

Puutuotteiden uudelleenkäyttö – Rikkomattomat ja vähän rikkovat menetelmät kunnon arvioinnissa

Puupäivä 30.10.2025



Mikko Matveinen
Senior Project Manager



Rakentamisen ympäristövaikutukset



Rakentamisen kiertotalouden etusijajärjestys¹.

¹Mukaan EU:n jätedirektiivin (2008/98/EY) esittämää jättehierarchyä.

- Kiertotalous minimoi jätteen syntymistä ja maksimoi materiaalien arvoa niiden koko elinkaaren ajan.
- Rakennussektorilla tämä tarkoittaa muun muassa rakennusosien uudelleenkäyttöä, materiaalien kierrätystä, muuntojoustavuutta sekä kestäväksi ja purettavaksi suunnittelua.
- Rakennusosien ja materiaalien uudelleenkäytön mahdollistavat prosessit, käytänteet ja osin myös lainsäädäntö ovat melko tuntemattomia rakennusalan toimijoille.
- Toistaiseksi purku- ja ylijäämämateriaalien uudelleenkäyttö on rajoittunut lähinnä alimmalle, neljännelle, tasolle.

Kiertotalous rakentamisessa – Nykykäytännöt ja kehitystarpeet

Haasteet ja esteet:

- Lainsäädännön monimutkaisuus (esim. MARA-asetus, EEJ-menettely)
- Vastuunjaon epäselvyys materiaalien laadusta ja turvallisuudesta
- Teknologiset rajoitteet (esim. materiaalien ehjänä irrottaminen)
- Logistiikan haasteet
- Puutteellinen kierrätysinfra ja markkinapaikkojen vähäisyys
- Aikataulupaineet
- Asenteet

Kehitystarpeet:

- Digitaalisia materiaalipankkeja ja ekosysteemejä
- Koulutusta purku- ja suunnitteluhenkilöstölle
- Lainsäädännön selkeyttämistä ja kannustimia
- Uusia urakkamalleja (esim. allianssimalli)
- Rakennusten materiaalikartoituksia ja BIM-mallinnusta ennen purkua
- Julkisen sektorin rooli esimerkin näyttäjänä on keskeinen

<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-275-463-9>



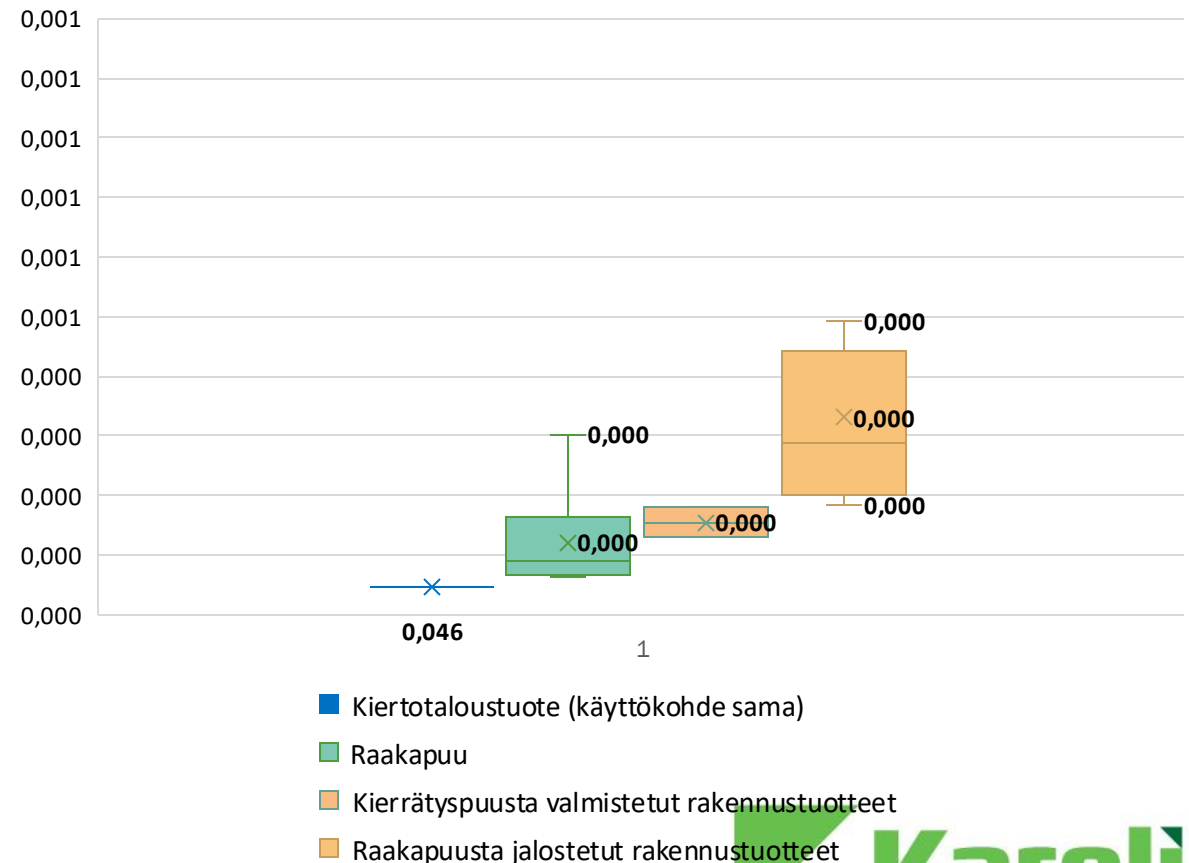
Kiertotaloustuotteiden päästövaikutukset

Tutkimuksessa on vertailtiin erilaisten puutuotteiden valmistusvaiheen (A1–A3) fossiilisia päästöjä ympäristöselosteiden (EPD) perusteella.

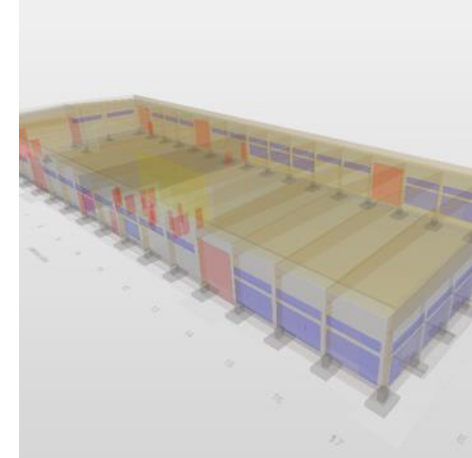
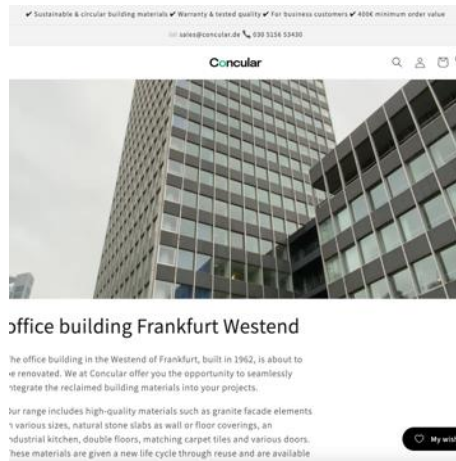
Keskeiset havainnot:

- **Uudelleenkäytetyt rakennustuotteet:** päästövähennys 75–94 %, keskimäärin 86 % verrattuna jalostettuihin tuotteisiin.
- **Kierrätyspuusta valmistetut tuotteet:** keskimääräinen päästövähennys 70 %.
- **Kierrätyspuusta vs. raakapuusta valmistetut tuotteet:** keskimääräinen päästövähennys 53 %, vaihteluväli tuotekohtainen (pienin ero CLT-tuotteilla, suurin ulkoseinäelementeillä).

Rakentamisen puutuotteiden fossiiliset valmistupäästöt
kg CO₂e / kg



Puutuotteiden uudelleenkäyttö prosessina



Ennen purkutyötä:

- Hyödynnettävien materiaalien inventointi ja dokumentointi
- Materiaalien ja tuotteiden ominaisuuksien todentaminen
- Kauppapaikkaan vieminen

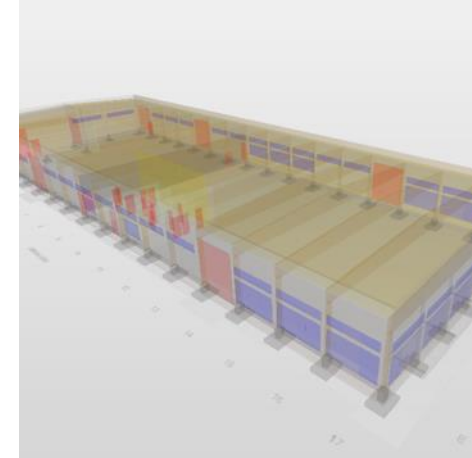
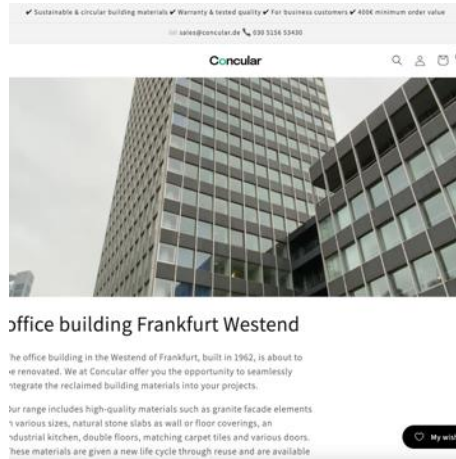
Purkutyön aikana:

- Ehjänä purkaminen
- Syntypaikkalajittelu
- Materiaalien ja tuotteiden ominaisuuksien todentaminen
- materiaalien ja rakennusosien kuljetus uudelle rakennuspaikalle tai välivarastointi

Purkutyön jälkeen:

- Lajittelu
- Materiaalien ja tuotteiden ominaisuuksien todentaminen (tarvittaessa)
- Uudelleenkäytön valmistelu esim. puhdistus
- (Rakennuspaikkakohtaisen) tuotehyväksynnän hakeminen uudelleenkäyttöä varten

Uudelleenkäyttö prosessina



Ennen purkutyötä:

- Hyödynnettävien materiaalien inventointi ja dokumentointi
- **Materiaalien ja tuotteiden ominaisuuksien todentaminen**
- Kauppapaikkaan vieminen

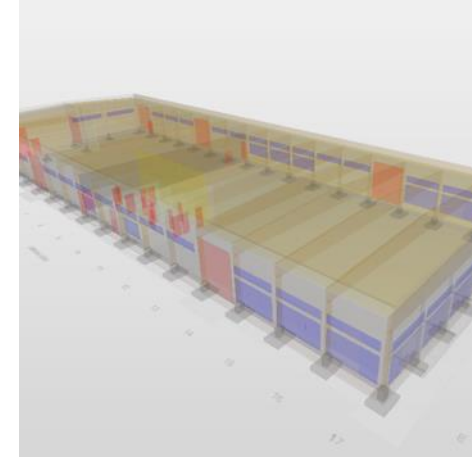
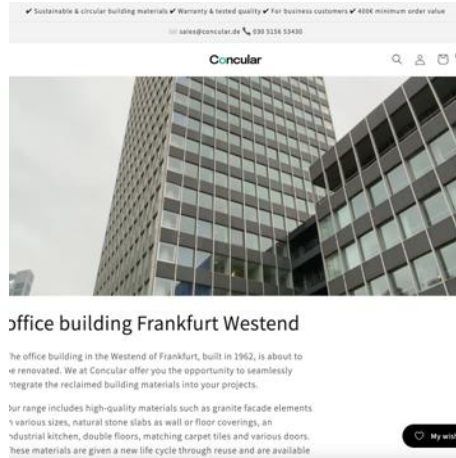
Purkutyön aikana:

- Ehjänä purkaminen
- Syntypaikkalajittelu
- **Materiaalien ja tuotteiden ominaisuuksien todentaminen**
- materiaalien ja rakennusosien kuljetus uudelle rakennuspaikalle tai välivarastointi

Purkutyön jälkeen:

- Lajittelu
- **Materiaalien ja tuotteiden ominaisuuksien todentaminen (tarvittaessa)**
- Uudelleenkäytön valmistelu esim. puhdistus
- (Rakennuspaikkakohtaisen) tuotehyväksynnän hakeminen uudelleenkäyttöä varten

Uudelleenkäyttö prosessina



Ennen purkutyötä:

- Hyödynnettävien materiaalien inventointi ja dokumentointi
- **Materiaalien ja tuotteiden ominaisuuksien todentaminen**
- Kauppapaikkaan vieminen

Purkutyön aikana:

- Ehjänä purkaminen
- Syntypaikkalajittelu
- **Materiaalien ja tuotteiden ominaisuuksien todentaminen**
- materiaalien ja rakennusosien kuljetus uudelle

Purkutyön jälkeen:

- Lajittelu
- **Materiaalien ja tuotteiden ominaisuuksien todentaminen (tarvittaessa)**
- Uudelleenkäytön valmistelu esim. puhdistus
- Ennustuspäikkakohtaisen) hyväksynnän
- Laitteen uudelleenkäyttöä varten

Rikkomattomat ja vähän rikkovat tutkimusmenetelmät

Kira Circularis

- Kuuden ammattikorkeakoulun toteuttama valtakunnallinen hanke
- Kaksivuotinen – toteutusaika 4/2024-03/2026
- Kokonaisbudjetti 1,5 M€
- Tuetaan rakennusalan uusien kiertotaloustuotteiden, -palveluiden ja -innovaatioiden kehittämistä
- Edistetään kiertotalouden ekosysteemin muodostumista rakennusosalle
- Teemoina materiaalien, rakennusosien ja rakennusten kierto



**Euroopan unionin
osarahoittama**

Tutkimuksen tavoite

Arvioida rikkomattomien (NDT) ja vähän rikkovien (SDT) -menetelmien soveltuvuutta puutuotteiden kunnon arviointiin.

Tutkia, miten NDT ja SDT testausmenetelmien yhdistelmät liittyvät puutuotteiden keskeisiin mekaanisiin ominaisuuksiin.

Rakennesuunnittelun näkökulmasta halutaan yleensä tietää:

- **Kimmokerroin** E (MOE) [MPa]
- **Tiheys** (ρ) [kg/m³]
- **Mitoituksen kannalta oleelliset materiaaalilujuudet** $f_m, f_v, f_{c0}, f_{c90}, jne.$ [MPa]
- **Rakenneosan mitat**
- **Rakenneosan kuormitushistoria ja alkuperäinen käyttökohde**

<https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-275-465-3>

Työryhmä:

Karelia-ammattikorkeakoulu

Arto Haaranen

Lehtori, rakennustekniikka

050 430 9537

arto.haaranen@karelia.fi

Karelia-ammattikorkeakoulu

Mikko Matveinen

Senior Project Manager

050 370 5830

mikko.matveinen@karelia.fi

Karelia-ammattikorkeakoulu

Joona Kainulainen

Projektiasiantuntija

050 591 5518

joona.kainulainen@karelia.fi

Karelia-ammattikorkeakoulu

Pekka Ronkainen

Laboratorioinsinööri

050 346 1314

pekka.ronkainen@karelia.fi

**Itä-Suomen Yliopisto /
Keskisalo Group Oy**

Mika Keskisalo

Väitöskirjatutkija / CEO

050 412 1353

mikakes@student.uef.fi

Itä-Suomen Yliopisto

Henrik Heräjärvä

Professori

050 466 8349

henrik.herajarvi@uef.fi

Testilaitteet

Rikkomattomat (NDT):

- Fakopp Portable Lumber Grader (*dynamic MOE*)
- Hitman HM200 (*acoustic stiffness tester*)
- Pundit PL-200 (*ultrasonic velocity*)

Vähän rikkovat (SDT):

- Fakopp Screw Withdrawal Meter (*density, shear strength and modulus*)
- IML-RESI PD400 (*drilling resistance/amplitude*)

Rikkovat (DT):

- AMT Systems KA500 (*MOE global*)
- Load Frame 500 kN (*MOE global*)

Fakopp
Portable
Lumber
Grader



Hitman
HM200



Pundit PL-200



Fakopp Screw
With-drawal
Meter



IML-RESI PD400



1-vaiheen tutkimuksen toteutus

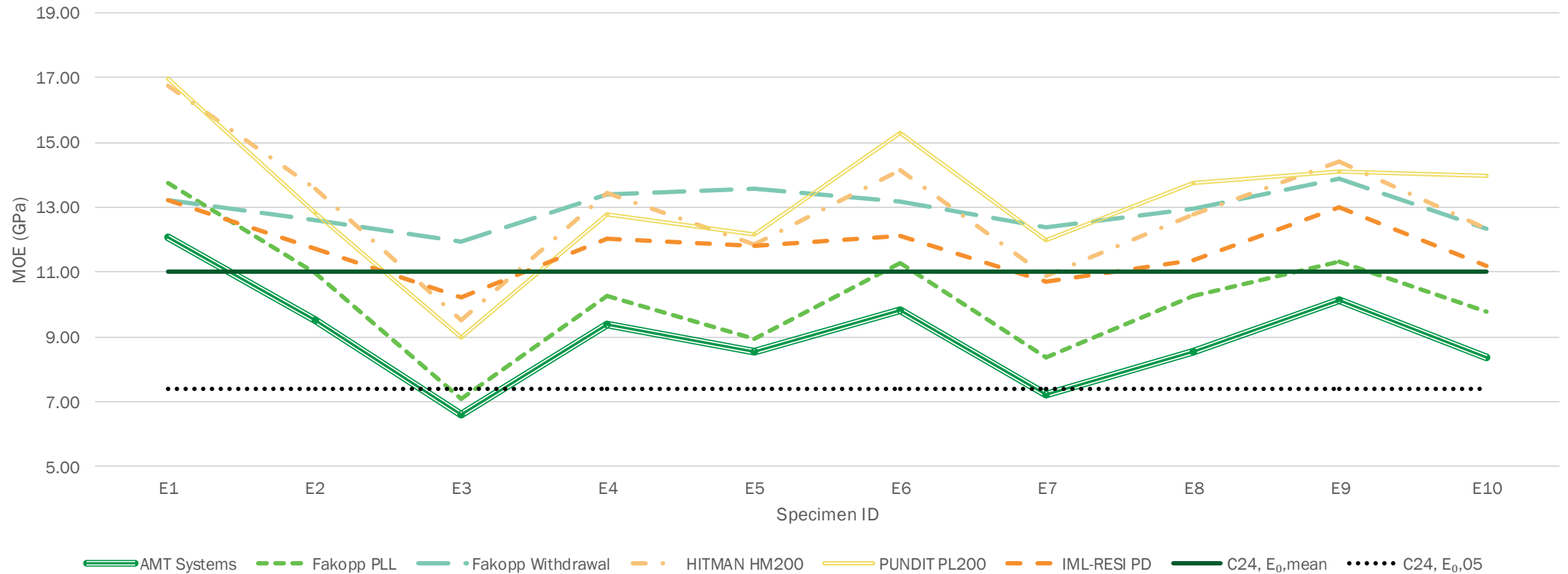
12

- Ensimmäisen vaiheen testit suoritettiin laboratorioympäristössä (MC=14,45 %) ja niissä hyödynnettiin neitseellistä sahatavaraa (vrt. Tutkimuksen tavoite)
- Sahatavara C24, 48x98x2000 (höylätty mittaan: 45x95x2000)
- Testisarjan koko: 10 Kpl
- Näytekappaleiden valinnassa hyödynnettiin visuaalista lajittelua (tasalaatuisuus)



1-vaiheen tulokset

MOE ESTIMATION
NDT AND SDT VS. DT



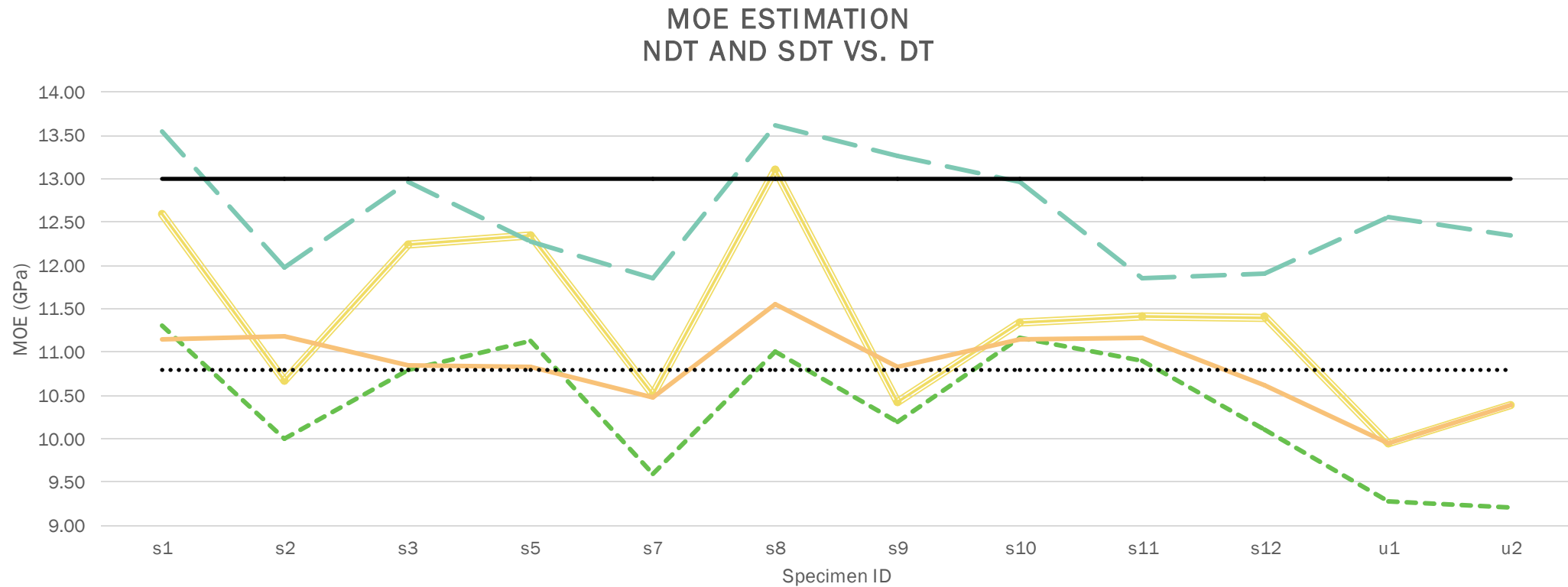
2-vaiheen tutkimuksen toteutus

14

- Toisen vaiheen testit suoritettiin laboratorioympäristössä (MC=12,83 %) ja niissä hyödynnettiin purkukohteesta talteenotettuja yli 50 vuotta vanhoja liimapuupalkkeja.
- L 400 B, n. 60x300 (Palkkien pituus vaihteli 4000–4800 välillä)
- Testisarjan koko: 12 Kpl
- Näytekappaleiden valinnassa hyödynnettiin visuaalista lajittelua: purkutyössä selvästi rikkoontuneet kappaleet otettiin syrjään



2-vaiheen tulokset



Load Frame, XAMK

Fakopp PLL

Fakopp Withdrawal

IML-RESI PD

GL30c, E_0, mean

GL30c, $E_0, 05$



Tulosten yhteenveto: tiheys

Porausvastus/amplitudi ja ruuvien irrotusvoima korreloivat tiheyden (ominaispainon) kanssa

Menetelmien etuna on nopeus

Porausvastuksen mittaaminen:

- Pystysuuntainen poraus ja vinoporaus yhdessä osoittavat korkeampaa korrelaatiota kuin pelkkä pystysuuntainen tai vinoporaus.
- Neulan pyörimis- ja tunkeutumisnopeuden vaikutus tuloksiin vaatii lisää tutkimusta.

Ruuvien ulosvetovoiman mittaaminen:

- Ruuvien irrotusvoima heijastaa ensisijaisesti pinnanläheistä tiheyttä: suuremmille rakenteille tarvitaan monisyvyystestejä.



Tulosten yhteenveto: kimmokerroin

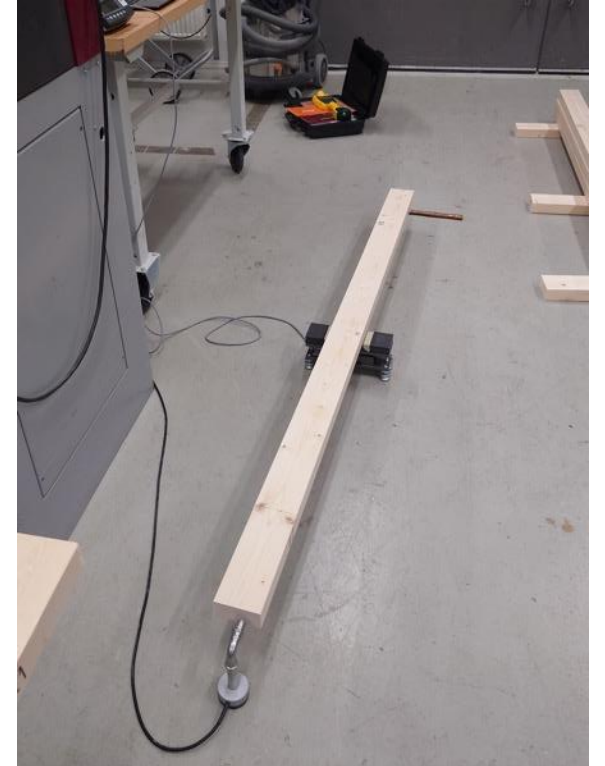
Akustisten menetelmien yhteydessä tiheyden arvion vaikutus ja oksaisuuden arviointi on merkittävässä roolissa.

Kierrätetyn puun viat sekä heterogeenisuus voivat lisätä tulosten hajontaa.

Tarkkuus riippuu myös puulajista, kosteuspitoisuudesta ja laiteasetuksista.

Menetelmiä voi olla vaikea soveltaa ennen purkutyötä

Paras korrelaatio saatiin Fakopp PLG –laitteella suhteessa referenssi arvoihin.



Testausprotokolla ?

1. Käyttö- ja kuormitushistorian selvittäminen

2. Visuaalinen lajittelu: esim. DS/INSTA 142 -standardin mukaisesti

3. Päätössääntö:

- Lajittelu EN 388 -standardin mukaisesti
- Uudelleenkäyttö (Ominaisuudet tavoitearvojen rajoissa)
- Hylkäys / Korjaus / Muokkaus / Hyväksyntä

Tarvittaessa:

4. kosteuspitoisuuden mittaus

5. Tiheyden arviointi: Porausvastuksen mittaus tai ruuvien ulosvetotesti

6. Jäykkyyden arviointi: Ultraääni tai muut akustiset menetelmät

7. Arvio tiheydestä ja kimmokertoimesta (MOE)

8. Päätössääntö: Sama kuin edellä





rakennelaskuri.karelia.fi



rakentaminen.karelia.fi

woodjoensuu.fi

Mikko Matveinen
Senior Project Manager
mikko.matveinen@karelia.fi
+358 50 370 5830

