

Testiraportti: Hessundin sillan lujuuslajittelun muottipurkupuun uudelleenkäyttö



Puuaineksen käytön lisääminen rakennusmateriaalina on edelleen Suomen hallituksen keskeinen tavoite (Ympäristöministeriö, 2016). Lisäksi Euroopan komissio pyrkii siihen, että 70 % rakentamis- ja purkujätteestä kierrätetään. Tämän selvityksen tarkoituksena on osoittaa lujuuslajitellun materiaalin uudelleenkäytön mahdollisuuksia esimerkkitapahtumana Hessundin sillan purkupuun.

Silvast Jouni 050-3001786
jouni.silvast@metsakeskus.fi

Testiraportti: Hessundin sillan muottipuun Lujuuslajittelu

Sisällysluettelo

1. Johdanto	2
1.1 Tausta ja tavoitteet	2
1.2 Tutkimuksen rakenne ja menetelmät.....	3
2. Tutkimuksen kohde.....	3
2.1 Hessundin siltatyömaa, Parainen	3
2.1.1 Kenttäkokeen suunnittelu	5
2.1.2 Ohjeet testilajitteluun tulevan sahatavaran toimittajalle	6
2.1.3 Visuaalisen lujuuslajittelun tekninen arviointi	7
2.1.4 Mittaukset ja otanta Hessundin siltatyömaalla.....	8
3. Työn suorittaminen	10
3.1 Laboratoriotestiin menevän sahatavaran visuaalinen lajittelu	11
4. Lujuusluokkien vertailutestit testilaboratoriossa Mikopolis Mikkeliissä	14
4.1 Laboratoriotestien tulokset ja vertailu visuaalisiin lajittelun tuloksiin.....	14
4.2 Taivutustestien ja visuaalisen lajittelun vertailu	16
5. Yhteenveto visuaalisesta lajittelusta ja testilaboratorion tuloksista	19
6. Osatoimenpide 2: Lujuuslajitteluohjeistus ja jatkotoimenpiteet purkupuun lajittelulle.....	21
6.1 Jatkotoimet ehdotus Osatoimenpide 2	22
7. Liitteet	23
7.1 Mikopolis testiraportti	23
7.2 Valokuvia testeistä ja lajittelusta	23

Hessundin sillan lujuuslajittelun muottipurkupuun uudelleenkäyttö

Johdanto

1.1 Tausta ja tavoitteet

Rakennettu ympäristö aiheuttaa merkittävän osan yhteiskunnan ilmastopäästöistä. Ilmastonmuutosta ja kasvihuonekaasupäästöjen kasvua voidaan osaltaan hillitä käyttämällä rakennusmateriaalina uusiutuvaa ja ekologista, moniin käyttökohteisiin soveltuvaa kotimaista uutta sahattua puuta tai vaihtoehtona myös puretuista kohteista kierrätettyä puutavaraa. Jalostettu puuraaka-aine toimii hiilivarastona ja puutalot aiheuttavat koko elinkaarensa aikana vähemmän ilmasto- ja ympäristöhaittoja kuin vastaavat muista materiaaleista rakennetut talot.

Purkukohteiden elinkaaren lopussa puutuotteet voidaan kierrättää ja käyttää uudelleen soveltuvissa kohteissa. Kantavista rakenteista purettaessa tulevaa sahatavaraa voitaisiin käyttää uudelleen suoraan tai kierrättää rakenteellisiin tarkoituksiin. Nykyään ei kuitenkaan ole vakiintuneita kierrätyspuumarkkinoita, koska tälle tuotteelle ei ole sovittua luokitusjärjestelmää.

Puretun puun käytön lisääminen rakennusmateriaalina sekä resurssitehokkuuden lisääminen on yleisesti tunnustettu tavoite Euroopan komissiossa. Myös Suomen uusi rakentamislaki sisältää menettelytapoja rakenteellisten osien uudelleenkäytön lisäämiseksi mm. vaatimus ennakkopurkukartoituksen toimittamisesta purettavassa kohteessa.

Helsingin kiertotalousklusterin toimesta on julkaistu tuotemääritytely työkalu hyödynnettäväksi rakennuspaikkakohtaisessa varmennuksessa tietyille tyypillisille uudelleen käytettäville rakennustuotteille. <https://testbed.hel.fi/kiertotalous/kirjasto/> Näillä tuotemääritytelyillä ei tule olemaan viranomaismääräysten statusta, mutta ne helpottavat yhteisen näkemyksen hakemisessa, kun rakennusvalvonnalle osoitetaan uudelleen käytettävien rakennustuotteiden kelpoisuutta aiotussa rakennuskohteessa. Työkalu edellyttää, että rakennushankkeeseen ryhtyvän/suunnittelijan on selvitettävä rakennuspaikkakohtaisesti, että tuote täyttää sitä koskevat olennaiset tekniset vaatimukset. Päteväksi katsottu selvitys voi perustua esimerkiksi vapaaehtoiseen sertifikaattiin, tutkimusraporttiin, laskentaan tai ulkopuolisen tahon tekemään lausuntoon.

Viimekädessä rakennusvalvoja päättää, onko esitetyt kirjalliset selvitykset riittäviä.

Helsingin kiertotalousklusterin tilaamana Suomen Sahayrittäjät ry yhdessä Suomen metsäkeskuksen kanssa ovat selvittäneet muottipurkupuun visuaalisen lajittelun ja testilaboratoriossa toteutettujen taivutustestien korrelaatiota ja purkupuun soveltuvuutta uudelleenkäyttöön rakennusmateriaalina. (osatoimenpide 1) Tarkoituksena oli selvittää, soveltuuko Paraisilla sijaitsevan ja purettavan Hessundin sillan purettu materiaali uudelleen

käytettäväksi kantaviin rakenteisiin visuaalisen INSTA – 142 lajittelun nykyisten ohjeiden perusteella sekä kehittää mahdollisessa jatkohankkeessa INSTA – 142 standardin liitteeksi lisäohjeet tai mahdollisesti kokonaan uusi purkupuuluokka purkumateriaalin lujuuslajittelua varten. (osatoimenpide 2) Tarkoituksena on jatkossa huomioida purkupuun lujuuslajittelu visuaalisen lujuuslajittelun koulutuksissa tämä uusi purkupuun ohjeistus sekä myöntää lajittelijoille kouluttajan antama pätevyys ja todistus rakennuspaikkakohtaiseen lujuuslajitteluun myös purkukohteiden kantavalle sahatavaralle.

1.2 Tutkimuksen rakenne ja menetelmät

Osatoimenpide 1 toimeksianto

Hessundin siltatyömaalla Paraisilla suoritetaan kenttäkokeena visuaalinen lujuuslajittelu sillan puumuotin tukirakenteista puretulle sahatavaralle (koko vähintään 47 x 100), jossa kokeellinen visuaalisen lujuuslajittelun tekninen arviointi suoritetaan 200 kpl useammasta eri osasta siltakohdetta kerätylle sahatavaralankulle lujuusluokkiin C18, C24 ja/tai C30.

Lujuuslajiteltavista kappaleista mitataan otantana dimensio, pituus ja kosteus sekä jokaisesta kappaleesta lujuusluokka ja se lujuuteen vaikuttava ominaisuuden raja-arvo, johon lajittelupäätös perustuu. Vertailuun otetaan tästä sahatavaraerästä näytekappaleita (20 kpl), joiden lujuusarvot selvitetään tarkemmin testilaboratoriossa.

Mikkelin Mikpoliksessa tehdään vertailevat taivutustestit 20 kappaleelle. Näistä testeistä saadaan kappaleen taivutuksen murtolujuus sekä kimmomoduuli.

Osatoimenpiteen lopputuloksena syntyy testiraportti, joka sisältää analyysin suoritetusta visuaalisesta lujuuslajittelusta ja sen erityispiirteistä (verrattuna uuden sahatavaran lujuuslajitteluun) sekä testilaboratoriossa tehtyjen vertailevien lujuustestien tulokset; Excel ja pdf raporttina.

1. Tutkimuksen kohde

2.1 Hessundin siltatyömaa, Parainen

Muottipuun lajittelu 13.5.2024 Hessundinsalmen siltatyömaalla. Hessundintie 35, 21600 Parainen.

Työmaa perehdytys tapahtui maanantaina 13.5. klo 7:30 Kirjalansalmen siltatyömaalla: Kirjalan rantatie 1, 21610.

Työskentelyä varten vaadittiin purkukohteen urakoitsijan antama perehdytys, joka kesti noin 1,5 h. Ennen perehdytystä tuli lajittelijoilla olla suoritettuina työturva ja tieturva 1, kortit mukana ja ne tarkistettiin perehdytyksen jälkeen.

Kirjalansalmen ja Hessundinsalmen siltojen uusiminen – hankkeen toteuttaa Kreate Oy:n ja Väyläviraston muodostama allianssi, joka on Kirjalansalmen ja Hessundinsalmen silta-

allianssi. Siltatyömaat kohdistuu maantiesuudelle 180 Kaarina -Korppoo eli Saaristotien kahteen suureen ja käyttöikänsä loppupäässä olevaan siltaan.

MT 180 KIRJALANSALMEN JA HESSUNDINSALMEN SILTOJEN UUSIMINEN, ALLIANSSI

- Kirjalansalmen ja Hessundinsalmen sillat sijaitsevat maantiellä 180 (osa ns. Saariston Rengastie matkailureittiä) Kaarinan ja Paraisten välillä.
- Tieyhteyden merkitys Paraisten alueelle on huomattava, koska se on ainoa maantie yhteys saaristoon.
- Nykyinen 60 -luvulla rakennettu Kirjalansalmen riippusilta on tulossa käyttöikänsä päähän ja on tarkkailussa kuntonsa vuoksi
- Hessundinsalmen silta on v. 1937 rakennettu ja v.1967 levennetty teräsbetoninen sauvakaarisilta
- Hankkeen toteutus v. 2021 -2026, rakentaminen keskittyy v. 2023 -2025



HANKKEEN SISÄLTÖ: HESSUNDINSALMEN SILTA

- Sillan pituus 200 m, alikulkukorkeus 16 m, hyötyleveys 16,25m (ajoneuvoille 10m + kevyelle liikenteelle 6,25 m)
- Niveljalkainen jännitetty palkkikehäsilta.
- Valmis 2024 loppu vuonna
- Lisäksi
 - Kalakoulun rs, Valoniemen akk
 - Kuivatus; hulevesipumppaamo Valoniemen alikulkukäytävään
 - Maantie M1 n. 1,4 km
 - J-tiet yht. n. 1,9 km
 - Valaistus koko suunnittelualueelle





Kuva 1. Hessundin uusi silta valmistuu 2024 loppuun mennessä.



Kuva 2. **Suurten maantiesiltojen ja rautatiesiltojen rakentaminen** vaatii merkittäviä määriä puutavaraa tukirakenteisiin, muotteihin ja väliaikaisiin rakenteisiin.

2.1.1 Kenttäkokeen suunnittelu

INSTA – 142 standardin mukaisesti lajiteltava puutavara tulee olla pohjoismaista keskinkertaisissa kasvuolosuhteissa kasvanutta (ei kitukasvuista puuta) mäntyä – ja/tai kuusta.

Sahauksen tulisi olla pohjoismaisen käytännön mukaisesti nelisahauksella tai muodostettu muulla tavalla vastaavaksi keskitavaraksi. Eli normaalisti ydinhalki sahaus, jossa ydin on toisella lappeella ja pintapuoli toisella.

2.1.2 Ohjeet testilajitteluun tulevan sahatavaran toimittajalle

Dimensioiden tulisi olla standardin mukaisesti paksuus yli 45 mm ja leveys yli 75 mm. Normaalit keskitavaramitat esim. 50–63–75 paksuus ja *100/125/150/175/200 leveys. Myös parruja voidaan lajitella.

Lankeavat mitat käyvät, mitä purkukohteesta tulee.

Lajiteltavaksi on valikoitava sahatavaraa, joka täyttää standardin ohjeen vajaasärmän määrästä: Kaikissa lujuusluokissa kappaleen poikkileikkauksessa työstettyjen pintojen on oltava vähintään 2/3 kappaleen reunoilla ja lappeella. Eli 1/3 saa olla vajaata. Tämä ohje on kaikissa lujuusluokissa sama. Yli 1/3 vajaata joko lappeella tai syrjässä tipauttaa kappaleen automaattisesti hylkyyn.

Pahasti rikkoutuneita kappaleita on turha myöskään ottaa lajiteltavaksi.

Hessundin siltatyömaalla Paraisilla suunniteltiin tehtävän kenttäkokeena visuaalinen lujuuslajittelu sillan puumuotin tukirakenteista puretulle sahatavaralle (koko vähintään 47 x 100), jossa kokeellinen visuaalisen lujuuslajittelun tekninen arviointi suoritetaan 200 kpl useammasta eri osasta siltakohdetta kerätylle sahatavaralankulle lujuusluokkiin C18, C24 ja/tai C30.

Lujuuslajiteltavista kappaleista suunniteltiin mitattavan otantana dimensio, pituus ja kosteus sekä jokaisesta kappaleesta lujuusluokka ja se lujuuteen vaikuttava ominaisuuden raja-arvo, johon lajittelupäätös perustuu. Laboratoriatestin Mikkeliin tehtyyn vertailuun otettiin tästä sahatavaraerästä näytekappaleita (20 kpl), joiden lujuusarvot selvitettiin tarkemmin testilaboratoriossa Mikopoliksessa Mikkeliissä.

Lajittelun osallistuneet henkilöt

Kenttäkokeen vastuuhenkilönä toimi Suomen metsäkeskuksen projektipäällikkö Jouni Silvast, jolla on pitkä kokemus lujuuslajittelukouluttajana Varsipuu ry:n sekä Suomen Sahayrittäjät ry:n ja Metsäkeskuksen hallinnoimana.

Mika Lottanen on puualan yrittäjä ja vuoden 2023 Sahayrittäjä. Mikalla on todistus lujuuslajittelupätevyydestä ja pitkälinen kokemus sahauksesta ja höyläyksestä.

[Sirkkelisahaus Mika Lottanen - Suomen Sahayrittäjät Ry \(sahayrittajat.fi\)](https://sahayrittajat.fi)

Jarno Silvast (XAMK:n teollisen puurakentamisen 3- vuosikurssiin opiskelija) toimi vastaanottajana sekä lajitellun tavaran tulosten kirjaajana.

Kirjaamista ja tulosten myöhempää analysointia varten valmistettiin tuloslomake, johon jokaisesta lajiteltavasta kappaleesta merkattiin järjestyksessä; lujuusluokka (C30, C24, C18), dimensio, pituus sekä puun kosteus otantana.

Hessund -silta, Parainen Lajittelutiedot

Lämpötila ja suhteellinen kosteus 13.5.2024; Parainen

Kappale nro								Kosteus %	Ominaisuuden raja-arvo
	C30	C24	C18	Hylky	Pituus	Dimensio	Testi kpl Mikkeli		
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
14									
15									
16									
17									
18									
19									
20									
21									
22									
23									
24									
25									
26									
27									
28									
29									
30									
31									
32									
33									
34									
35									
36									
37									
38									
39									
40									

2.1.3 Visuaalisen lujuuslajittelun tekninen arviointi

Visuaalisen lujuuslajittelun kappalekohtaisessa teknisessä arvioinnissa purkukohteessa käytettiin pohjoismaista lujuuslajittelun standardia; **SFS 5878 INSTA 142 – Sahatavaran lujuuslajittelun pohjoismaiset säännöt**. Visuaalisesti lujuuslajitellun sahatavaran CE-merkintä perustuu harmonisoituun tuotestandardiin EN 14081-1:2005+A1:2011.

Sahatavaran pohjoismaisen lujuuslajittelustandardin INSTA 142 (julkaistu standardissa SFS 5878) mukaiset pohjoismaiset lujuusluokat (T) on muunnettu eurooppalaisen lujuusluokitusstandardin EN 338:n mukaisiksi eurooppalaisiksi lujuusluokiksi (C) standardin EN 1912 perusteella.

INSTA 142:n mukaisesti lujuuslajiteltu sahatavara jaetaan lujuusluokkiin C30, C24, C18 ja C14 siten, että asiakaskohtaiset määritteet eivät saa poiketa lujuutta alentavaan suuntaan.

INSTA- 142 standardissa esitetään mitkä ominaisuudet pitää ottaa huomioon kantaviin rakenteisiin käytettävän sahataavaran visuaalisessa lujuuslajittelussa. Standardissa on määritelty ne ominaisuuksien raja-arvot kullekin lujuusluokalle, joiden mukaan visuaalista lajittelua tehdään.

Hessundin siltatyömaan muottipurkupuun lajittelussa käytettiin INSTA – 142 ohjeiden mukaan tehtyjä ja koulutuksessa käytettäviä ominaisuuksien raja-arvojen tiivistettyjä ohjeita:

INSTA 142 TIIVISTETYT OHJEET

Päivitetty 2.1.2014

Ominaisuudet ja suurimmat sallitut viat, koot tai poikkeamat eri lujuusluokissa				
OKSAT	Oksan koon suhde vastaavaan syrjään tai lappeeseen			
	T3 (C30)	T2 (C24)	T1 (C18)	T0 (C14)
Syrjälaksa	1/3	1/2	4/5	1/1
Lapeaksa	1/6	1/4	2/5	1/2
Poikaaksa (pysty sarviosa)	Ei sallita lainkaan	Syrjällä sallitaan, kuten yksittäisen oksa, jos pituus < kappaleen leveys		Sallitaan
Oksasumma	Suurin sallittu koko on yhtä suuri, kuin suurimman sallittu syrjä- ja lappeksen mittojen summa			
Parrujen oksat	1/5 (20 %)	2/5 (40 %)	3/5 (60 %)	4/5 (80 %)
Parrujen oksasumma	Enintään neljä kertaa suurimman sallittu yksittäisen oksan mittakulujen summa kaikissa luokissa			
VINOSYISYYS JA VUOSLUSTOT				
Vinosyisyys	Korkeintaan 1:10	Korkeintaan 1:8	Korkeintaan 1:6	Korkeintaan 1:4
Vuosilustojen väli	Keskiarvo enintään 4 mm	Keskiarvo enintään 6 mm	Keskiarvo enintään 8 mm	Ei rajoitusta
HALKEAMAT				
	T3 (C30)	T2 (C24)	T1 (C18)	T0 (C14)
Kuivumishalkeamat, ei läpimenevät	Ei rajoitusta, jos halkeamien syvyys on enintään puolet sahataavaran paksuudesta			Sallitaan koko kappaleen pituudelta. Ei kuitenkaan läpimenevää. Myös sormen leikkaavat.
Kuivumishalkeamat, yli puolet tavarankappaleesta	Sallitaan enintään yksi metri, mutta ei enempää, kuin 1/4 kappaleen pituudesta		Sallitaan enintään 1,5 m; korkeintaan 1/2 pituudesta	
	Ei sallita sormäärmä leikkaavia halkeamia			
Kuivumishalkeamat, läpimenevät	Sallitaan ainoastaan kappaleiden välillä, jos halkeaman pituus on enintään kappaleen leveys. Ei kuitenkaan pidempiä kuin 15 cm.			Kokonaispituus ≤ 0,5 m. Päässä ≤ 15 cm.
Kaatohalkeamat	Ei sallita			
Rengashalkeamat	Ei sallita	Sallitaan leveys ≤ 50 mm (syvyys ≤ 25 mm) ja pituus ≤ 0,5 m		Sallitaan, jos pituus ≤ 1 m
LATVAMURTUMA, SYYHÄIRIÖ JA VAJAÄÄRMÄ				
	T3 (C30)	T2 (C24)	T1 (C18)	T0 (C14)
Latvamurtuma ja syyhäiriö	≤ 1/4 lappeen leveydestä keskeillä (25 %)	≤ 1/2 lappeen leveydestä keskeillä (50 %)	≤ 3/4 lappeen leveydestä (75 %)	≤ 1/2 lappeen leveydestä (50 %)
Vajaäärmä	Kaikissa lujuusluokissa kappaleen poikkileikkauksessa työstettyjen pintojen on oltava vähintään 2/3 kappaleen reunoilla ja lappeella			

INSTA 142 TIIVISTETYT OHJEET

Päivitetty 2.1.2014

TOLERANSSIT koskevat 20 % kosteuspitoisuutta vastaavia mittoja. Keskimääräinen paksuus ja keskimääräinen leveys eivät saa alittaa tavoitemittoja				
Toleranssi luokka 1. Sahattu rakennesahatavara				
Paksuus ja leveys	≤ 100 mm	- 1 mm	+ 3 mm	
	≥ 100 mm	- 2 mm	+ 4 mm	
Toleranssi luokka 2. Höylätty / mitallistettu tavara				
Paksuus ja leveys	≤ 100 mm	- 1 mm	+ 1 mm	
	≥ 100 mm	- 1,5 mm	+ 1,5 mm	
Kosteuden ollessa alueella 20 – 30 %, lisätään nimellismittoihin 0,25 % kutakin alkavaa kosteuden lisäntymisprosenttia kohden. Vastaavasti kosteuden alittaessa 20 %, vähennetään nimellismitoista 0,25 % kutakin vähenevää kosteusta kohden				
LAPEVÄÄRYYS, SYRJÄVÄÄRYYS, KIEROUS JA KUPERUUS				
	T3 (C30) ja T2 (C24)	T1 (C18) ja T0 (C14)		
Lapevääritys	≤ 10 mm 2 metrin matkalla	≤ 20 mm 2 metrin matkalla		
Syrjävääritys	≤ 8 mm 2 metrin matkalla	≤ 12 mm 2 metrin matkalla		
Kierous	≤ 1 mm / 25 mm:n leveyttä kohti	≤ 2 mm / 25 mm:n leveyttä kohti		
Kuperuus				
Ei rajoituksia missään luokassa				
Muotovika on riippuvainen kosteudesta ja voi siksi ajan kuluessa muuttua. Muotovika on usein riippuvainen myös puutavaran koosta ja sahaustavasta.				
SINISTYMÄT, VÄRIVIAT, SÄÄNVÄRIMUUTOS, KOVA JA PEHMÄ LAHO				
	T3 (C30)	T2 (C24)	T1 (C18)	T0 (C14)
Sinistymät ja väri-viat	Sallitaan kaikissa lujuusluokissa			
Säätvärinmuutos	Sallitaan kaikissa lujuusluokissa			
Kova laho (alkava laho)	Ei sallita		Leveys ≤ 1/4 Pituus ≤ 0,5 m Syvyys < 1	Sallitaan
Pehmeä laho	Sallitaan vain lahoissa oksissa			
LYLY, KÄSITTELYVAURIOIT, PIHKATASKUT, PIHKAPUU, KAARNAROS, KORO, KUORI, HYÖNTEISVAURIOIT				
	T3 (C30)	T2 (C24)	T1 (C18)	T0 (C14)
Lyly (janhus)	Ei sallita, jos on odotettavissa muodon oleellisesti muuttuvan kuivessaan. Jos ei muodonmuutoksia, enintään 10 % poikkipinta-alasta.			Sallitaan ≤ 20 % poikkipinta-alasta
Käsittelyvauriot	Ei sallita	≥ 95 % poikkileikkauksesta pitää olla vaurioittumatonta		≥ 85 % poikkileikkauksesta ehjää
Pihkataskut	Sallitaan kaikissa luokissa			
Pihkapuu	Sallitaan kaikissa luokissa			
Kaarnarosa ja/tai koro	Leveys ≤ 1/5 Pituus ≤ 2xb Ei läpimenevää	Leveys ≤ 1/5 Pituus ≤ 3xb (b = leveys) Ei läpimenevää		Sallitaan, mutta ei läpimenevää
Kuori	Ei sallita missään luokassa			
Hyönteisvaurio	Ei sallita			
				V3h3n

2.1.4 Mittaukset ja otanta Hessundin siltatyömaalla

Kuvaus testattavasta materiaalista

Hessundin siltatyömaalla suoritettiin visuaalinen lujuuslajittelu INSTA – 142 standardin mukaisesti (C30, C24, C18 ja Hylky luokkiin) betonimuottipuuna käytetylle materiaalille, dimensio 47*100 ja pituudet lankeavasti 2 ja 5 metrin välillä. Osa lajitteluun varatusta materiaalista oli lajiteltu ennakkoon jatkokäyttöön siten, että niistä oli poistettu mm. kappaleisiin jääneet naulat. Toinen lajittelematon muottipuukasa sisälsi mm. kappaleissa olevat naulat ja suuressa määrin mekaanisia vaurioita.



Kuva 4. Kuvan vasemmalla puolla oleva nippu oli esilajiteltu jatkokäyttöön. Oikealla puolella oleva nippu sisälsi runsaammin mm. naulojen aiheuttamia mekaanisia vaurioita.

Betonimuottipuuna käytetään vajaasärmätavaraa, eli puutavaraa, jossa on jossain määrin epätasainen särmä tai sahaamatonta pintaa, eli vajaasärmää. Tämä ei ole este kyseisessä käyttötarkoituksessa, sillä betonimuottipuussa ei vaadita täydellistä reunan suoruutta tai tasaisuutta.

Kenttätestissä lujuuslajittelimme visuaalisesti 120 soiroa tällaista vajaasärmäistä puutavaraa, jotka olivat valikoituneet erityisesti laatuluokista VI ja VII (Pohjoismaisen sahatavaran lajitteluohjeet luokituksen mukaisesti). Näitä laatuluokkia hyödynnetään yleensä kohteissa, joissa vajaasärmäisyys ei ole kriittinen tekijä. Tällaisia kohteita ovat esimerkiksi tilapäiset ja toissijaiset rakenteet, pakkaukset, betonimuotit sekä muut osat, jotka jäävät piiloon rakenteissa.

Lajiteltavana ollut puutavara soveltuu hyvin betonimuottien valmistukseen, sillä tässä sovelluksessa puun reunan epätasaisuus tai sahaamaton pinta ei vaikuta rakenteen

toimivuuteen tai lopputuloksen laatuun. Uudelleen käyttö betonimuottipuuna tai piiloon jäävinä rakenteina muuhun vähempiarvoiseen käyttöön sahatavaran käyttö soveltuu hyvin.

Vajaasärmäisyyden vuoksi lajiteltua muottipuutavaraa ei voida kuitenkaan käyttää esimerkiksi seinälevytyksen asennuksessa, missä tasainen ja suora reuna on välttämätön.

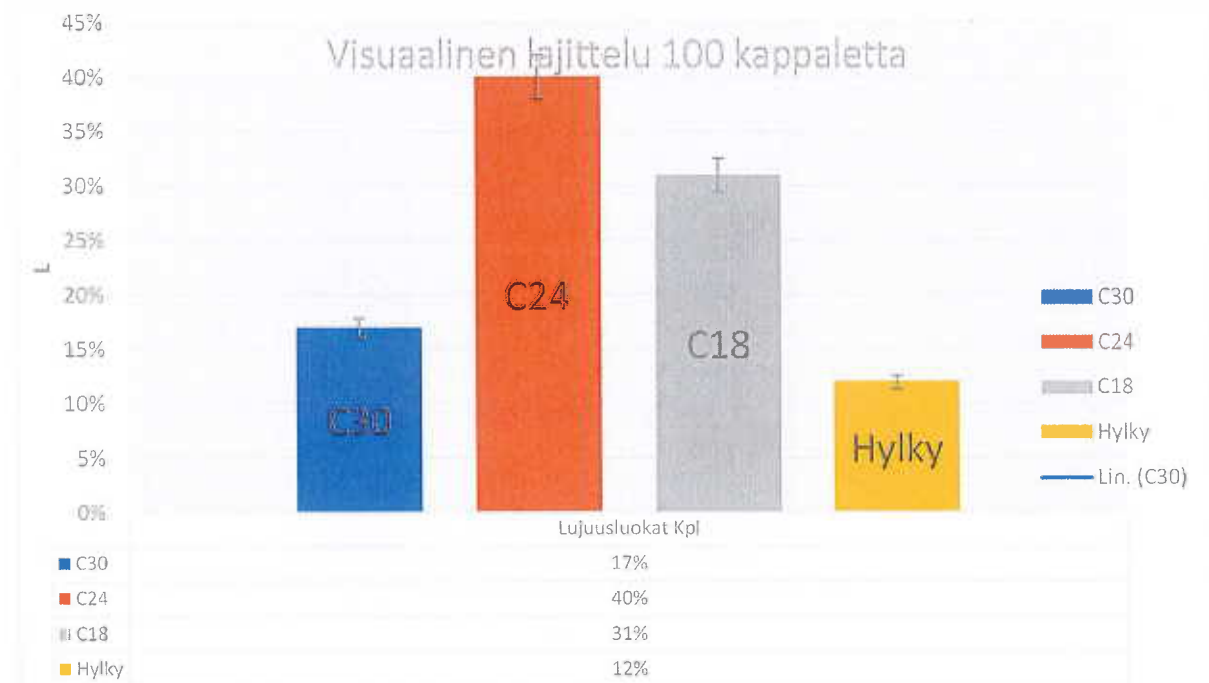
Testattavaa materiaali ei ollut myöskään lujuuslajiteltua eikä sitä ole järkevää myöskään yleensä lujuuslajitella sen pääasiallisen käyttötarkoitukseen perustuvan vajaasärmäisyyden vuoksi.

INSTA – 142 standardin vajaasärmälle käytetään kaikissa lujuusluokissa (C30-C14) samaa ominaisuuden raja-arvoa, jossa kaikissa lujuusluokissa kappaleen poikkileikkauksessa työstettyjen pintojen on oltava vähintään 2/3 kappaleen reunoilla ja lappeella.

3.Työn suorittaminen

Tavoitteena testille oli lujuuslajitella ja antaa lujuusluokka yhteensä 200 kappaleelle. Lajittelun edetessä selvisi, että lajitteluun varattu määrä ei riitä tavoitteeseen. Syynä tähän oli reilusti vajaasärmäisen soiron suuri osuus, jolle ei voitu antaa lujuusluokkaa vajaasärmän ylittäessä 1/3 kappaleen syrjältä tai lappeelta koko kappaleen pituudelta. Lajittelussa saimme luokiteltua yhteensä 100 kappaletta täysin tai osittain täysisärmäistä sahatavaraa.

Lisäksi lajiteltiin erikseen omana testiryhmänä 20 soiroa. Nämä toimitettiin Mikkelin Mikpoliin laboratorion taivutustestiin, josta saatiin arvot taivutuslujuudelle sekä kimmomoduulille.



Kuva 5: Visuaalisen lajittelun jakauma lujuusluokittain 100 kpl muottipuu erässä.

Suurimpana tekijänä / ominaisuuden raja-arvona lujuusluokan valintaan oli oksaisuus. Oksan sijainnin, koon ja oksaryhmän perusteella lujuusluokka määräytyi 72% kappaleista. (lapeoksa, syrjäoksa ja oksasumma) Visuaalisessa lujuuslajittelussa oksan sijainti ja koko ovat

ensisijainen ja määräävä tekijä lujuusluokan määrittämisessä. Oksan merkitys luokaa valittaessa on yleensä jopa yli 80%. Seuraavaksi suurin lujuusluokkaa määrittävä tekijä oli käsittelyvaurio / mekaaninen vaurio 20% kappaleista.

Käsittelyvaurion osuus uuden sahatavaran lajittelussa on marginaalinen, joten tulos kertoo myös yleisesti mitä ominaisuuden raja-arvoa on syytä huomioida laadittaessa ohjeistoa uudelleen käytettävän puutavaran lajitteluun.

Muiden vikojen osalta lujuusluokan määrittävä ja lujuutta alentavat ominaisuudet visuaalisessa tarkastelussa olivat muotoviat 2%, lylly 1%, koro 1% ja latvamurtuma 2%.

Hylkyyn lajitellun (ei lujuusluokkaa) sahatavaran suurimpana tekijänä oli käsittelyvaurio / mekaaninen vaurio. Yhteensä 75%:a hylkyyn visuaalisesti lajitelluista kappaleista oli yli 5%:n ylittävä vaurio kappaleen poikkileikkauksessa. Koska C14 luokkaa ei huomioitu lajittelussa, niin käsittelyvaurion hylkyrajana käytettiin 5% rikkoumaa poikkileikkauksesta mitattuna. Uuden sahatavaran lajittelussa C14 luokassa rikkoutumaton osuus on oltava vähintään 85%.

Pääasiallisena syynä käsittely/ mekaanisiin vaurioihin vaikutti olevan naulakiinnityksen purkamisen aiheuttamat repeämät ja halkeamat. Lisäksi osassa kappaleista näkyi kappaleiden läjityksestä tai siirrosta aiheutuneita vaurioita. Etenkin kappaleen syrjältä lappeelle menevä naulaus tai syrjän suuntainen naulaus on aiheuttanut halkeamia ja lohkeamia kappaleisiin naulojen poiston tai muottirakenteiden purkamisen yhteydessä. Käsittelyvauriot olivat selkeästi havaittavia ja kokenut lajittelija myös pystyy huomioimaan ja arvioimaan hyvin niiden vaikutuksen lujuuteen.



Kuva 6. Naulakiinnitykset syrjän ja lappeen läpi oli suurin yksittäinen käsittelyvaurioiden syy.

3.1 Laboratoriotestiin menevän sahatavaran visuaalinen lajittelu

Visuaalisen lujuuslajittelun onnistumista ja lajittelun vertailua varten lujuuslajiteltiin Hessundin siltatyömaalla Mikkeliin laboratoriotestiin oma 20 kpl erä muotipuu sahatavaraa. Testikappaleiden pituudet olivat testausta varten katkaistu n. 1,8-3,5 metrin mittaisiksi.

Kappaleiden valinnassa huomioitiin ja korostettiin niitä ominaisuuksia, jotka syntyvät purkutyömalla purkamisen ja siirtojen tuloksena. INSTA -142 standardissa puhutaan käsittelyvauriosta ja sen raja-arvona pidettiin 5% vauriota kappalleen poikkileikkauksesta, silmämääräisesti arvioiden. Kappaleet numeroitiin juoksevasti 1...20 ja jokaisesta kappaleesta mitattiin kosteus ja annettiin lujuusluokka sekä luokitukseen perustuva INSTA – 142 ominaisuuden raja-arvo.

Hessund -silta, Parainen Lajittelutiedot

Lämpötila ja suhteellinen kosteus 13.5.2024; Parainen
(RH) 40–60 % ja lämpötila 15–20°C astetta lajitteluaikajaksolla klo 9-15

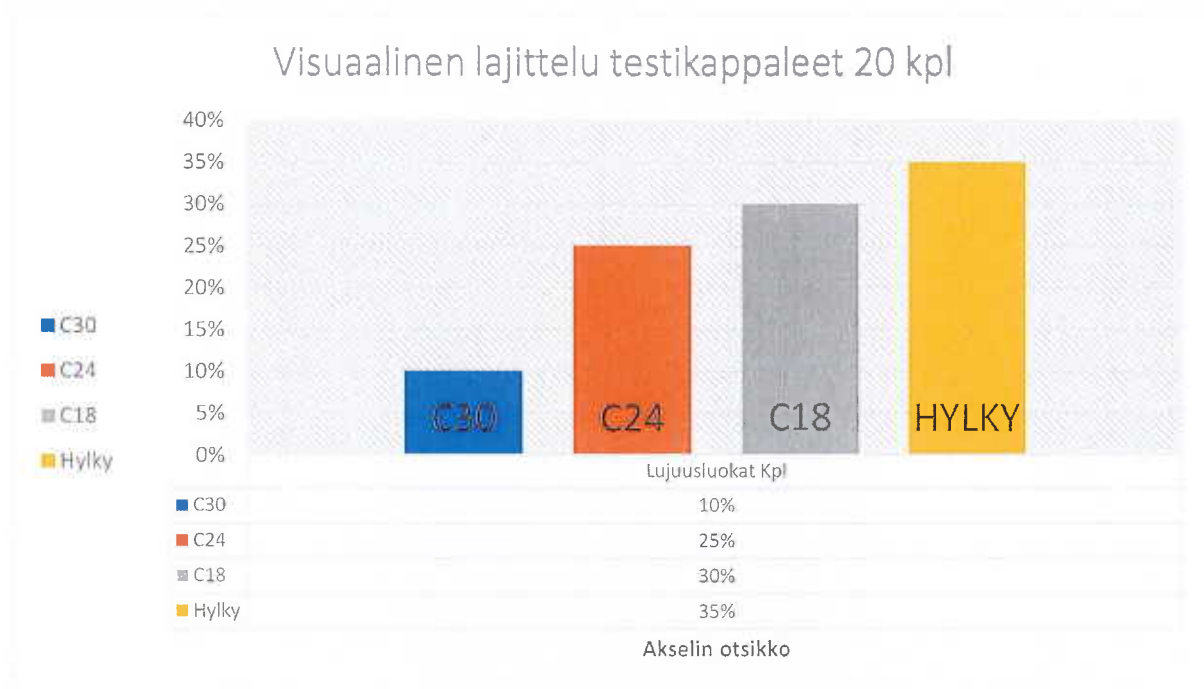
Kappale nro	C30	C24	C18	Hylky	Dimensio 47*100	Kosteus %	Ominaisuuden raja-arvo
1				X		17%	Käsittelyvaurio
2			X			15,7%	Oksasumma
3				X		18,1%	Käsittelyvaurio
4		X				20,3%	Syrjäoksa
5		X				16,7%	Oksasumma
6				X		16,2	Käsittelyvaurio
7			X			17,4%	Oksasumma
8				X		17,8%	Vajaasärmä
9			X			16,6%	Lapeoksa
10	X					21%	
11			X			20%	Oksasumma
12			X			15,5%	Oksasumma
13	X					20,3%	
14		X				16,1%	Lapeoksa
15				X		19%	Vajaasärmä
16			X			17,8%	Syrjäoksa
17				X		19,4	Vajaasärmä
18		X				21,1%	Käsittelyvaurio
19				X		16,9%	Käsittelyvaurio
20		X				16,7%	Syrjäoksa



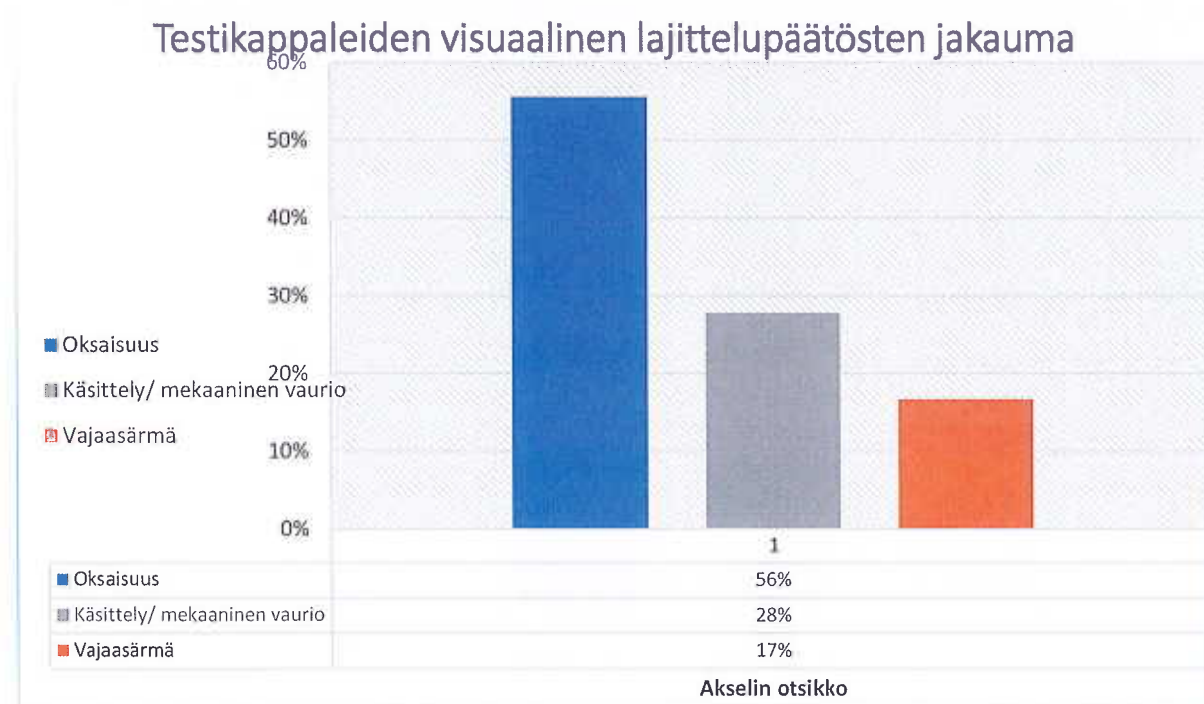
Kuva 7. Mikkeliin Mikropoliksen tutkimusyksikköön toimitettiin 20 kpl 50*100 sahatavaraa. Jokaisesta kappaleesta arvioitiin lujuusluokka sekä lujuusluokan määrittävä ominaisuuden raja-arvo INSTA – 142 standardin mukaisesti. Kosteus mitattiin Gann HT70 sähköisellä vastusmittarilla.



Kuva 8. Hylkyyn lajitellun tavarän suurimpana tekijänä oli mekaaninen vaurio. Testikappaleiden valinnassa huomioitiin ja korostettiin niitä ominaisuuksia, jotka syntyvät purkutyömalla purkamisen ja siirtojen tuloksena.

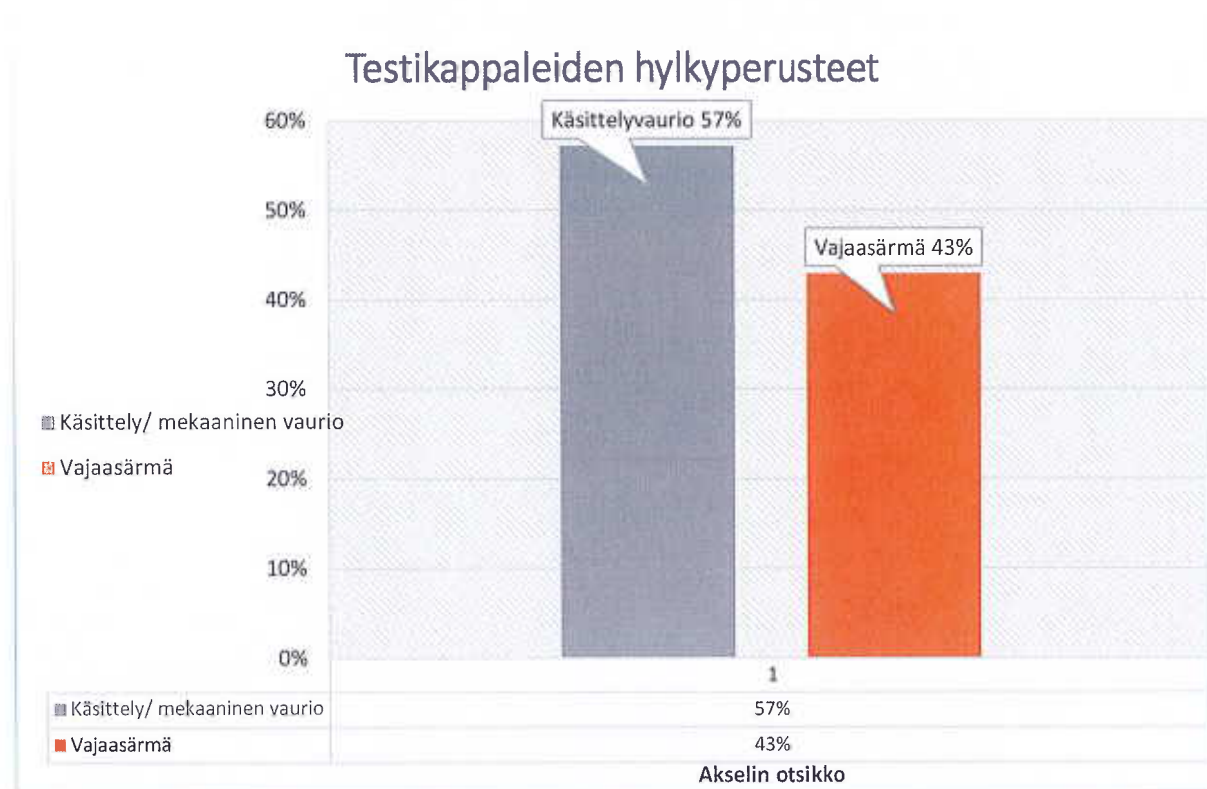


Kuva 9. Testikappaleiden (20 kpl) visuaalisen lajittelun lujuusluokkajakauma. Hylkykappaleiden suuri osuus (35%) johtuu testikappaleiden valinnasta, jossa painotettiin mekaanisten vaurioiden osuutta. Kuvassa 5 näkyy koko erän visuaalisen lajittelun (100 kpl) hylkytavarahan osuus on 12%.



Kuva 10. Testikappaleiden visuaalinen arvio ominaisuuden raja-arvosta, jolla luokka on määritetty.

Visuaalisessa lajittelussa hylkyyn johtavana suurimpana syynä oli käsittelyvauriot 4 kappaleessa ja kolmessa (3) kappaleessa liian suuri vajaasärmän osuus.



Kuva 11. Testikappaleiden hylkyperusteena korostui käsittelyvauriot ja vajaasärmä.

4. Lujuusluokkien vertailutestit testilaboratoriossa Mikpolis Mikkeliissä

4.1 Laboratoriotestien tulokset ja vertailu visuaalisiin lajittelun tuloksiin

Mikkelin XAMK:n (Mikpolis) testilaboratorioon toimitettiin 20 kappaletta Hessundin sillan muottipuuna käytettyä 50*100 mänty sahatavaraa 16.5.2024. Taivutustestattava materiaali siirrettiin peräkärystä laboratorion sisätiloihin odottamaan viikolla 23 tapahtuvaa testausta.

Taivutustestit suoritettiin neljän pisteen taivutuksena EN 408 mukaisesti

EN 408 -standardin mukaisesti globaalin taivutusmoduulin (moduuli, joka kuvaa materiaalin jäykkyyttä taivutuksessa) määrittämiseksi tehdään seuraavat vaiheet:

1. Kokeen valmistelu:

- Näytekappaleen valinta: Näytekappaleen tulee olla tietyn pituinen ja sen poikkileikkauksen tulee olla tietyssä suhteessa pituuteen.
- Näytekappaleen asentaminen: Näytekappale asennetaan tukiin, joiden etäisyys määritellään standardissa.

2. Kokeen suorittaminen:

- Voiman kohdistaminen: Voimaa lisätään vähitellen näytekappaleen keskelle.
- Deformaation mittaaminen: Näytekappaleen taipuma (eli kuinka paljon se taipuu voiman vaikutuksesta) mitataan tietyllä tarkkuudella.

3. Laskenta:

- Taivutusmoduulin laskenta: Taivutusmoduuli lasketaan kaavalla, joka ottaa huomioon näytekappaleen mitat, voiman ja deformaatioarvot.

- Kaava:
$$E = \frac{F \cdot L^3}{4 \cdot b \cdot h^3 \cdot \Delta}$$

- Missä:

- E = Taivutusmoduuli (modulus of elasticity)
- F = Voima (force)
- L = Tuennan välinen etäisyys (span length)
- b = Näytekappaleen leveys (width of the specimen)
- h = Näytekappaleen korkeus (height of the specimen)
- Δ = Näytekappaleen taipuma (deflection)

Testiin valikoiduista 20 sahatavarasta jouduttiin hylkäämään sopimattomina testiin 5 kappaletta liian lyhyen pituuden takia. Testaukseen tukipisteeseen tarvittiin 1800 mm pituus ja osaan kappaleista pituus ei aivan riittänyt tukipisteille.

Näytekappaleet olivat numeroitu visuaalisessa lajittelussa, joten samaa numeroa on käytetty ja verrattu taivutustesteissä. Näin olleen lopullinen vertailu visuaalisesti lajiteltujen ja taivutustestatun sahatavaran osalta tehtiin 15 kappaleen osalta.



Mikpolis

Customer:

Test places:

Factory of origin:
Date of manufacture:
Type of glue:Test date:
Operator:Metsäkeskus
50x100
Mänty purkupuu3.6.2024
Tuomas Vireläninen

TEST REPORT

4 point bending

Determination of global modulus of elasticity in bending EN 408

Test conditions: 21 °C, RH 25%

Loading speed: 7 mm/min

Test equipment: Shimadzu AGX-300kN

Certified by Shimadzu Corporation
Certificate number: 42F00-2512CClassification of testing machine (EN ISO 7500-1)
Range: Compression 0...300 kN Class: 1
Range: Tension 0...300 kN Class: 1

Specimen	Height mm	Width mm	Support span mm	Loading member span mm	Force			Loading time s	Emg		Density kg/m ³	Moisture content %	Visual grades
					F _{0.2} kN	F _{0.5} kN	F _{0.8} kN		F _{0.2} N/mm ²	F _{0.5} N/mm ²			
1	101.37	47.31	1800	800	1.32	5.27	13.17	242	11 052.5	47.6	434.3	12.1	H
2	100.07	48.15	1800	800	1.45	5.79	14.47	358	12 260.5	54.0	426.4	11.4	C24
3	101.89	48.21	1800	800	1.60	6.63	16.56	477	11 736.8	69.6	518.9	13.8	C18
4	99.77	47.5	1800	800	1.17	4.66	11.65	270	10 783.1	44.4	454.4	12.0	C24
5	100.77	48.67	1800	800	1.45	5.82	14.55	264	13 650.5	53.0	520.4	13.0	C24
6	101.08	48.75	1800	800	1.07	4.29	10.74	282	8 867.5	38.8	407.5	11.5	H
9	100.68	47.38	1800	800	1.40	5.59	13.97	255	14 084.4	52.4	510.4	11.9	C18
13	100.65	47.39	1800	800	1.33	5.31	13.29	296	11 254.8	49.8	527.1	12.6	C30
14	99.95	48.2	1800	800	1.93	7.72	19.30	492	15 856.8	72.1	453.6	12.2	C24
15	100.27	47.34	1800	800	1.57	6.29	15.73	392	12 199.8	59.5	495.0	13.3	H
16	101.6	48.32	1800	800	1.31	5.24	13.11	380	11 312.8	47.3	485.7	12.1	C18
17	102.26	48.61	1800	800	1.11	4.46	11.14	363	8 748.9	39.5	449.5	13.7	H
18	101.48	47.81	1800	800	1.24	4.95	12.39	283	10 900.4	45.3	537.4	13.6	C24
19	100.34	48.36	1800	800	1.88	7.44	18.59	614	15 047.3	68.7	422.8	11.8	H
20	101.01	48.25	1800	800	1.39	5.56	13.91	282	11 556.2	50.8	474.8	11.8	C24

Average	11941.7	52.2	474.8	12.4
Std.	1 977.8	9.8	42.4	0.8
Std. [%]	16.8%	18.4%	8.9%	6.1%
Max	15 956.8	72.1	537.4	13.7
Min	8 748.9	38.8	407.5	11.4
2% Fractile	8 940.0			

20

Kuva 12. XAMK:n Mikpolis testiraportti. 2- sivua. Raportti liitteenä kokonaisuudessaan.

4.2 Taivutustestien ja visuaalisen lajittelun vertailu

Taivutustestissä saatiin arvot sahatavaran jäykkyydelle (Stiffnes properties N/mm²) sekä taivutuslujuudelle (Strenght properties N/mm²) **Taivutuslujuutta** testattiin kappaleita taivuttamalla, kunnes ne murtuivat.

Vertailtaessa visuaalisen lujuuslajittelun tulosta sekä laboratoriossa tehdyn lujuuslajittelun jäykkyyden sekä taivutuslujuuden keskimääräistä tulosta sekä yksittäisten kappaleiden lujuutta ja jäykkyyttä huomataan, että laboratoriotestien tulokset ylittivät näiltä osin visuaalisessa lajittelussa annetut lujuusluokat.

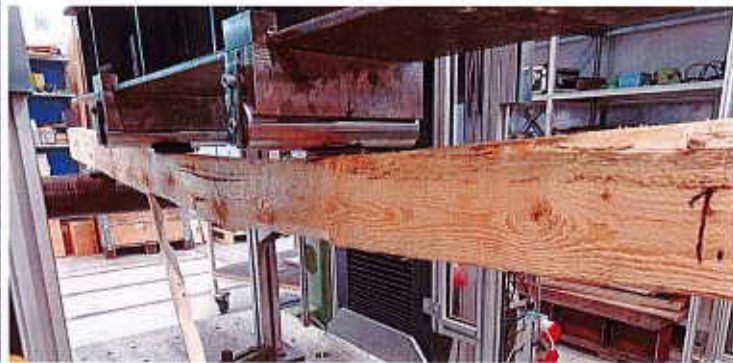
Keskimääräinen kimmomoduuli eli jäykkyys oli testissä 15 kappaleella noin 12000 N/mm², (11977,8 N/mm²) joka vastaa lähes C30 luokan puutavaralle annettu jäykkyyden arvoa (EN 338:2009 / 12000N/mm²) mukaan. Heikoin jäykkyyden arvo oli kappaleella nro 17, jolla jäykkyyden arvoksi saatiin taivutuksessa 8748,9 N/mm², joka on lähellä C18 luokan arvoa (9000 N/mm²) Visuaalisessa lajittelussa kappaleella 17 oli arvioitu hylkyluokkaan vajasärmän perusteella. Vajasärämä on myös luultavasti ollut testissä syynä alhaisempaan kimmomoduulin arvoon.

Samaisen EN338 standardin mukaisesti taivutuslujuuden keskimääräinen arvo testikappaleilla ylitti reilusti visuaalisen lujuusarvot ollen keskimäärin 52,2 N/mm² kohti. Taivutuslujuuden keskimääräinen arvo ylitti näin ollen kaikkien testikappaleiden kohdalla visuaalisessa lajittelussa annetun luokan. Heikoimman arvon taivutustestissä sai sahatavara (nro 6) 38,8 N/mm². Numero 6 oli lajiteltu visuaalisessa lajittelussa hylkyyn mekaanisen vaurion takia. Vaurion syynä oli sydänlappen puolelta särmälle tulevat naulat, jotka olivat aiheuttaneet kappaleen syrjälle pitkältä matkalta lohkeaman. Vaurion on todennäköisesti

syntynyt sahatavaran purkuvaiheessa. Alla kuvat kappaleen vaurio ja taivutustestissä aiheutunut lopullinen murtuma.



Kuva 13. Kappale Nro: 6 mekaaninen vaurio Hylky, visuaalinen lajittelun ohjeiden mukaan. Taivutustesti lujuus 38,8 N/mm². Jäykkyysarvo 8 887,5 N/mm² (C16, EN338) Kimmomoduulin avulla voidaan arvioida materiaalin jäykkyyttä: mitä suurempi kimmomoduuli, sitä jäykempi materiaali on ja sitä vähemmän se venyy annetulla jännityksellä.



Kuva 14. Kappale Nro 1 hylky, mekaaninen vaurio. Kimmomoduuli 11002,5 N/mm². (C24) EN 338 mukaan. Taivutuslujuus 47,6N/mm². Taivutuslujuudella tarkoitetaan materiaalin kykyä kestää murtumatta taivutusvoimia eli rasituksia, jotka pyrkivät taivuttamaan materiaalin. Se mittaa, kuinka paljon taivutusjännitystä materiaali kestää ennen murtumista.



Kuva 15. Kappale Nro 2, visuaalisesti lajiteltu oksasumman mukaan C18 luokkaan. Kimmomoduuli 12 260,6 N/mm². C30, EN 338 mukaan. Taivutuslujuus 54N / mm².



Kuva 16. Kappale Nro 19. Mekaaninen vaurio. Naulojen lohkaisema särmä. Visuaalisesti lajiteltu hylkyyn. Kimmomoduuli taivutustestissä testiryhmän korkein 15 047,2N/mm² ja taivutuslujuus 68,7N/mm². (C45 EN338 mukaan)

		Softwood species												Hardwood species							
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D18	D24	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Strength properties (in N/mm²)																					
Bending	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	18	24	30	35	40	50	60	70
Tension parallel	$f_{t,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	11	14	16	21	24	30	36	42
Tension perpendicular	$f_{t,90,k}$	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Compression parallel	$f_{c,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	28	27	29	18	21	23	25	26	29	32	34
Compression perpendicular	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	7,5	7,8	8,0	8,1	8,3	9,3	10,5	13,5
Shear	$f_{v,k}$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	3,4	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,5	5,0
Stiffness properties (in kN/mm²)																					
Mean modulus of elasticity parallel	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16	9,5	10	11	12	13	14	17	20
5 % modulus of elasticity parallel	$E_{0,5}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	7,7	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8	8,5	9,2	10,1	10,9	11,8	14,3	16,8
Mean modulus of elasticity perpendicular	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,63	0,67	0,73	0,80	0,86	0,93	1,13	1,33
Mean shear modulus	G_{mean}	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,59	0,62	0,69	0,75	0,81	0,88	1,06	1,25
Density (in kg/m³)																					
Density	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	475	485	530	540	550	620	700	900
Mean density	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	570	580	640	660	680	750	840	1080
NOTE 1 Values given above for tension strength, compression strength, shear strength, 5 % modulus of elasticity, mean modulus of elasticity perpendicular to grain and mean shear modulus, have been calculated using the equations given in Annex A.																					
NOTE 2 The tabulated properties are compatible with timber at a moisture content consistent with a temperature of 20 °C and a relative humidity of 65 %.																					
NOTE 3 Timber conforming to classes C45 and C50 may not be readily available.																					
NOTE 4 Characteristic values for shear strength are given for timber without fissures, according to EN 408. The effect of fissures should be covered in design codes.																					

Kuva 17 EN338:2009, EN 338 on eurooppalainen standardin ominaisuusarvot lujuudelle ja jäykkyydelle. Standardi määrittelee puumateriaalien lujuusluokat rakennuskäyttöön ja se sisältää seuraavat keskeiset lujuusluokat: C-luokat havupuille (esim. C14, C24, C30) ja D-luokat lehtipuille (esim. D30). Kunkin lujuusluokan puutavara täyttää tietyt vähimmäisvaatimukset, jotka koskevat taivutuslujuutta, vetolujuutta, puristuslujuutta, leikkauslujuutta sekä jäykkyyttä. Nämä ominaisuudet auttavat määrittämään, minkälaisiin rakenteisiin ja käyttötarkoituksiin eri lujuusluokkien puutavara soveltuu.

5.Yhteenvedo visuaalisesta lajittelusta ja testilaboratorion tuloksista

Hessundin sillan muottipuu lajittelu – ja testikokeesta muodostui yhden purkukohteen materiaalin osan antama kuva siltatyömaalla käytettävästä puumateriaalista.

Yleisesti ottaen puutavaraa käytetään siltatyömailla paljon erilaisissa tarkoituksissa muottityön lisäksi mm. tukirakenteissa, siltojen kansirakenteissa ja väliaikaisissa kulkureiteissä. Suurissa kunnostuskohteissa kuten Hessundin siltatyömaalla käytetyn puutavaran määrä on todella suurta ja uudelleenkäyttö on taloudellisesti ja ekologisesti kannattavaa. Osa puutavarasta voitaisiin lajitella ja käyttää uusissa rakennuskohteissa mm. lujuutta vaativissa kohteissa kuten tuki- ja kattorakenteissa. Sen sijaan muotti- ja telinepuun käyttö on järkevää käyttää uudelleen samassa tarkoituksessa toisessa siltatyökohteessa.

Hessundin siltamateriaalin muottipuuna käytetyn sahatavaran visuaalinen lajittelu onnistui siltatyömaalla puretun ja lähelle purkupaikkaa kasatun 50* 100 mm mäntysahatavaran osalta hyvin. Paikan päällä tehty lajittelu ja lujuusluokan merkkaaminen kappaleeseen tehtiin Pohjoismaisen INSTA 142:n mukaisesti visuaalisesti. Lujuuslajiteltu sahatavara jaettiin lajittelussa lujuusluokkiin C30, C24, C18 ja hylkyyn. Lajitteluun valikoitunut puutavara oli pääosin puhdasta ja betoniroideskeita tai jäämiä ei kovin paljon lajitellussa sahatavarassa ollut. Ilmeisesti betonivalussa oli käytetty suojana muovia tai levyjä. Ja sahatavaraa oli käytetty tukipuuna / kehikkona.

INSTA- 142 standardissa esitetään mitkä ominaisuudet pitää ottaa huomioon kantaviin rakenteisiin käytettävän sahatavaran visuaalisessa lujuuslajittelussa. Standardissa on määritelty ne ominaisuuksien raja-arvot kullekin lujuusluokalle, joiden mukaan visuaalista lajittelua tehdään.

Hessundin muottimateriaalille tehdyssä lajittelussa huomioitiin erityisesti muottipuun käytöstä ja purkamisesta aiheutuneita käsittely- ja mekaanisia vaurioita valittaessa testimateriaalia Mikkeliin taivutustestiin. Käsittely- ja mekaanisten vaurioiden osuus korostuikin purkupuun lajittelussa purkukohteesta riippumatta. Mekaanisten vaurioiden osuus testimateriaalin lajittelupäätöksissä olikin tavanomaista suurempi. Neitseellisen uuden puun lujuuslajittelussa käsittelyvauriot muodostavat marginaalisen osuuden lujuusluokkaa päätettäessä.

Taivutustestissä Mikkelin Mikopoliksen XAMK:n laboratoriotiloissa käsiteltiin kaikkiaan 15 kappaletta 50*100 soiroa. Kappaleille tehtiin rikkova testi ja jokaiselle testitavaraalle saatiin lujuus- ja jäykkyysarvo. Keskilujuudeksi 15 kappaleen taivutuksessa saatiin 52,2N/mm² sekä kappaleiden keskijäykkyydeksi 11941,7N/mm². EN338 - standardin mukaan ominaisarvo vastaisi keskimäärin tällöin vähintään C30 luokan lujuuslajiteltua sahatavaraa.

Lisäksi jokaisesta kappaleesta otettiin kosteus Paraisilla visuaalisen lajittelun yhteydessä sekä Mikkeliissä testilaboratoriossa. Keskimääräinen kosteus taivutustilanteessa oli kappaleilla 12,4%, kun lajittelupaikalla Paraisilla keskikosteus oli ollut n. 17%. Kosteus mitattiin Paraisilla säköisellä vastusmittarilla ja Mikkeliissä punnitus-kuivatus menetelmällä. Kosteudet johon puutavara on hakenut tasapainokosteuden vastaavat hyvin varastotilan olosuhteista Mikkeliissä ja Paraisilla (lämpötila ja suhteellinen kosteus)

Lisäksi jokaisesta testattavasta kappaleesta mitattiin tiheys punnitus- kuivatus menetelmän yhteydessä. Keskitiheys oli varsin suuri 474,6 kg/m³. Suuri tiheys oli varmasti myös yksi selittävä tekijä erittäin hyvillä mitatuilla lujuus- ja jäykkyysarvoilla.

Hessundin siltamateriaalin muottipuun visuaalinen lujuuslajittelu sekä Mikkeliissä tehdyt laboriotestit osoittavat, että mekaaniset vauriot ja halkeamat ovat selkeästi se ryhmä ominaisuuksia, joiden osalta joudutaan kiinnittämään huomiota uudelleen lajittelussa. Näiden osalta INSTA – 142 standardissa on jo nyt raja-arvot, mutta niiden täydentämistä on syytä tarkastella ja tuoda lisäyksinä INSTA 142 -sääntöihin naulojen ja ruuvien aiheuttamien sekä purkamisen aiheuttamien käsittely ja mekaanisten vaurioiden osalta.

Pelkästään naulanreiät yksinään tai ryhmänäkään eivät näyttäneet pienentävän testikappaleiden lujuutta juurikaan, mikäli naulan reitti kulkee lappeelta lappeelle. Mikäli

naulan kulku suuntautuu syrjältä lappeelle tai toisinpäin on halkeamien ja reunavaurioiden halkeamien ja rikkoutumien vaara suuri. Näiden osalta on syytä arvioida aina kriittisesti kappaleen lujuutta aina kun vaurio ulottuu lappeelta syrjälle. Reunassa olevat reiät ja vauriot näyttävät heikentävät puun lujuutta enemmän kuin reiät ja vauriot, jotka sijaitsevat kauempana kappaleen särmästä. Reunavaikutusta tarkasteltaessa on vaurion kokoa ja sen etenemisen suuntaa arvioitava lajittelupäätöstä tehtäessä.

Testien tulosten perusteella INSTA - 142 pohjoismaiset visuaaliset lujuuslajittelusäännöt (SFS, 2010) voivat toimia jatkokehityksen perustana suunniteltaessa täydennyksiä INSTA – 142 standardin ohjeisiin nimenomaan mekaanisten vaurioiden osalta. Mekaaniset vauriot ja halkeamat ovat odotettavissa merkittävinä lisäyksinä INSTA 142 -sääntöihin.

6. Osatoimenpide 2: Lujuuslajitteluohjeistus ja jatkotoimenpiteet purkupuun lajittelulle

Eurooppalaisessa RECOWERS-projektissa on käynnissä tutkimusta kierrätetyn puun standardoidusta luokittelusta. (European Commission, 2021) Hankkeessa valmistellaan eurooppalaisia standardeja kierrätetyn puun visuaaliselle lajittelulle. Kyseisin tutkimusprojektin tuloksia ei ole vielä kuitenkaan julkaistu. Olisi varmaan jatkoon kannalta hyödyllistä selvittää onko tästä projektista tulossa harmonisoitua standardia ja luokitteluohjeita kierrätetyn puun lujuuslajittelulle.

Mahdollisten haitallisten aineiden havaitseminen on olennaista varmistaa, että uudelleenkäytettävä puu ei aiheuta vaaraa rakennuksen asukkaiden terveydelle. Haitallisia aineita, kuten asbestia, PCB-, PAH-yhdisteitä ja lyijyä, ei yleensä löydy puuosista, lukuun ottamatta vanhoja lyijypohjaisia maaleja. Haitallisia painekyllästysaineita kuten kromikupariarseeni (CCA) ja kromikupari (CC), sekä kreosoottia saattaa olla joissain vanhoissa rakenteissa. Niiden käsittely ja purkaminen vaativat erikoisjärjestelyjä ja uudelleenkäyttö ei ole järkevää.

Uudelleen käytettävän lujuuslajitellun puutavaran kohdalla on myös syytä harkita lisäraportointia puutavaran aiemmista ympäristöolosuhteista ja kuormituksista. Kuinka iän tai vaativista käyttöolosuhteista johtuva lujuuden aleneman arviointi tehdään ja huomioidaan lujuusluokkaa määritettäessä jää selvitettäväksi. Apuna tässä voi olla mahdollinen sahatavaralle annettu aiempi lujuusluokka, olkoon aiempi lajittelu tehty koneellisesti tai visuaalisena lajitteluna.

INSTA – 142 lajitteluohjeissa on määritetty biologisten vikojen raja-arvot laholle sekä hyönteisvaurioille. Sekä laho ja hyönteisvauriot johtavat yleensä kappaleen hylkäykseen, joten nämä visuaalisesti helposti havaittavat ominaisuudet ovat riittävästi ohjeistettu nykyisessä lajittelustandardissa samoilla ohjeilla uudelleen käytettävän puutavaran lajitteluun.

INSTA 142 -lajittelu tuottaa puutavaraa, joka täyttää luokalle asetetut kriteerit suuremmalla varmuuskertoimella kuin koneellisesti lajiteltu puutavara. INSTA – 142 lajittelu onkin standardin ohjeiden mukaan tehtynä lähtökohtaisesti aina yllälajittelua, kun sitä verrataan koneellisesti lajiteltuun sahatavaraan. Näin ollen koneellisesti lajiteltujen sahatavaran

myöhempiä visuaalista alaspäin lajittelua voitaisiin myös tehdä jälkikäteen purkupuun kohdalla.

6.1 Jatkotoimet ehdotus Osatoimenpide 2

- 1) Osatoimenpiteessä 1 saatujen kokemusten perusteella laaditaan alustava ohjeistus, pohjoismaista Insta 142:2010 täydentävä erillinen puretun sahatavaran erityispiirteet sisältävät visuaalisen lujuuslajittelun säännöt uudelleen käytettävälle sahatavaralle.

2) Yhteistyö puutuotealan toimijoiden kanssa

- Haetaan lujuuslajittelun purkupuun täydentävälle lajittelu ohjeistukselle yleistä hyväksyntää toimialan sidosryhmistä ja yrityksistä. Määriteltävä oleelliset kohdetahot.
- **Yhteistyötä kannattaa hakea myös uusien rahoituksen saaneiden puutuotealan kiertotalousteemaan liittyvien hankkeiden kanssa.** Metsäkeskuksella sekä Puutuoteteollisuudella on hankkeita alkamassa syksyllä 2024. Molemmilla tahoilla on varmasti kiinnostusta yhteistyöhön jatkossa. Kumpikin taho yhdistää laajasti puutuotealan edistämisen toimijoita ja yrityksiä.
- Selvitetään, onko eurooppalaisesta Recowers – hankkeesta tulossa harmonisoitua standardia ja luokitteluohjeita kierrätetyn puun lujuuslajittelulle?

3) Huomioita lajittelusta

- Harkittavaksi jää tehdäänkö täysin uusi C-luokka kierrätetylle puulle visuaalisten lajittelusääntöjen mukaisesti, jotka on erityisesti suunniteltu kierrätetyn puun visuaaliseen lajitteluun.
 - Vai voidaanko käyttää INSTA – 142 ohjeistuksen visuaalisia raja-arvoja luokiteltaessa esim. mekaaniset purkuvauriot ohjeistuksen käsittelyvauriona.
 - Nyt toteutettu testi ei anna suoraa vastausta tähän kysymykseen.
 - **Ennen purkupuun lajittelu sääntöjen lopullista vahvistamista olisi hyödyllistä saada lajitteludataa useammasta erilaisesta purkukohteesta ja materiaalista; dimensio, ikä, käyttöolosuhde.** Tästä keskusteltava onko mahdollista toteuttaa ja missä laajuudessa testausta on järkevää laajentaa.
- 4) Ohjeistusta voidaan testatata alkuun Suomen Sahayrittäjät ry:n lujuuslajittelijoiden toimesta eri kohteissa. Puretulle sahatavaralle voidaan tehdä myös erillinen alustava ohjeistus lujuuslajittelijoiden koulutusta varten.
 - 5) Uudelleen käytettävän sahatavaran käytön lisätutkimusta, testausta, teknisen arvioinnin määrittämistä ja hyväksyntää kannattaa jatkaa esim. opinnäyte – ja diplomitöitä hyödyntäen.
 - 6) Suomen Sahayrittäjät kouluttavat aluksi pilottiryhmän lujuuslajittelijoita päteviksi suorittamaan visuaalista lujuuslajittelua siltakohteista ja talonrakennuskohteista puretulle sahatavaralle. Jatkossa purkupuun koulutus on osa normaalia INSTA – 142 koulutusohjelmaa.

- 7) Luettelo pätevistä lujuuslajittelijoista julkaistaan Suomen sahayrittäjien kotisivuilla, johon Helsingin kiertotalousklusterin kotisivuille laitetaan linkki.

Purku-urakoitsijat voivat sitten tilata pätevän lujuuslajittelijan suorittamaan purkukohteessa tai varastossa lujuuslajittelun, jossa sahatavara samalla leimataan saavutettuun lujuusluokkaan.

7. Liitteet

7.1 Mikpolis testiraportti

7.2 Valokuvia testeistä ja lajittelusta



Mikropolis

Customer: Metabonus
Test piece: 60x160
Factory of origin: Marly polskow
Date of manufacture:
Type of glue:
Test date: 3.6.2024
Operator: Tamas Vardolias

TEST REPORT

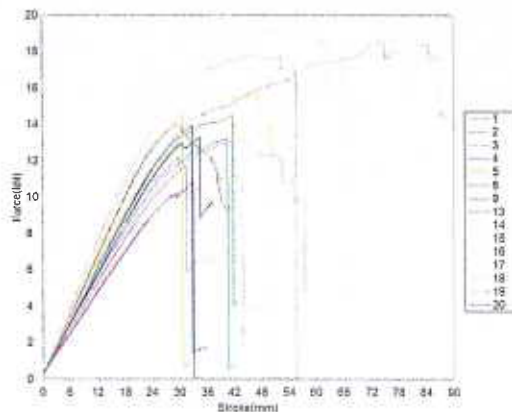
4 point bending
Determination of global modulus of elasticity in bending EN 408

Test conditions: 21 °C, Rn 25%
Loading speed: 7 mm/min
Test equipment: Shimadzu AGX-300N

Certified by Shimadzu Corporation
Certificate number: 42700-05100
Classification of testing machines (EN ISO 9001-1)
Range: Compression 0...300 kN Class: 1
Range: Tension 0...300 kN Class: 1

Specimen	Height	Width	Support span	Loading member span	Force			Loading force	E _{0.2}		E _{0.5}	Density	Moisture content	Visual grades
					F _{0.2}	F _{0.5}	F _{max}		F _{0.2} , F _{0.5}	W/mm ²	W/mm ²			
1	161.97	47.91	1000	600	1.32	8.27	13.17	342	11 002.5	47.6	434.3	12.1	H	EN 334
2	160.87	48.15	1000	600	1.40	8.18	14.47	358	12 280.6	54.3	426.4	11.4	C24	
3	161.89	48.21	1000	600	1.36	8.53	16.95	477	11 786.6	93.1	416.9	13.9	C18	
4	89.77	47.5	1000	600	1.17	4.69	11.66	270	10 783.1	44.4	484.4	12.0	C24	
5	160.77	48.67	1000	600	1.45	8.69	14.65	264	13 580.5	53.9	420.8	13.0	C24	
6	161.88	48.75	1000	600	1.37	4.26	15.74	282	6 867.5	38.4	487.5	11.8	H	
7	160.89	47.39	1000	600	1.40	3.09	13.47	253	14 094.4	52.4	510.4	11.8	C18	
13	160.88	47.79	1000	600	1.33	5.71	13.29	296	11 294.0	43.8	527.1	12.8	C30	
14	89.86	48.1	1000	600	1.23	1.75	18.33	492	16 658.8	72.1	453.8	12.2	C24	
16	160.27	47.94	1000	600	1.37	8.79	15.73	392	12 195.6	55.4	495.0	13.3	H	
18	161.6	48.59	1000	600	1.21	5.24	13.11	385	11 312.9	47.3	486.7	10.1	C18	
17	162.26	48.61	1000	600	1.11	4.49	11.14	363	6 746.9	30.5	489.9	13.7	H	
18	161.48	47.81	1000	600	1.24	4.95	12.38	263	10 900.4	45.3	637.4	10.6	C28	
19	160.34	48.29	1000	600	1.58	7.44	18.53	614	15 047.2	68.7	432.8	11.8	H	
20	161.01	48.25	1000	600	1.33	5.56	15.91	282	11 556.2	50.8	474.8	11.6	C24	

Average	11941.7	83.2	474.8	12.4
Std.	1 877.8	9.8	45.4	8.8
Std. [%]	15.6%	11.4%	9.5%	8.7%
Max	16 658.8	72.1	637.4	13.7
Min	6 746.9	30.5	487.5	11.4
5% Percent	8 346.3			



Tamas Vardolias
Laboratory Director

Agnes Rybak
Technical Director



Image 1. Test setup



Image 2. Deformation measuring



Image 3. Shimadzu AGS-300kN



Image 4. Moisture content test piece



Image 5. 5-5



Image 6. 6-6



Image 7. 18-18

SHIMADZU



NRO 7





