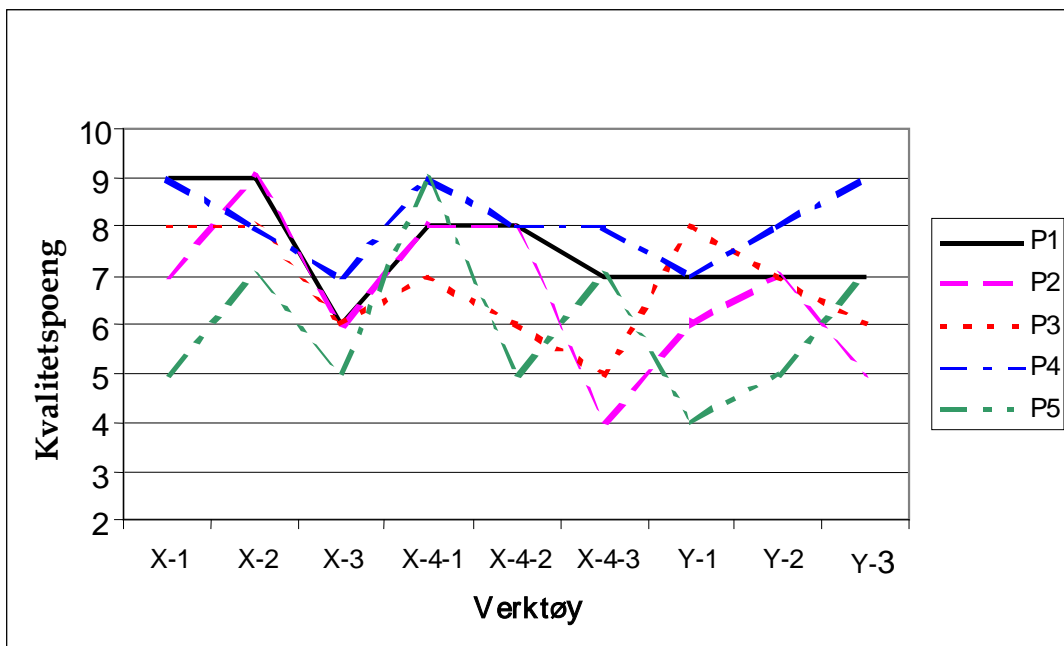


Figur 12. Utveksling av synspunkter.

Kvalitetsbedømmelsen den enkelte deltaker gjorde av not- og fjærsiden på bordene, bearbejdet av det enkelte verktøysett, er vist i figur 13 og 14. Figur 13 viser en slags felles trend for bedømmelsene til deltakerne P1-P4, mens kurven for P5's bedømmelse har et avvikende forløp fra de andre. Figur 14 synes derimot å vise lite samsvar mellom bedømmelsene til deltakerne.

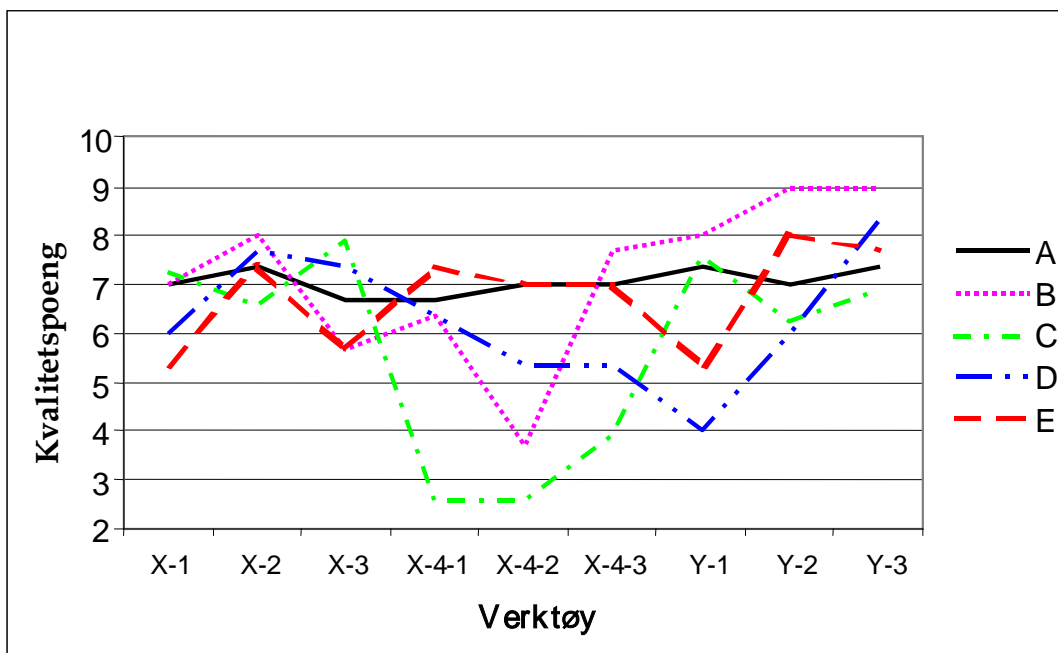


Figur 13. Prosjektdeltakernes individuelle bedømmelse av notsidens finish for hvert høvlingsforsøk. X-verktøyene høvlet virke med ca. 17 % fuktinnhold, mens Y-verktøyene høvlet virke med ca. 14 % fuktighet.

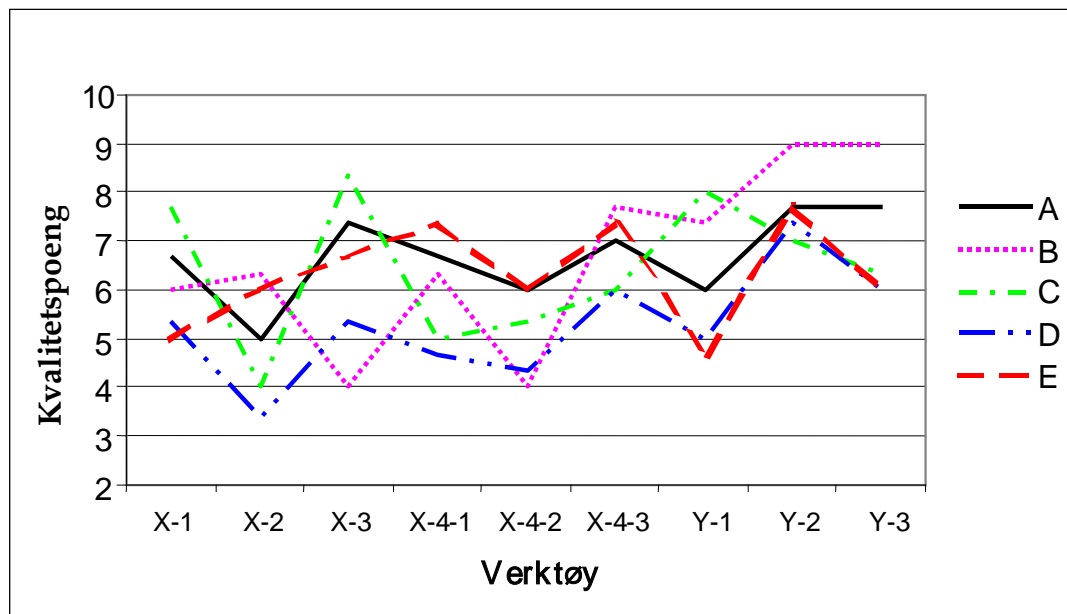


Figur 14. Prosjektdeltakernes individuelle bedømmelse av fjærside finish for hvert høvlingsforsøk. X-verktøyene høvlet virke med ca. 17 % fuktinnhold, mens Y-verktøyene høvlet virke med ca. 14 % fuktighet.

Tilsvarende opplegg for å bedømme overflatefinish ble gjennomført blant ansatte ved Treteknisk. Dette var personer som ikke hadde vært involvert i prosjektet, og hadde således ikke noen kjennskap til de ulike verktøyene som hadde blitt benyttet. Opplegget for personene fra Treteknisk var likt det for prosjektbedriftene, men med bedømmelse av andre panelbord. Det deltok fem personer (ikke alle var autoriserte sorterere). Også denne gang var det lagt ut tre panelbord fra hver måleserie. Det ble spesielt påsett at alle tre råstoffleverandørene var representert i hver serie fra Bedrift X.



Figur 15. Høvlingsfinish på fas på notsiden (tre bord fra hver serie) bedømt av personer fra Treteknisk. X-verktøyene hølet virke med ca. 17 % fuktinnhold, mens Y-verktøyene hølet virke med ca. 14 % fuktighet.

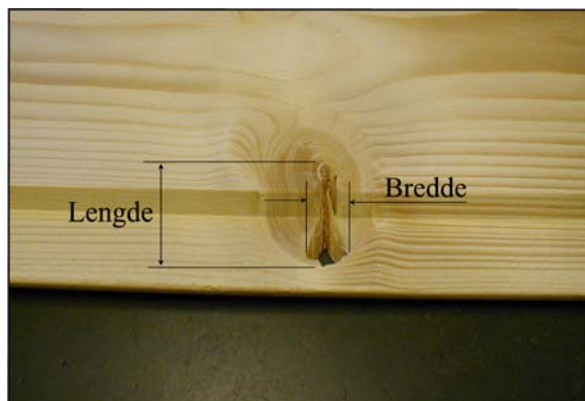


Figur 16. Høvlingsfinish på fas og fals på fjærsiden (tre bord fra hver serie) bedømt av personer fra Treteknisk. X-verktøyene høvlet virke med ca. 17 % fuktinnhold, mens Y-verktøyene høvlet virke med ca. 14 % fuktighet.

Bordene var nummerert, og deltakerne gav finishkarakter både for not- og fjærside på hvert bord. I de to viste diagrammene brukes middelerverdier for de tre bordene innen hver måleserie (verktøysett). Det er særlig figur 16 som viser et godt samsvar mellom deltakernes bedømmelser med stigning i kvalitetspoeng for verktøysettene mot høyre, men det er tvilsomt om finishforskjellen mellom seriene er markant nok til rangering av verktøyene.

3.3. Beskrivelse av målbare feil på not- og fjærside

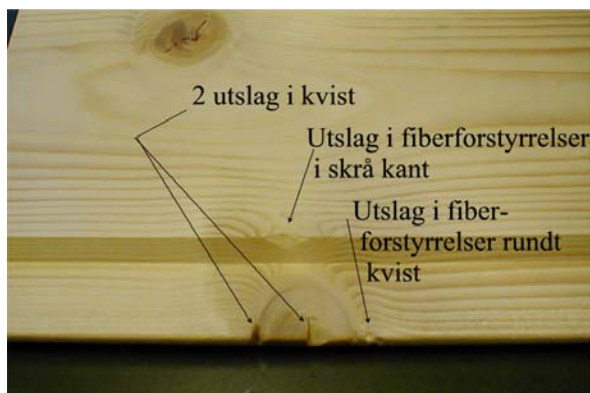
De målbare høvlingskadene er i første rekke utslag i kvist og fiberforstyrrelser, men arealer med ull og fiberreisning vil også være målbare. Det var ingen tilfeller med ull eller annen form for fiberreisning, så bare de to førstnevnte bearbeidingsfeil er registrert med lengde, bredde og dybde. Lengden er feilens utstrekning på tvers av bordet, mens bredden alltid er målt i bordets lengderetning. Dybden er feilens utstrekning nedover i trevirket fra bordoverflaten (figur 17).



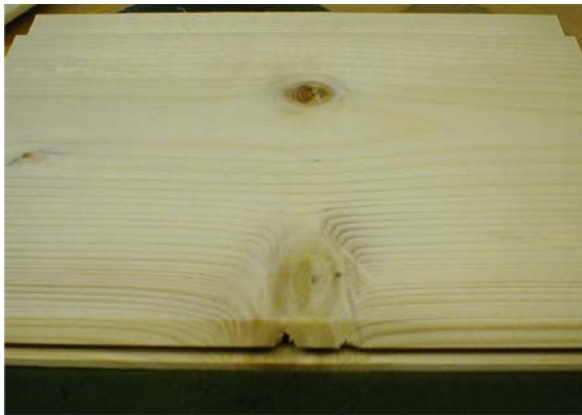
Figur 17. Størrelsen på utslag følger samme mønster som målereglene for kvist. Lengden måles på toers av bordet, mens bredden er utstrekningen i bordets lengderetning. Dybden er utslagets utstrekning ned i trevirket. Dybden til kvistutslaget på bildet er lik bordtykkelsen.

Det var noen tilfeller med flere utslag i samme kvist. Hvert utslag er i den endelige dataanalysen sett på som et spesifikt utslag med sin egen lengde, bredde og dybde (se figur 18 med tekst).

Figurene 19-31 viser forskjellige bearbeidingskader som har oppstått under høvlingen.



Figur 18. Eksempel som viser to utslag i samme kvist, og dessuten to utslag i fiberforstyrrelser pga. kvist. I den statistiske behandlingen av høvlingsfeil er hvert utslag behandlet separat med sine egne spesifikke dimensjoner (lengde, bredde og dybde).



Figur 19. Bildet viser ett kvistutslag og ett utslag i fiberforstyrrelser pga. kvist. Dybden er i begge utslagene lik høyden på utslåtte virkesbit i notens overleppe.



Figur 20. Utslag i overleppe innen fiberforstyrrelser på notsiden. Dybden er lik tykkelsen på notens overleppe. Det antas at utslaget er forårsaket av underkutter og således ikke av notverktøyet.



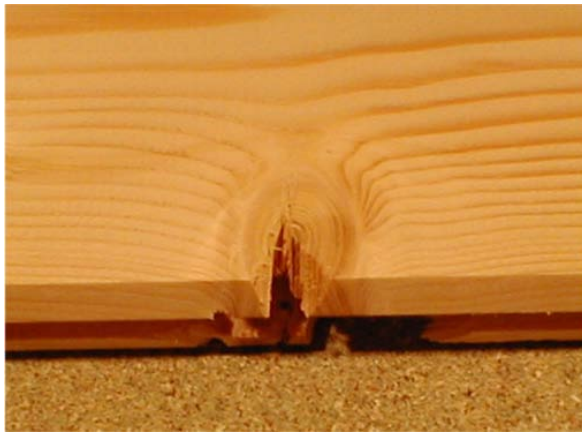
Figur 21. Et lite utslag innen fiberforstyrrelser i overleppe, og utslag i og omkring kvist i underleppe. Det siste kan være forårsaket av overkutter. Utslag i notens underleppe er ikke tatt med i statistikken.



Figur 22. Et utslag innen fiberforstyrrelser i underleppe, og utslag av og omkring kvoist i overleppe. Kvoisten har antakelig vært en løskvoist. Utslaget videre mot overleppens skrå kant antas er pga. fiberretningen i fiberforstyrrelsene å være forårsaket av notverktøyet.



Figur 23. Et lite utslag i kvoist i overleppens skrå kant. Det er ellers små utslag i fiberforstyrrelsene omkring kvoisten både i over- og underleppe.



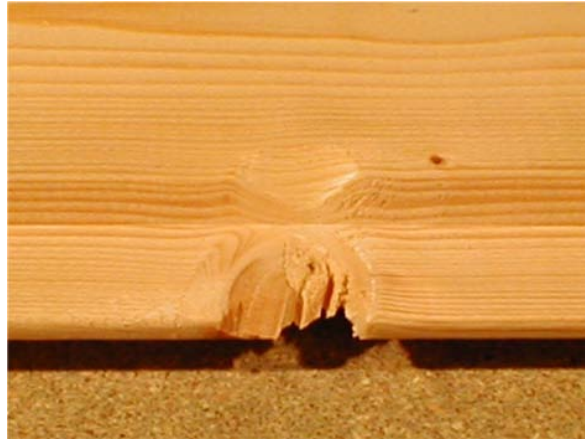
Figur 24. Et stort utslag i kvoist i notens overleppe. Det er dessuten et lite fiberutslag foran kvoisten.



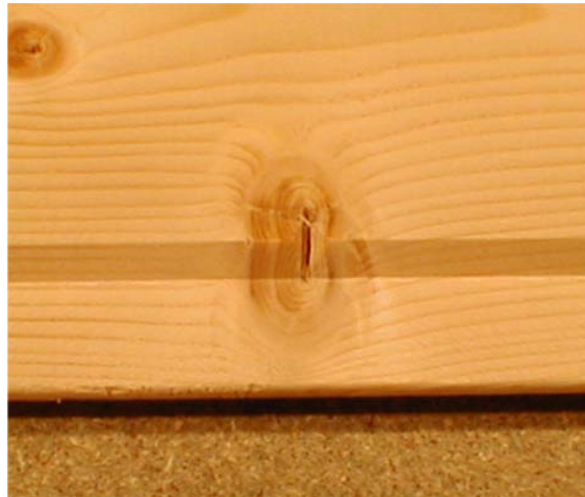
Figur 25. Utslått løskvist i overleppens skrå kant.



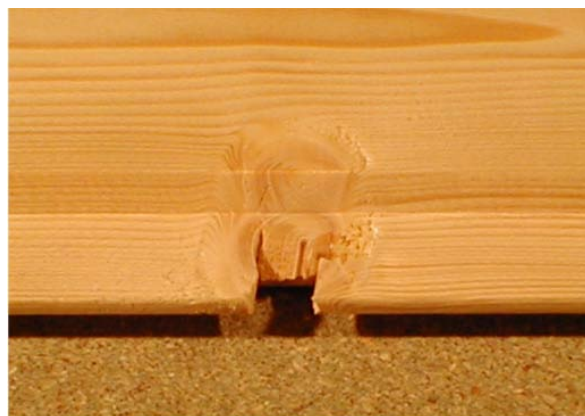
Figur 26. Små utslag i og omkring kvoist på fjær. Utslagene vil være skjult etter panelmontasjen.



Figur 27. Utslag i kvoist i fals og fjær, og utslag (antakelig forårsaket av underkutter) i fiberforstyrrelser på 30° skrå kant. Kan skråstilte skjær på staff være årsak til utslaget i fjær?



Figur 28. Et lite utslag i kvoist i skrå kant på fjærsiden.



Figur 29. Stort utslag i kvoist på fjærsiden. Kan skråstilte skjær på staff være årsaken?



Figur 30. Kvisthull i 30° skrå kant og fals på fjærsiden.



Figur 31. Utslaget har tatt kvist (løskvist?) i fals pluss deler av fjær. En av bedriftene har konstatert at skråstilte skjær på staff-fresen fremmer store utslag i fjær. Rette skjær på staff synes å gi bedre resultat. Figuren viser dessuten et lite kvistutslag i 30° skrå kant.

3.4. Statistikk

Den etterfølgende statistikken er utført med dataprogrammet JMP. Resultatene presenteres enten som mosaikkplot (figur 32) eller som såkalte enveis analyseplot (figur 35).

Det understrekes at forskjellen i virkestørrelse på de to deltakerbedriftene var tilsiktet. Et av prosjektets siktemål var nemlig å registrere hvordan verktøyendringene påvirket høvlingsresultatene for virke med fuktinnhold på henholdsvis ca. 17 % og ca. 14 %.

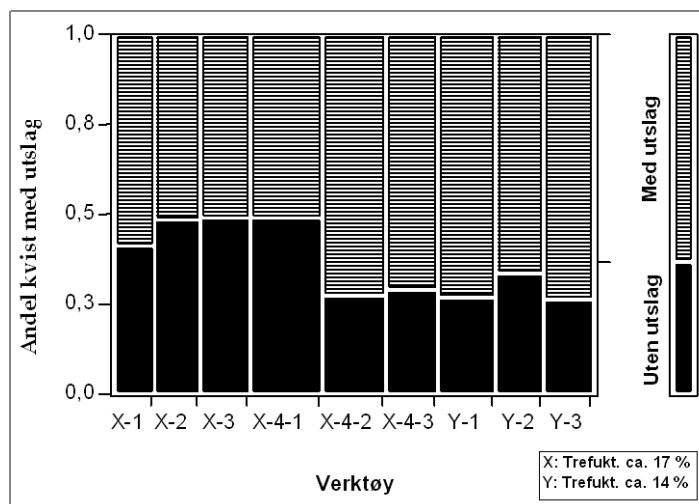
3.5. Notsiden

Det tradisjonelle kutterverktøyet X-1 har mindre diameter enn de nye verktøyene. Det har derfor lavest skjærehastighet (henholdsvis 70,7 m/s for notfres og 69,1 for

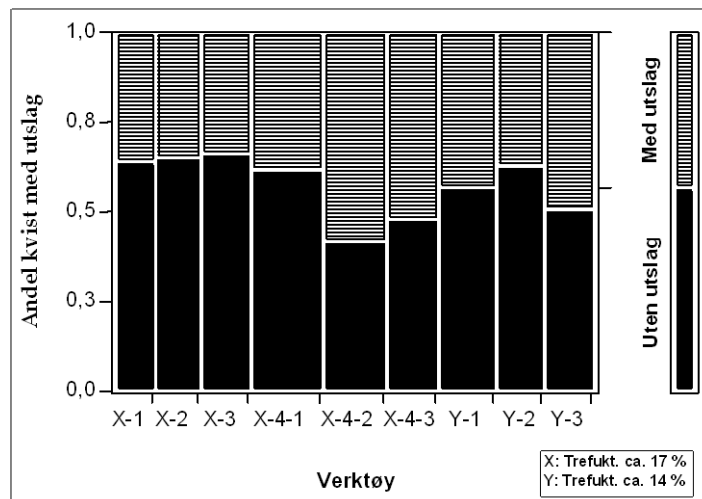
fjærverktøyet). X-1 har dessuten bare 10 tenner, mens alle de andre verktøyene som ble prøvd ved Bedrift X (med unntak av staffverktøy X-4-1) hadde 12 eller 14 tenner. Dette betyr at X-1 hadde noe større mating pr. skjær. Verktøyene X-2 til X-4-3 har 78,5 m/s i skjærehastighet. Større verktøydiameter gir en flatere, gunstigere skjærekurve i virkesbitene. Så vel høyere skjærehastighet som mindre mating/skjær formodes dessuten å være gunstig for høvlingsresultatet.

Fordi flere faktorer har en positiv endring fra verktøy X-1 til de nye, er hovedårsaken til de bedre høvlingsresultater for de høyere verktøynumre ved Bedrift X usikker. Virkesvariasjonen må også ha influert, og dette forsterker usikkerheten.

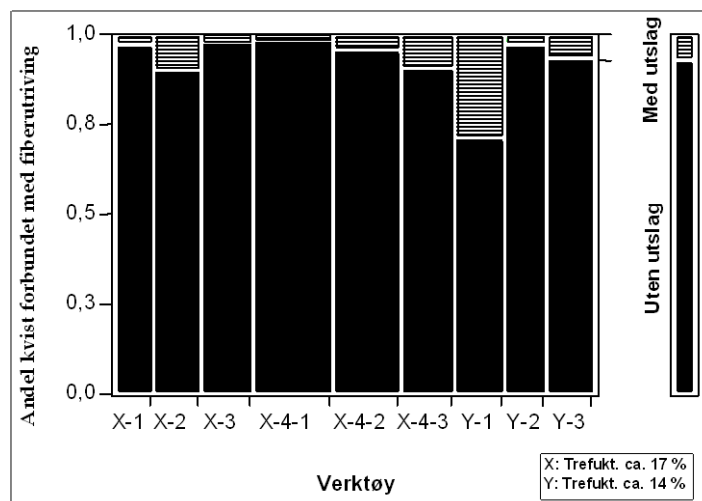
Virkesvariasjonens innflytelse kommer tydelig til syne i alle notsiderresultater for Bedrift Y (se etterfølgende figurer), for her er Y-2 og Y-3 (notfres m/sagblad) samme verktøy.



Figur 32. Mosaikkplot som viser forholdet på notsiden mellom kvister med utslag og kvister totalt (inkl. kvisthull) for det enkelte verktøysett. Relativt antall utslag ved Bedrift X avtar stort sett suksessivt fra verktøysett X-1 til X-4-1 (NB! X-1 har mindre diameter enn de andre). De høyere matehastigheter fører imidlertid til større andel av utslag i kvist i forsøkene X-4-2 og X4-3. Figuren viser også at verktøysettet Y-2 var best i denne vinklingen av resultatene blant de tre verktøysettene som ble testet ved Bedrift Y. NB! Y-2 og Y-3 (notfres m/sagblad) er samme verktøy. Det er for øvrig liten forskjell mellom verktøysettene ved Bedrift Y.

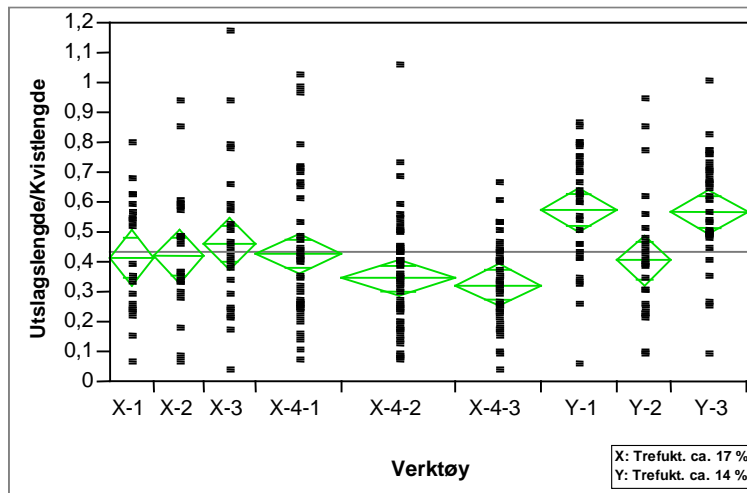


Figur 33. Mosaikkplot som viser forholdet på notsiden mellom kvister med utslag og kvister totalt (ekskl. kvisthull) for det enkelte verktøysett. Forskjellen i resultater er mer markert enn på forrige figur, men hovedtrekkene er stort sett de samme. Verktøysettene X-3 og Y-2 viser de beste resultatene ved de respektive bruk. NB! Verktøy X-1 har minst diameter ved Bedrift X, og Y-2 (notfres m/sagblad) og Y-3 er samme verktøy ved Bedrift Y.



Figur 34. Mosaikkplot som viser andelen av kvister som har tilhørende fiberutrivning på notsiden pr. verktøysett. Verktøysett X-4-1 kommer best ut ved Bedrift X, mens Y-2 er best ved Bedrift Y. NB! Verktøy X-1 har minst diameter ved Bedrift X, og Y-2 (notfres m/sagblad) og Y-3 er samme verktøy ved Bedrift Y.

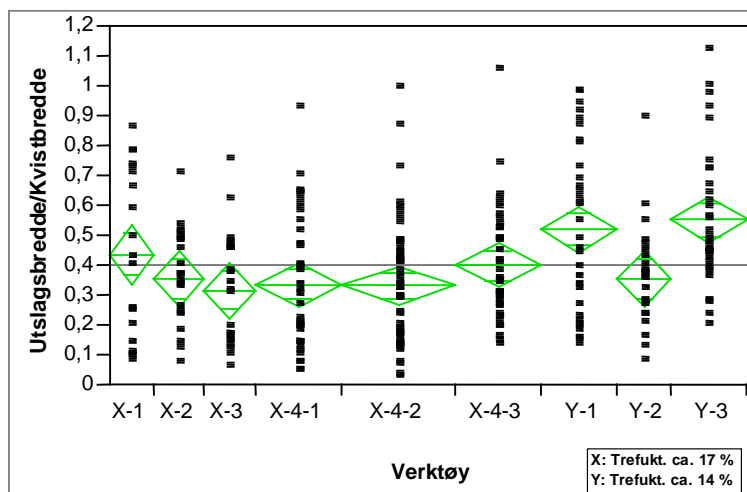
De etterfølgende diagrammer på notsiden er enveisanalyser som både viser enkeltverdiens beliggenhet og det sannsynlige området for middelverdiens posisjon. Enkeltverdiene vises som tynne, svært korte streker (se figur 35), mens tykkere streker forteller at flere enkeltverdier er nær sammenfallende. Middelverdiene er angitt med grønne "diamanter". Bredden på hver enkelt diamant angir den relative mengde registreringer for utregning av middelverdien. Høyden på diamanten angir med 95 % sannsynlighet middelverdiens beliggenhet.



Figur 35. Enveis analyse av forholdet mellom utslagslengde og kvistlengde på notsiden pr. verktøysett. Middelløstene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier.

Verdier over 1,0 betyr at trevirke utenfor kvisten også har blitt slått ut.

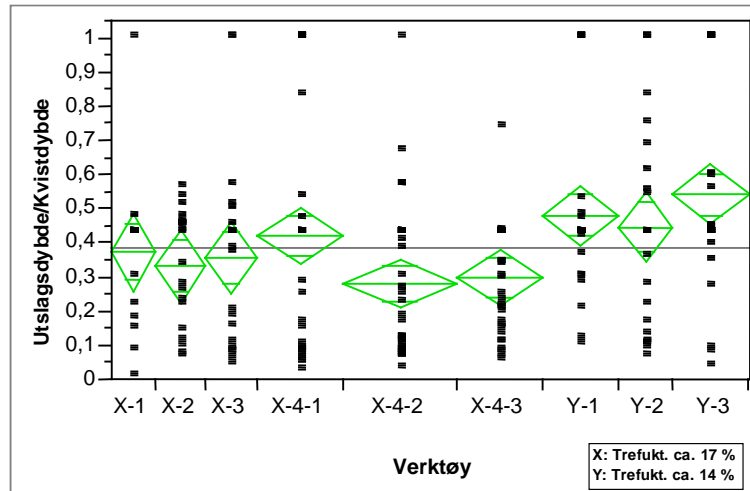
NB! Verktøy X-1 har minst diameter ved Bedrift X, og Y-2 (notfres m/sagblad) og Y-3 er samme verktøy ved Bedrift Y.



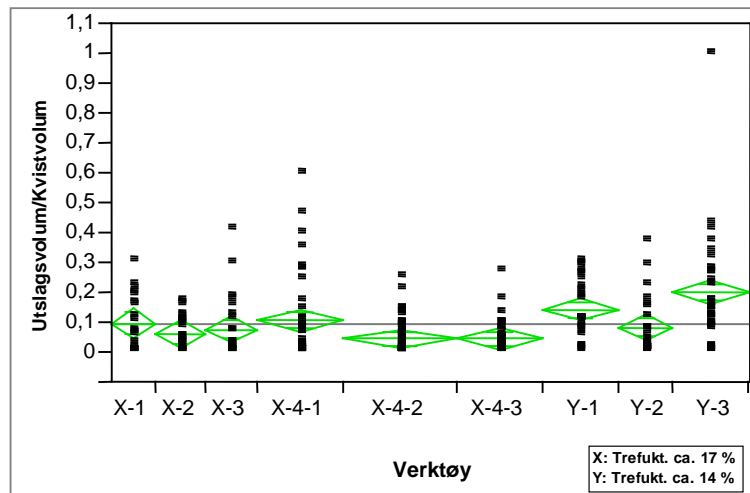
Figur 36. Enveis analyse av forholdet mellom utslagsbredde og kvistbredde på notsiden pr. verktøysett. Middelløstene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier.

Verdier over 1,0 betyr at trevirke utenfor kvisten også har blitt slått ut.

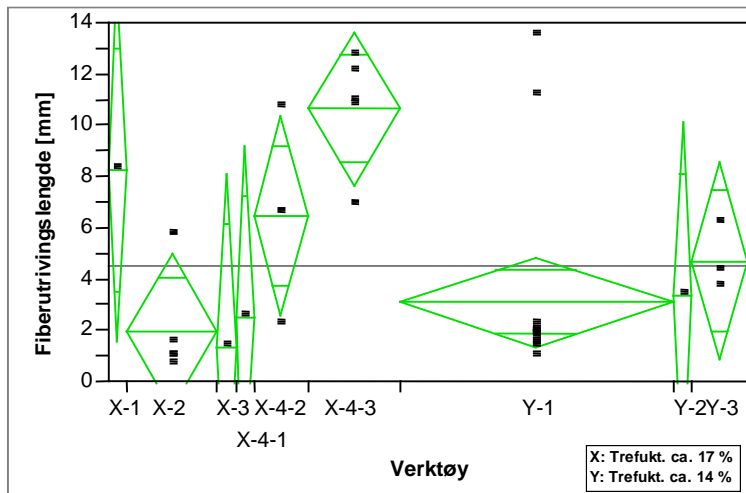
NB! Verktøy X-1 har minst diameter ved Bedrift X, og Y-2 (notfres m/sagblad) og Y-3 er samme verktøy ved Bedrift Y.



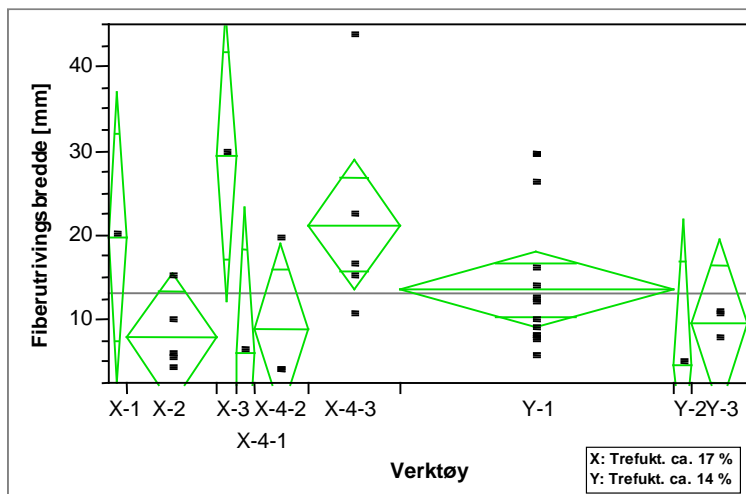
Figur 37. Enveis analyse av forholdet mellom utslagsdybde og kvistdybde på notsidene pr. verktøysett. Middelerverdiene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier. NB! Verktøy X-1 har minst diameter ved Bedrift X, og Y-2 (notfres m/ sagblad) og Y-3 er samme verktøy ved Bedrift Y.



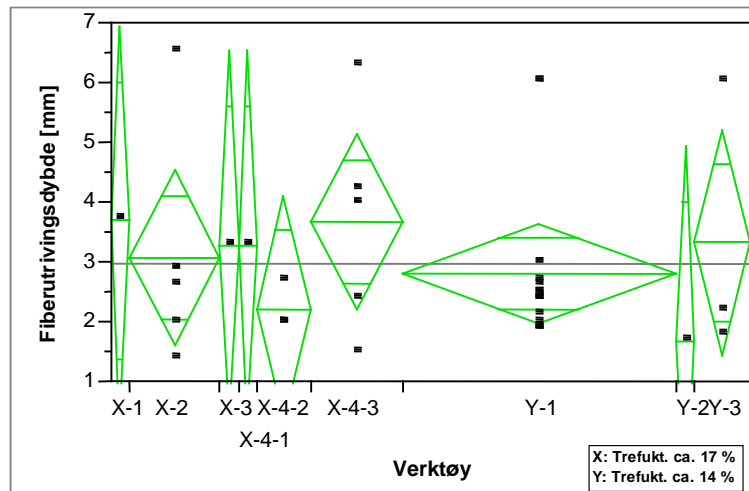
Figur 38. Enveis analyse av forholdet mellom utslagsvolum og kvistvolum på notsidene pr. verktøysett. Middelerverdiene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier. NB! Verktøy X-1 har minst diameter ved Bedrift X, og Y-2 (notfres m/ sagblad) og Y-3 er samme verktøy ved Bedrift Y.



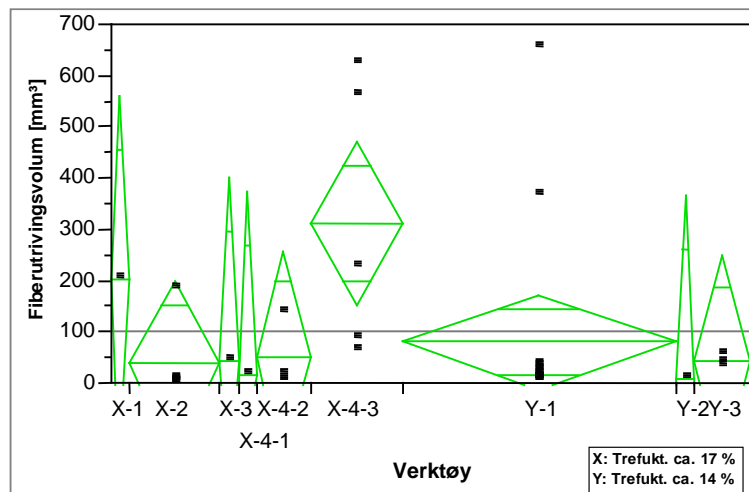
Figur 39. Enveis analyse av fiberutrivingslengde på notsiden pr. verktøysett. Middelloverdiene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltoerdier. Vidde på diamantene indikerer hvor mange observasjoner det er innen hver gruppe, noe som betyr at det er flest fiberutrivninger innen Y-1. NB! Verktøy X-1 har minst diameter ved bedrift X, og Y-2 (notfres m/sagblad) og Y-3 er samme verktøy ved Bedrift Y.



Figur 40. Enveis analyse av fiberutrivingsbredde på notsiden pr. verktøysett. Middelloverdiene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltoerdier. Vidde på diamantene indikerer hvor mange observasjoner det er innen hver gruppe, noe som betyr at det er flest fiberutrivninger innen Y-1. NB! Verktøy X-1 har minst diameter ved Bedrift X, og Y-2 (notfres m/sagblad) og Y-3 er samme verktøy ved Bedrift Y.



Figur 41. Enveis analyse av fiberutrivingsdybde på notsiden pr. verktøysett. Middelveidene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier. Vidden på diamantene indikerer hvor mange observasjoner det er innen hver gruppe, noe som betyr at det er flest fiberutrivninger innen Y-1. NB! Verktøy X-1 har minst diameter ved Bedrift X, og Y-2 (notfres m/sagblad) og Y-3 er samme verktøy ved Bedrift Y.

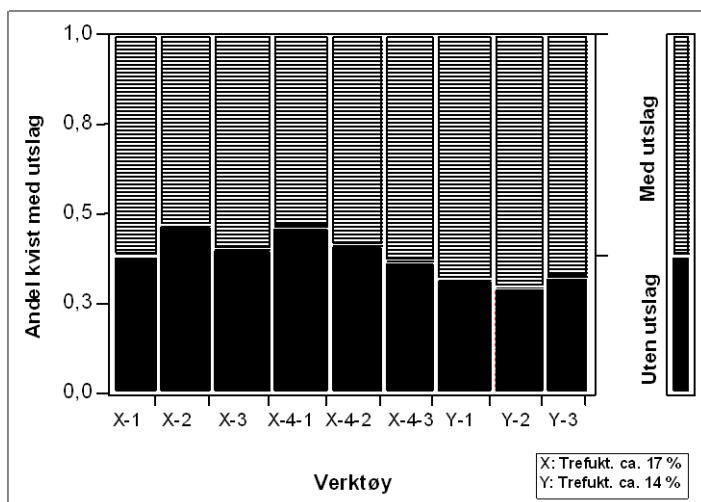


Figur 42. Enveis analyse av fiberutrivingsvolum på notsiden pr. verktøysett. I realiteten vil det eksakte utrivingsvolumet være mindre enn det som er angitt her på grunn av at volumet er beregnet ved at utslagsbredde, -lengde og -dybde er multiplisert sammen. Middelveidene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier. Vidden på diamantene indikerer hvor mange observasjoner det er innen hver gruppe, noe som betyr at det er flest fiberutrivninger innen Y-1. NB! Verktøy X-1 har minst diameter ved Bedrift X, og Y-2 (notfres m/sagblad) og Y-3 er samme verktøy ved Bedrift Y.

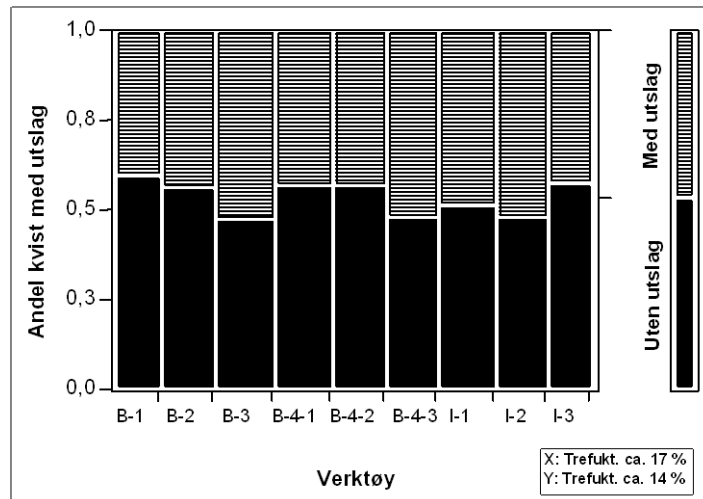
3.6. Fjærsiden

Verktøy X-1 har mindre diameter og følgelig lavere skjærehastighet (69,1 m/s for fjærverktøyet). X-1 har dessuten bare 10 tenner, mens alle de andre verktøyene som ble prøvd ved Bedrift X (med unntak av staffverktøy X-4-1 som ble byttet pga. urundhet) hadde 12 eller 14 tenner. Dette betyr at X-1 hadde noe større mating pr. skjær. Verktøyene X-2 til X-4-3 har 78,5 m/s i skjærehastighet. Større verktøydiameter gir en gunstigere, flatere skjærekurve i virkesbit.

Fordi flere faktorer endret seg, er hovedårsaken til den lavere nedslagsprosenten for de høyere verktøynumre ved Bedrift X usikker. Bedrift Y-resultatene på not-siden antyder imidlertid at variasjonen i virkeskvalitet også kan influere nok så mye, og dette forsterker usikkerheten.



Figur 43. Mosaikkplot som viser forholdet på fjærsiden mellom kvister med utslag og kvister totalt (inkl. kvisthull) for det enkelte verktøysett.
 Bedrift X: Verktøysett X-4-1 er fortsatt ett av de to beste.
 NB! Verktøy X-1 har minst diameter og færrest tenner.
 Bedrift Y: Vanskelig å si at det er noen forskjell.

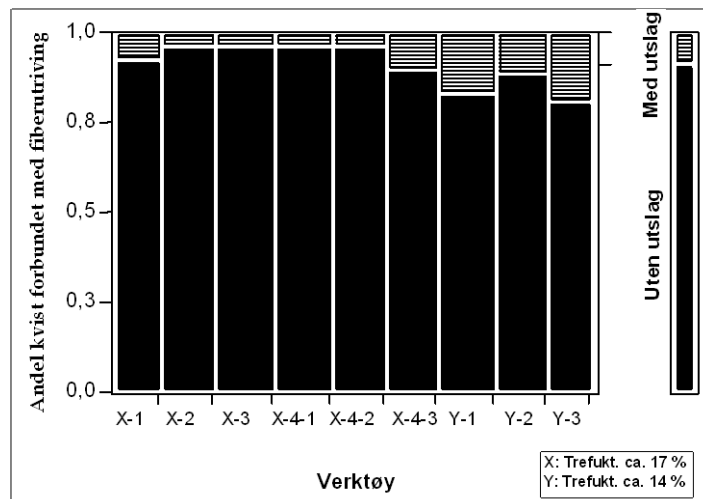


Figur 44. Mosaikkplot som viser forholdet på fjærsiden mellom kvister med utslag og kvister totalt (ekskl. kvisthull) for det enkelte verktøysett.

Bedrift X: Verktøysett X-4-1 viser fortsatt bra resultater, men X-1 er best.

NB! Verktøy X-1 har minst diameter og færrest tenner.

Bedrift Y: Verktøysett Y-3 er best.

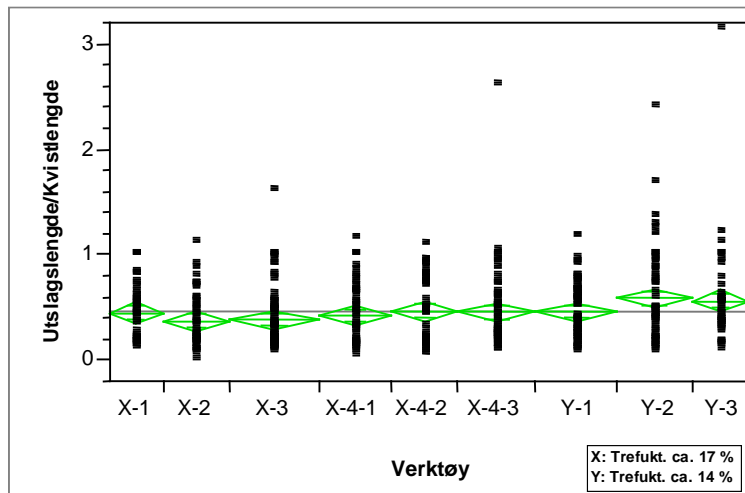


Figur 45. Mosaikkplot som viser andelen av fiberutrivning på fjærsiden for det enkelte verktøysett.

Bedrift X: Verktøysett X-1 har dårligst resultater, de andre settene er jevn gode.

NB! Verktøy X-1 har minst diameter og færrest tenner.

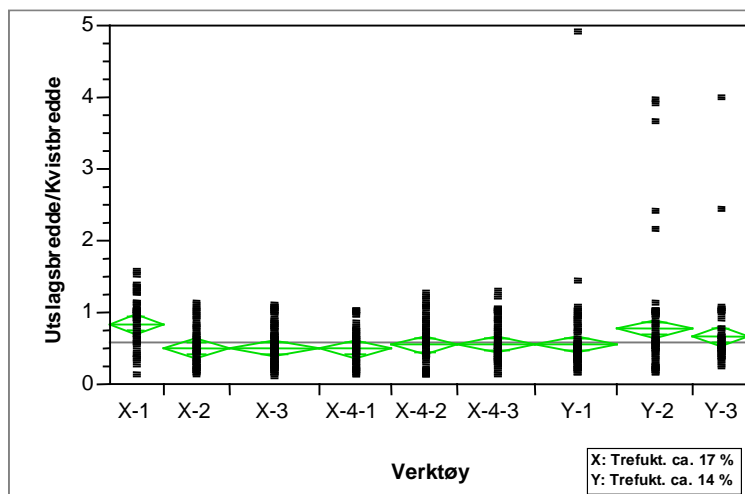
Bedrift Y: Verktøysett Y-2 er best.



Figur 46. Enveis analyseplot som viser forholdet på fjærsiden mellom kvistutslagslengder og kvistlengder for det enkelte verktøysett. Middelerdiene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier. Verdier over 1,0 betyr at trevirke utenfor kvisten også har blitt slått ut.

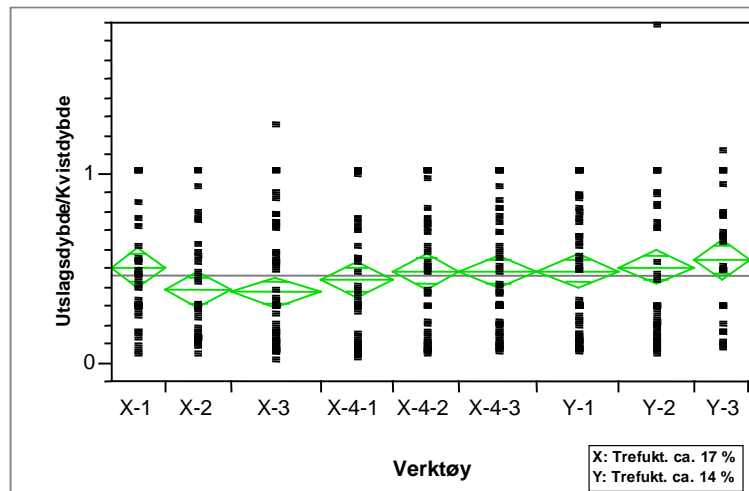
Bedrift X: Midlere utslagslengde i kvist er best for verktøysettene X-2 til X-3. Lengden ser ut til å øke med større matehastigheter (verktøy X-4-2 og X-4-3).

NB! Verktøy X-1 har minst diameter og færrest tenner.
Bedrift Y: Verktøy Y-1 har minste midlere utslagslengde.



Figur 47. Enveis analyseplot som viser forholdet på fjærsiden mellom kvistutslagsbredder og kvistbredder for det enkelte verktøysett. Middelerdiene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier. Verdier over 1,0 betyr at trevirke utenfor kvisten også har blitt slått ut.

Bedrift X: Midlere utslagsbredde er minst for verktøysettene X-2, X-3 og X-4-1.
NB! Verktøy X-1 har minst diameter og færrest tenner.
Bedrift Y: Verktøy Y-1 har minste midlere utslagslengde.

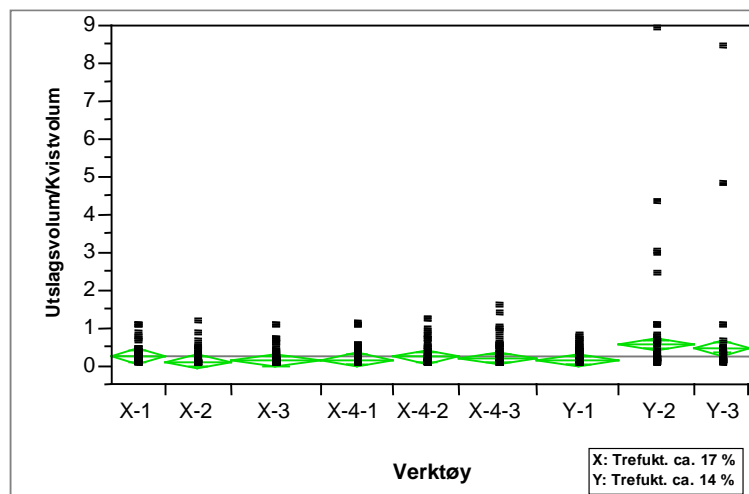


Figur 48. Enveis analyseplot som viser forholdet på fjærsiden mellom kvistutslagsdybder og kvistdybder for det enkelte verktøysett. Middelverdiene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier. Verdier over 1,0 betyr at trevirke utenfor kvisten også har blitt slått ut.

Bedrift X: Midlere utslagsdybde er minst for verktøysettene X-2 og X-3.

NB! Verktøy X-1 har minst diameter og færrest tenner.

Bedrift Y: Verktøy Y-1 har minste midlere utslagsdybde, mens verktøysettet Y-3 har dårligste resultat.

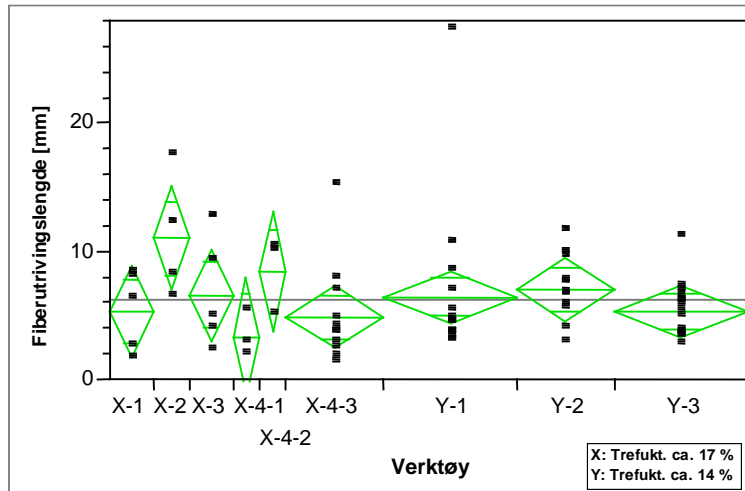


Figur 49. Enveis analyseplot som viser forholdet på fjærsiden mellom kvistutslagsvolum og kvistvolum for det enkelte verktøysett. Middelverdiene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier. Verdier over 1,0 betyr at trevirke utenfor kvisten også har blitt slått ut.

Bedrift X: Liten forskjell på verktøysettene X-2, X-3 og X-4-1.

NB! Verktøy X-1 har minst diameter og færrest tenner.

Bedrift Y: Verktøy Y-1 er best. Merk at det i noen tilfeller har blitt revet ut en del virke utenfor kvisten for verktøyene Y-2 og Y-3.



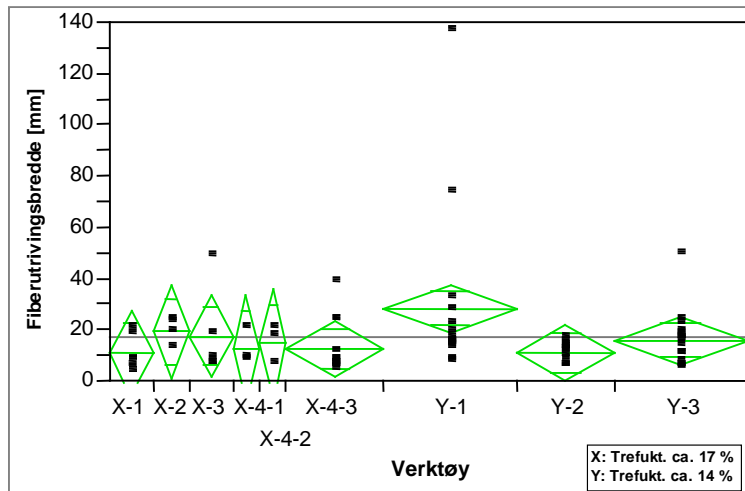
Figur 50. Enveis analyseplot som viser fiberutrivingslengde på fjærsiden for det enkelte verktøysett. Middelværdiene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier.

Vidden på diamantene indikerer hvor mange observasjoner det er innen hver gruppe (jo bredere, jo flere tilfeller av utrivinger).

Bedrift X: Verktøysett X-4-1 har de korteste utrivinger.

NB! Verktøy X-1 har minst diameter og færrest tenner.

Bedrift Y: Forskjellene mellom verktøysettene er små.



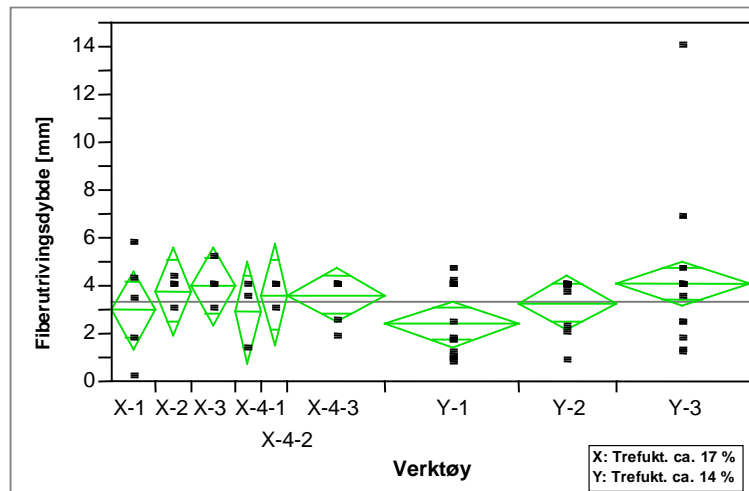
Figur 51. Enveis analyseplot som viser fiberutrivingsbredde på fjærsiden for det enkelte verktøysett. Middelværdiene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier.

Vidden på diamantene indikerer hvor mange observasjoner det er innen hver gruppe (jo bredere, jo flere tilfeller av utrivinger).

Bedrift X: Verktøysett X-1 har de smaleste utrivinger, deretter følger X-4-1.

NB! Verktøy X-1 har minst diameter og færrest tenner.

Bedrift Y: Verktøy Y-1 har dårligst resultat.



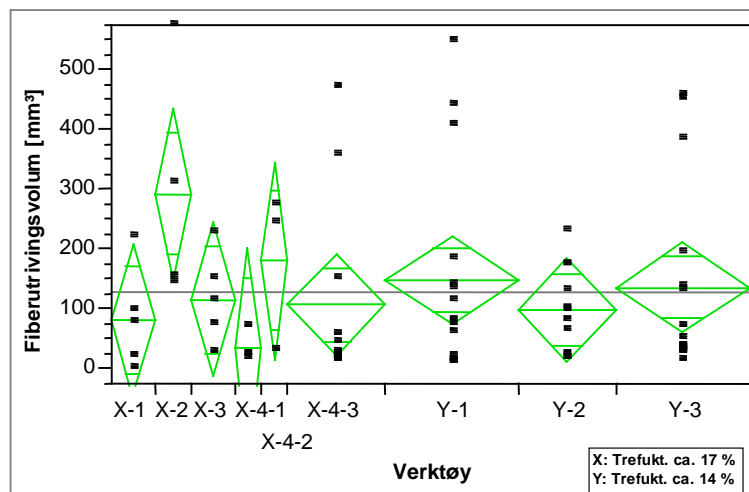
Figur 52. Enveis analyseplot som viser fiberutrivingsdybde på fjærsiden for det enkelte verktøysett. Middelerdiene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier.

Vidden på diamantene indikerer hvor mange observasjoner det er innen hver gruppe (jo bredere, jo flere tilfeller av utrivninger).

Bedrift X: Verktøysett X-4-1 har de grunneste utrivninger.

NB! Verktøy X-1 har minst diameter og færrest tenner.

Bedrift Y: Verktøy Y-3 har dårligste resultat.



Figur 53. Enveis analyseplot som viser fiberutrivingsvolum på fjærsiden for det enkelte verktøysett. I realiteten vil det eksakte utrivingsvolumet være mindre enn det som er angitt her på grunn av at volumet er beregnet ved at utslagsbredde, -lengde og -dybde er multiplisert sammen. Middelerdiene er vist med "diamanter".

Punktene markerer enkeltverdier. Vidden på diamantene indikerer hvor mange observasjoner det er innen hver gruppe.

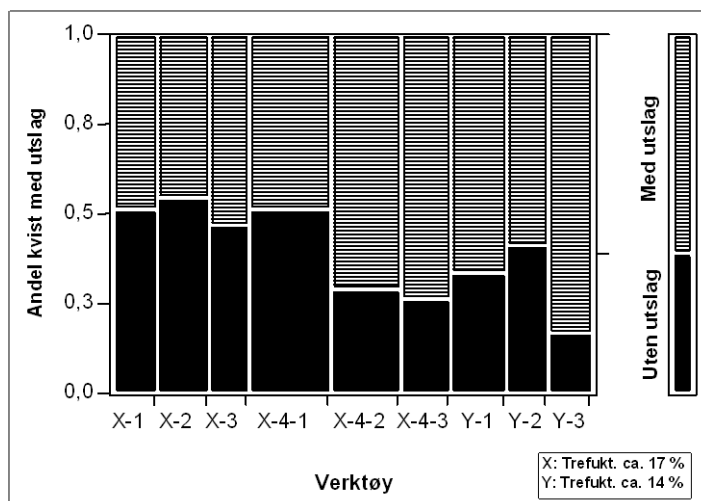
Bedrift X: Verktøysett X-4-1 har de minste utrivninger.

NB! Verktøy X-1 har minst diameter og færrest tenner.

Bedrift Y: Verktøy Y-2 har best resultat.

3.7. Friskkvist

Denne analysen omfatter friskkvist som er av "superfrisk" kvalitet, det vil si at det ikke har vært antydning til tørre soner i kvistens overflate. I de foregående analysene er det også i all hovedsak friskkvist, men i en del tilfeller kan kvisten ha noen tørre soner selv om den karakteriseres som friskkvist under en panelsortering.

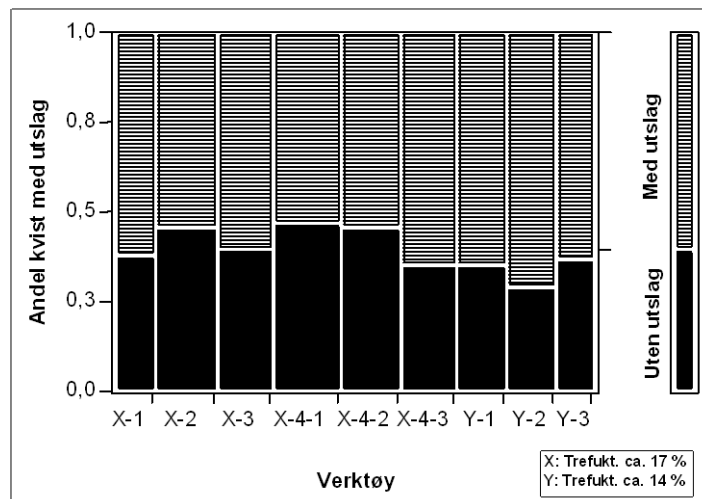


Figur 54. Mosaikkplot som viser andelen på notsiden av friskkvist med utslag for det enkelte verktøysett. Denne analysen tar kun hensyn til om det er utslag eller ikke, uavhengig av utslagetets størrelse. Små utslag som er ubetydelige i praksis er derfor også med i analysen.

Bedrift X: Verktøy X-2 viser best resultat, deretter følger X-4-1 og X-1.

NB! Verktøy X-1 har minst diameter og færrest tenner.

Bedrift Y: Verktøy Y-2 er best, Y-3 er dårligst. NB! Y-2 og Y-3 er samme verktøy for notsiden.



Figur 55. Mosaikkplot som viser andelen på fjærsiden av friskkvist med utslag for det enkelte verktøysett. Denne analysen tar kun hensyn til om det er utslag eller ikke, uavhengig av utslagets størrelse. Små utslag som er ubetydelige i praksis er derfor også med i analysen.

Bedrift X: X-4-1 er best, men så vidt bedre enn X-2 og X-4-2. X-1 er dårligst.

NB! Verktøy X-1 har minst diameter og færrest tenner.

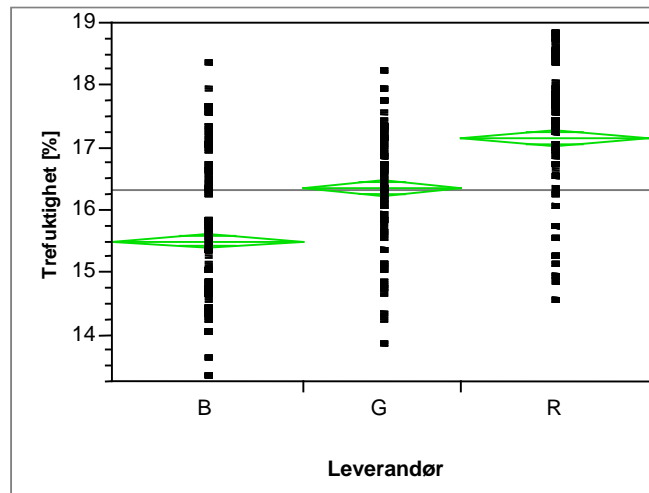
Bedrift Y: Verktøy Y-3 er så vidt bedre enn Y-3.

3.8. Leverandørforskjeller mht. høvlingsråstoffet

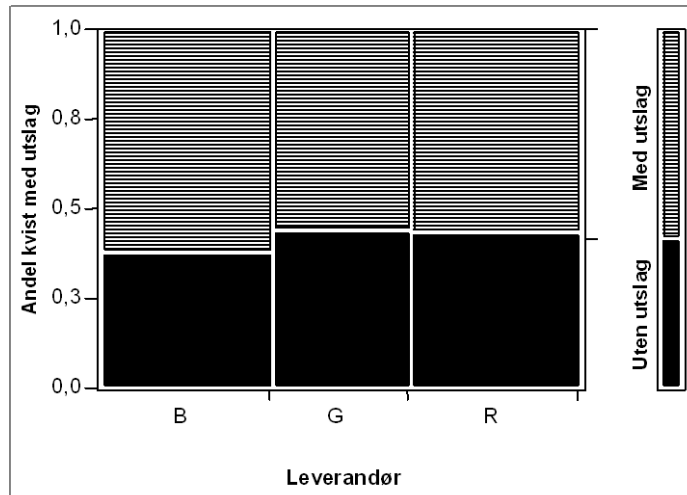
En av bedriftene har merket variasjon i høvlingskvalitet på virket fra sine råstoffleverandører. Denne variasjon kan ha bakgrunn i forskjellig praksis innen sortering og tørking. Det er ressurskrevende å lete etter forskjell i sortering. Vi valgte derfor å se på leverandørenes virkestørhet og høvlingsresultat.

Figur 56 viser at leverandør B har det tørreste virket (ca. 15,5 % fuktinnhold), mens virket fra leverandør R har høyeste fuktighetsinnholdet (ca. 17,2 %). Virket fra leverandør G ligger omtrent midt mellom disse.

Figur 57 og 58 viser praktisk talt det samme resultatet. Det tørreste virket er mest sprøtt, og det gir således flest utslag både i kvist totalt og i friskkvist. Det er relativt lite data for fiberutrivning pr. leverandør, slik at usikkerheten i resultatene blir stor. En har derfor valgt å utelate en statistisk analyse her. Hvem som har best høvlingsresultat på sitt virke av G og R kan også diskuteres, for alle forskjellene er små.



Figur 56. Forskjell i fuktinnhold i høvlede panelbord for tre ulike leverandører til en av bedriftene. Middelerdiene er vist med "diamanter". Punktene markerer enkeltverdier.



Figur 57. Andel kvist med utslag (inkl. kvisthull) for de tre råstoffleverandørene.



Figur 58. Andel utslag i "superfrisk" kvist for de tre råstoffleverandørene.

4. Diskusjon

4.1. Sortering i produksjonslinjen

Tendensen var den samme på begge bedriftene. Det nye verktøyet ga litt færre nedslag på grunn av produksjonsskader på notsiden, mens fjærsideresultatene er mer usikre. Det tradisjonelle verktøyet ved Bedrift X hadde mindre diameter (lavere skjærehastighet) og færre skjær (større mating pr. skjær). Mindre verktøydiameter gir dessuten en ugunstigere skjærekurve. De tre nevnte faktorer har vært et handikap for dette verktøyet i sammenligningen med de nyere verktøyene. Resultatene inneholder dessuten indikasjoner på at virkesseriene har variert mer enn ønskelig i kvalitet. Dette til tross for at det ble gjort store bestrebelse for å få virkesfordelingen i prøveseriene mest mulig lik.

4.2. Høvlingsfinish

4.2.1. Prosjektdeltakernes bedømmelse

Høvlingsfinish er i dette tilfelle en taksering av høvlingskvaliteten på feilfri virkesflate. Glatthet og glans er her viktige faktorer. Tørrere virke gir blankere overflate, og dette gjenspeiles med noe bedre finishresultater for Y-seriene. Det er imidlertid stor spredning mellom deltakerne, men majoriteten later til å følge en slags felles trend. Spørsmålet blir om forskjellen mellom verktøysettene er markant nok.

4.2.2. Treteknisk sin bedømmelse

Bedømmelsen foregikk med en person av gangen, slik at ytre påvirkning skulle unngås. Resultatene er likevel ganske samstemte, med en svak stigning i finish for de nyutviklede verktøy. Men spørsmålet blir fortsatt om denne stigningen er markant nok. Treteknisk har i likhet med prosjektdeltakerne kommet fram til at de tørreste materialene har beste finishen.

4.3. Utslag i kvist

Alle, både store og små, utslag ble tatt med under registreringene. Flere av de minste utslagene ville antakelig ikke blitt observert i produksjonssorteringen og således ikke føre til nedklassing. Rent helhetlig synes det likevel riktig å ta dem med.

Utslag i kvist ligger rundt 60 % (kvisthull inkludert) for not og fjærside til sammen, men reduseres til rundt 40 % når kvisthull holdes utenfor.

Ved Bedrift X hadde det tradisjonelle verktøyet mindre diameter og færre skjær. Ugunstigere skjærekurve, større mating pr. skjær og lavere skjærehastighet kan være årsak til svake resultater. Resultatene for notsiden viser noe bedring i andel utslag for nye verktøy når kvisthull er inkludert, unntatt for de to høyeste matehastighetene som ble forsøkt, men denne trenden er tvilsom når kvisthull holdes utenfor. Fjærsiden gir både med og uten kvisthull et bra resultat mht. til andel utslag for verktøysett B-4-1. Med hensyn til relative størrelser for utslagslengde, -bredde, -dybde og -volum, gir resultatene et uklart bilde av verktøysettene.

Ved Bedrift Y ga verktøy Y-2 best resultat både totalt og for notsiden. Det skal her påpekes at Y-2 og Y-3 på notsiden er samme verktøy. Variasjonen i kvalitet på høvlingsvirket i seriene må derfor ha vært avgjørende.

Tørrere virke er hardere og sprøere enn fuktigere virke og gir mer utslag og utriving. Dette preger nok Y-serienes resultater når de sammenliknes med X-seriene. Bedrift Y har for øvrig fastslått at skråstilte skjær i staff fremmer til dels store utslag i fjær.

4.4. Fiberutrivinger

Verktøy Y-1 har størst antall utrivinger, og er vel således klart dårligst. Andelen av fiberutriving vurderes som minst for verktøysettene X-4-1 og Y-2. Utriving innen fiberforstyrrelser varierer så mye for hvert verktøy at disse data ikke gir noe godt grunnlag for en kvalitetsrangering av verktøysettene.

4.5. Leverandørforskjeller

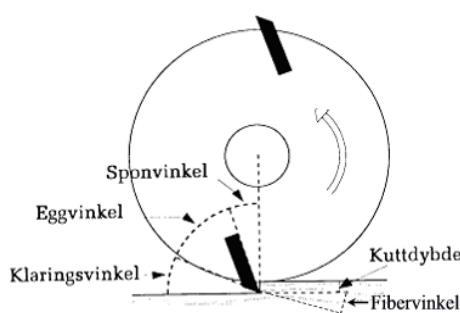
De tre råstoffleverandørene til en av bedriftene (B, G og R) solgte trevirke med markert forskjell i midlere fuktinnhold (henholdsvis 15,5 %, 16,3 % og 17,2 %). Utslag av kvist totalt er markert størst for det tørreste virket (Leverandør B).

4.6. Verktøyfaktorene og høvlingskvaliteten

Forsøksresultatene synes å vise at innvirkningen på resultatene fra de endringer som er gjort på høvlingsverktøyet, i mange tilfelle har vært vanskelig å fange opp i registreringene under de gitte produksjonsbetingelser. En klar synlig forbedring er imidlertid utskiftingen til sagblad for utfresing av not. Nyutviklingen har ellers omfattet flere momenter, blant annet verktøytyngde, -sammenbygging, -avbalansering, -materiale, -sponavløp og eggvinkler. De tre førstnevnte momentene har sannsynligvis mest innvirkning på finishen (en subjektiv resultatfaktor), mens andre effekter kan være objektivt målbare på produktet. Verktøymaterialets egenskaper vil først og fremst ha innflytelse på standtiden. Responsen på bedre sponavløp blir sannsynligvis merkbar (reduksjon av

flismerker på høvelflate) ved høye pådrag, det vil si ved store kuttdybder og matehastigheter som overfyller sponrommene i kutterhode/fres.

Sponvinkelens størrelse (figur 59) er hovedargument i funksjonen for hvor stor del av kutterhodets tilførte energi som skal brukes til å rive høvelsponene vekk fra høvlingsemnet. Energioverføringen i avsponingsprosessen kan i en viss grad reguleres med brekking av sponen på høvelskjærets brystflate. Ingen av forsøksverktøyene hadde sponbryter, så sistnevnte regulering var ikke mulig. Sponvinkelens størrelse var 25° og 30°. Variasjonen var således liten. Denne sponvinkelstørrelsen er helt i ytterkant av øvre grense for det aktuelle området og kan fort bli marginal ved synkende fuktinnhold i høvlingsvirket.



Figur 59. Effektiv sponvinkel er summen av sponvinkel og fibervinkel.

Den effektive sponvinkelen mht. utslag i kvist og utriving i fiberforstyrrelser er lik summen av sponvinkel og fibervinkel. Dette betyr at et verktøy med sponvinkel 30° i fiberforstyrrelser der fibervinkelen er 10°, vil ha en effektiv sponvinkel på 40°.

Den utrivende kraften styres av størrelsen på sponvinkelen. Dersom vi analyserer avsponingskreftene når verktøyeggen er midt i kutterslaget i høvlingsflaten (loddelinjen går samtidig gjennom kuttersenteret og spissen av verktøyeggen), øker utrivingskraften i dette punktet ca. 13 % fra sponvinkelen 25° til 30°. Endres effektiv sponvinkel fra 20° til 40°, blir denne kraften ca. 53 % større. Sammenligner vi sponvinklene 15° og 30°, øker utrivingskraften med ca. 73 %. Ved endring av sponvinkelen fra 10° til 30° blir utrivingskraften over 150 % større. Vi har her hele tiden omtalt utrivingskraften når verktøyeggen er midt i kutterslaget i høvlingsflaten. Det påpekes at verktøyets utrivingskraft øker drastisk etter dette punkt på grunn av den roterende endringen av verktøyeggens skjæreretning.

Avtakende sponvinkel vil gi færre utslag og utrivinger, men samtidig vil høvlingsflatens glans avta, og den vil etter hvert bli fløyelsmatt og ullen (fiberreising). Det blir derfor en avveining for hvor langt ned en kan gå med sponvinkelen. Med et fuktinnhold i trevirket mellom 8 % og 17 %, er kanskje 15° til 30° det mest aktuelle variasjonsområdet for sponvinklene i høvleriene i dag.

4.7. Standtider

Prosjektbedriftene ble bedt om å følge opp standtidene til verktøyene. Dette har vist seg å være mer besværlig jo flere verktøyskift (pga. ulike høvellastserier) og høvelmestre (to skift) som er inne i bildet. De dataene som en har fått inn i prosjektavslutningen angående endelige standtider (ikke komplette opplysninger) viser imidlertid at de fleste nye "Homogen"-fresene gir 2-3 ganger lengre standtid enn det gamle verktøyet (basert på bedriftenes rapportering av egne observasjoner).

5. Konklusjon

Overgangen fra tradisjonell notfres til notfres m/sagblad har gitt en mye renere og glattere not. Dermed er det blitt en mindre andel høvellast i de lavere kvalitetsklasser. Dette nye verktøyet gir en viktig forbedring innen høvelplatefinish. Det er særlig sammenføyningen not-fjær som utmerker seg på grunn av en liten fas på kanten av notens overleppe. Den lille brytningen (fasen) av overleppens kant er omtrent usynlig etter montasje, og den har redusert betydelig antallet av tilfeller med oppflising og utriving av denne kanten. De nye verktøyene har endret utslagsgivende nedklassingsårsak til hyppigst å ligge på fjærsiden (tidligere var det notsiden) av bordene.

Overgang til verktøy med større diameter og høyere tannantall har gitt verktøy med bedre skjærekurve, større skjærehastighet og mindre mating pr. skjærende egg. Dette ser ut til å ha hatt en positiv innvirkning, med blant annet noe reduksjon av utrivingstilfeller.

Resultatene for verktøyene X-4-2 og X-4-3 viser at for store matehastigheter fort reduserer fordelen med et bedre verktøy.

Det er ikke observert flismerker på høvlingsflatene under noen av forsøkene, så vi har ingen bevis for en bedre flisavgang fra de nye verktøyene. Lengre standtider kan imidlertid ha noe sammenheng med mindre kutterspon i skjærebanen og dermed et renere skjærearbeid.

Utslag i kvist og utriving i fiberforstyrrelser skulle gi objektive, målbare data for en kvalitetsgradering av verktøysettene, men alle resultat har dessverre ikke vært like ensartede. Bruk av samme verktøy med endret betegnelse i to serier har imidlertid avslørt at kvaliteten på høvlingsvirket må ha hatt avgjørende innvirkning til tross for at det i prosjektets oppleggsfase ble gjort store anstrengelser for å få kvalitativt like virkesserier.

Bearbeidingsfeil som utslag og utriving ble erfaringsmessig av gamle høvelmestre fastslått å ha sammenheng med verktøystålets vinkler og sponbryteravstander. Forsøksverktøyene har sponvinkler på 25° eller 30°. Uten sponbryter kan disse vinkelstyrrelser fort bli marginale og utslagsgivende når fuktinnholdet i høvlingsvirket beveger seg nedover fra 17 %.