

# Trelast med høyere styrke og stivhet –Tresterk

## Sluttrapport

Per Otto Flæte, Treteknisk

### Bakgrunn

At trelast er styrkesortert i en fasthetsklasse er en forutsetning for bruk av tre i bærende konstruksjoner som bl.a. bjelkelag, limtre, fagverk og takstoler. Selve styrkesorteringen foregår ved at tørr trelast enten sorteres visuelt etter den nordiske standarden INSTA 142, eller maskinelt med ulike typer maskiner som er godkjent etter reglene fastsatt i europastandarden NS-EN 14081 del 1-4. I Norge sorteres anslagsvis 80-90 % maskinelt, hovedsakelig med styrkesorteringsmaskinen Dynagrade i et tørrsorteringsanlegg der det sorteres skurlast. Et uoffisielt estimat fra Norsk Trelastkontroll for totalproduksjonen av styrkesortert trelast på 8-900.000 m<sup>3</sup> viser at styrkesortert trelast utgjør om lag en tredjedel av den årlige totalproduksjonen av skurlast i Norge på ca 2,4 mill m<sup>3</sup>. Dette betyr at styrkesortert trelast er den viktigste inntektskilden for veldig mange av de større industrisagbrukene og høvleriene.

Før prosjekt Tresterk ble igangsatt var den høyeste fasthetsklassen som ble sortert i Norge C30. Denne klassen har karakteristisk bøyefasthet på 30 N/mm<sup>2</sup>. Dette er lavere enn gjennomsnittsfastheten på trelast fra norsk sagtømmer som ligger på godt over 40 N/mm<sup>2</sup>.

### Mål

Hovedmålet med Tresterk var å gjøre det mulig å sortere ut trelast med høyere styrke og stivhet enn det som ble gjort ved norske sagbruk før prosjektet ble satt i gang.

### Gjennomføring

Seks sagbruk har deltatt i prosjektet sammen med Norske Takstolprodusenters Forening, Norske Limtreprodusenters Forening, NMBU, Microtec, Viken Skog og Treteknisk, med sistnevnte som prosjektleder. Prosjektet er finansiert av Forskningsrådet, Skogtiltaksfondet, Fondet for Treteknisk Forskning og deltakerne selv.

Prosjektets innfallsvinkel har blant annet vært å kombinere skoglige data med maskinsortering i industrien. I prosjektarbeidet har effekten av å styrkesortere i ulike steg fra skog til ferdigtørket trelast blitt kvantifisert. Dette har lagt grunnlaget for at

sagbruk kan ta ut høyere styrkeklasser uten nødvendigvis å investere i veldig kostbar teknologi.

Densitet, E-modul (MOE) og bøyefasthet (MOR) er de viktigste egenskapene til konstruksjonslast, og disse egenskapene varierer betydelig innen europeiske treslag, både innen og mellom ulike land. Den store variasjonen som finnes mellom bestand, mellom trær innen bestand og innen enkelttrær fører til at styrkesortering av hver enkelt plank blir avgjørende. Konstruksjonslast sorteres i styrkeklasser med definerte krav til egenskaper. Siden mange av styrkesorteringsmaskinene som brukes bare beskriver en del av den store variasjonen, er det viktig å velge styrkeklasser som passer til tømmeret som brukes som råmateriale. Dette gjør det nødvendig med god kunnskap om variasjonen i virkesegenskapene og å bruke denne informasjonen til å avgjøre hvilket råstoff som passer til spesielle produkter.

Det ble samlet inn tømmer fra 14 felt på Sørlandet, Østlandet og Trøndelag, og trelasten ble skåret, tørket og styrkesortert på lokale sagbruk. E-modul og bøyefasthet ble registrert ved firepunkts bøyning i laboratorium, og densitet ble registrert i små prøver tatt ut nær bruddstedet i hver planke. Data og geografisk opprinnelse og data fra trær og skogbestand ble registrert og hver planke ble individmerket slik at alle data fra skogen og fra sagbrukene kunne brukes til å modellere virkesegenskapene. I tillegg til nye data som ble samlet inn i prosjektet ble det brukt data fra tre felt i Østfold fra et tidligere prosjekt, og resultatene er basert på data fra 1551 planker, fra til sammen 17 felt. I tillegg er det gjennomført industriforsøk. Det er gjennomført et PhD-studium i prosjektet.

## Resultater

En viktig del av prosjektet ble gjennomført som et PhD-studium. Carolin Fischer disputerte 2016-06-17 til graden PhD ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet (NMBU). Tittelen på hennes avhandling er: «Density and bending properties of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) structural timber – Inherent variability, site effects in machine strength grading and possibilities for presorting».

## Modellutvikling

Variasjonen i densitet, E-modul og bøyefasthet ble først undersøkt i et lokalt forstudium, basert på data fra tre felter i Østfold. Det viste at betydelige deler av variasjonen til alle egenskapene kunne forklares med bestand, relativ diameter i brysthøyde (i forhold til gjennomsnittsdiameter i bestand) og relativ posisjon i lengderetningen i hvert tre. Dette ble studert videre med data fra de andre feltene, og mye av bestandsvariasjonene ble forklart med negative effekter av høyde over havet og bonitet. For densitet var det også en negativ effekt av nordlig breddegrad. Bonitet var negativt korrelert med høyde over havet i datasettet, og ingen av de nevnte

variablene hadde signifikant effekt på virkesegenskapene uten at det ble korrigert for de andre forklaringsvariablene. De multiple modellene som er utviklet beskriver imidlertid en netto reduksjon i virkesegenskapene med høyde over havet selv om man korrigerer for forventet reduksjon i bonitet. På trenivå var alder, diameter i brysthøyde og lengdeposisjon i stammen de viktigste forklaringsvariablene. Modellene forklarte store deler av bestandsvariasjonen for alle egenskapene, og en betydelig del av trevariasjonen i bøyefasthet.

## **Økt sorteringsutbytte ved å ta i bruk måling av densitet**

En analyse av bestandseffekter i styrkesortering viste at både styrkesortering basert på resonansfrekvens (Dynagrade) og styrkesortering basert på dynamisk E-modul (Precigrader) har betydelige bestandseffekter, og at disse er relatert til høyde over havet, breddegrad og bonitet. Bestandseffektene var mindre for styrkesortering basert på dynamisk E-modul enn for styrkesortering basert på resonansfrekvens, og for begge sorteringsmetodene var bestandseffektene mindre for bøyefasthet enn for E-modul og densitet. Resultatene viste at densitet, registrert som forholdet mellom vekt og volum til hele planken, forklarer bestandseffektene til alle de undersøkte virkesegenskapene, og at dette kan brukes som en IP-verdi i tillegg til resonansfrekvens. Slike densitetsmålinger kan gjennomføres på en forholdsvis enkel og automatisert måte på et sagbruks sorteringsanlegg. Simuleringer viste at kravene til virkesegenskaper kan oppfylles med et større utbytte dersom sorteringen er basert på en slik kombinasjon fremfor bare resonansfrekvens.

## **Effekt av å forsortere tømmer**

Muligheten for å øke kvalitetsutfallet ved hjelp av forsortering basert på akustiske målinger og skog- og tredata ble undersøkt for styrkesorteringsmaskinen Dynagrade. De to akustiske verktøyene som ble testet var fra Fibre-Gen, og de registrerte enten lydshastighet i stående trær (ST300) eller resonansfrekvens i stokker (HM 200). Både de akustiske målingene i stående trær og de i stokker beskrev deler av IP-verdien fra Dynagrade, men nøyaktigheten var bedre for målingene på stokker med HM200 enn for målingene på stående trær med ST300. Modellen basert på lydshastighet i stående trær ble betydelig forbedret ved å ta inn tredata, og variablene som ble brukt var forholdet mellom høyde og diameter, alder og relativ posisjon i trees lengderetning. Forbedringen var mindre for modellen basert på resonansfrekvens i stokker, selv om det var en tilleggseffekt av avsmaling. Simuleringer av utbyttet i C30 viste en økning på 16 prosentenheter med forsortering basert på modeller med lydshastighet i trær og 22 prosentenheter med modeller basert på resonansfrekvens i stokker.

## Første norske sagbruk godkjent for sortering av C40

I prosjektet er det gjennomført industriforsøk for å analysere mulighetene for å produsere høyere styrkeklasser. Industriforsøkene har blant annet vist at ved sortering av C40 vil det være nødvendig å forsortere tømmeret for å sikre et tilstrekkelig utbytte av C40. Ved maskinell sortering basert på dynamisk E-modul (Precigrader) varierte utbyttet av C40 fra ulike bestand fra om lag 1 % til 60 %. For å kunne oppnå et godt utbytte av C40 er det derfor avgjørende å benytte modeller som er utviklet i prosjektet for å forsortere tømmeret.

For å kunne styrkesortere konstruksjonsvirke i styrkeklasse C40, må produsenten godkjennes i henhold til NS-EN 14081. Sommeren 2015 ble det det første norske sagbruket godkjent for sortering av styrkeklasse C40 som en del av prosjektet.

C40-virke fra denne produsenten har blant annet blitt benyttet i limtrebuene i nye Steien bru i Alvdal som ble ferdig i 2016. Den nye brua som fører riksvei 3 over Glomma er en nettverksbru med fagverksbuer i limtre. Det er første gang det er benyttet limtre i en slik brukonstruksjon. Brua består av kun ett spenn med en lengde på 88 meter, og man kan dermed fjerne gamle fundamentet som stod ute i elven.

## Publikasjoner fra prosjektet

### Konferanseartikler

Flæte PO, Aanerød, RS, (2015) Machine grading of structural timber into strength class C40.

Paper presented at the 10th Meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE), Poznan, Poland

Fischer C, Vestøl GI, Høibø O, Øvrum A, (2014) Variability og Norway spruce structural timber. Paper presented at the 10th Meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE), Edinburgh, UK

Vestøl GI, Fischer C, Høibø O, Øvrum A, (2014) Improved strength grading by presorting based on density and origin of timber. Paper presented at the 10th Meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE), Edinburgh, UK

Fischer C., Vestøl G.I., Høibø O.A. 2013. Using stand- and tree characteristics to improve the accuracy of strength grading of spruce timber. Proceedings of the 9<sup>th</sup> Meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE) September 11-12, 2013, Hannover, Germany.

Fischer C, Øvrum A, Vestøl GI, Høibø O (2013) Performance of acoustic tools for pre-grading of Norway spruce structural timber. Paper presented at the 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, Madison, Wisconsin

Øvrum A, Fischer C, Vestøl GI, Høibø O (2013) Combining acoustic measurements with site-, tree- and log characteristics for pre-sorting of Norway spruce structural timber.

Paper presented at the 18th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, Madison, Wisconsin

- Fischer, C; Vestøl, GI, Høibø, OA (2013) Modelling the effect of stand- and tree characteristics on the accuracy of strength grading of spruce timber. Paper presented at the International IUFRO Conference MeMoWood, Nancy, France
- Fischer, C; Vestøl, GI, Høibø, OA (2013) Using stand- and tree characteristics to improve the accuracy of strength grading of spruce timber. Paper presented at the 9th Meeting of the Northern European Network for Wood Science and Engineering (WSE), Hannover, Germany
- Høibø, OA; Vestøl, GI.; Øvrum, A (2012) Modelling modulus of elasticity and modulus of rupture of Norway spruce sawn timber with tree and stand characteristics. Paper presented at the 2012 IUFRO Conference Division 5 Forest Products, Lisbon, Portugal
- Øvrum A (2011) In forest assessment of timber strength. Paper presented at the 17th International Nondestructive Testing and Evaluation of Wood Symposium, Sopron, Hungary

### **Fagfelleverderte journalartikler**

- Fischer, C., Vestøl, G.I., Øvrum, A. & Høibø, O. Site effects in machine strength grading of Norway spruce structural timber. *European Journal of Wood and Wood Products* (Under review)
- Fischer, C., Vestøl, G.I. & Høibø, O. 2016. Modelling the variability of density and bending properties of Norway spruce structural timber. *Canadian Journal of Forest Research*.46:978-985. [dx.doi.org/10.1139/cjfr-2016-0022](https://doi.org/10.1139/cjfr-2016-0022)
- Vestøl GI, Fischer C, Høibø O, Øvrum A (2016) Between- and within-site variation of density and bending properties of *Picea abies* structural timber from Norway. *Scandinavian Journal of Forest Research*. doi:10.1080/02827581.2016.1174733
- Fischer, C., Vestøl, G.I., Øvrum, A. & Høibø, O.A. 2015. Pre-sorting of Norway spruce structural timber using acoustic measurements combined with site-, tree- and log characteristics. *European Journal of Wood and Wood Products* 73(6):819-828. [dx.doi.org/10.1007/s00107-015-0946-5](https://doi.org/10.1007/s00107-015-0946-5)
- Høibø O, Vestøl GI, Fischer C, Fjeld L, Øvrum A (2014) Bending properties and strength grading of Norway spruce: variation within and between stands. *Canadian Journal of Forest Research* 44 (2):128-135. doi:10.1139/cjfr-2013-0187
- Øvrum A (2013) In-forest assessment of timber stiffness in Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *European Journal of Wood and Wood Products* 71 (4):429-435. doi:10.1007/s00107-013-0694-3

### **PhD-grader**

- Fischer, Carolin (2016) Density and bending properties of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) structural timber — Inherent variability, site effects in machine strength grading and possibilities for presorting. Norwegian University of Life Sciences. *Philosophiae Doctor (PhD) Thesis* 2016:43.

### **Mastergrader**

- Fjeld, Ludvig (2012) Modelering av MOR i konstruksjonsvirke av norsk gran (*Picea abies* (L.) Karst.) med bestands og trekarakteristikker. Mastergradsoppgave i Skogfag - Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for naturforvaltning, Ås.

Aanerød, Runa Stenhammer (2014) Modeling Density and Mechanical Properties in Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst) by Forest Inventory data. Mastergradsoppgave i Skogfag - Universitetet for miljø- og biovitenskap, Institutt for naturforvaltning, Ås.

Mennicke, Friederike (2014) Using acoustic measurements to predict properties of Norway spruce (*Picea abies* (L.) Karst.) timber. Masterarbeit an der Fakultät für Holzwissenschaften und Waldökologie der Georg-August-Universität Göttingen. Abteilung Holzbiologie und Holzprodukte. (In German).

### **Populærvitenskapelige artikler**

Øvrum A (2011) Tresterk. Treteknisk Informasjon 2/11

Øvrum A (2011) Sortering i skog for bedret sorteringsutbytte på Dynagrade. Treteknisk Informasjon 3/11

Øvrum A (2012) Rätt stockar ger bättre utfall från hållfasthets-sortering. Nordisk Träteknik Såg & Trä nr. 7/8

### **Medieomtale**

Prosjekt Tresterk- Økt konkurransedyktighet med sterkere trelast. Artikkel i Magasinet Treindustrien 04/12

### **Presentasjoner**

2011-12-13. Julemøte i Treindustriens Tekniske Forening

2013-03-13. Styremøte på Treteknisk

2013-06-27. O-møte på Treteknisk

2013-12-10. Julemøte i Treindustriens Tekniske Forening

2014-02-04. Moelven Tekniskforum

2015-12-08. Julemøte i Treindustriens Tekniske Forening

2015-12-09. Styremøte Norsk Takstolforening

2016-02-09. Treindustriens Tekniske Forening. Fagdag kamerasortering

2016-04-27. O-møte på Treteknisk

2016-06-20. Fagseminar på Treteknisk for prosjekt Ethikos (greske forskere)