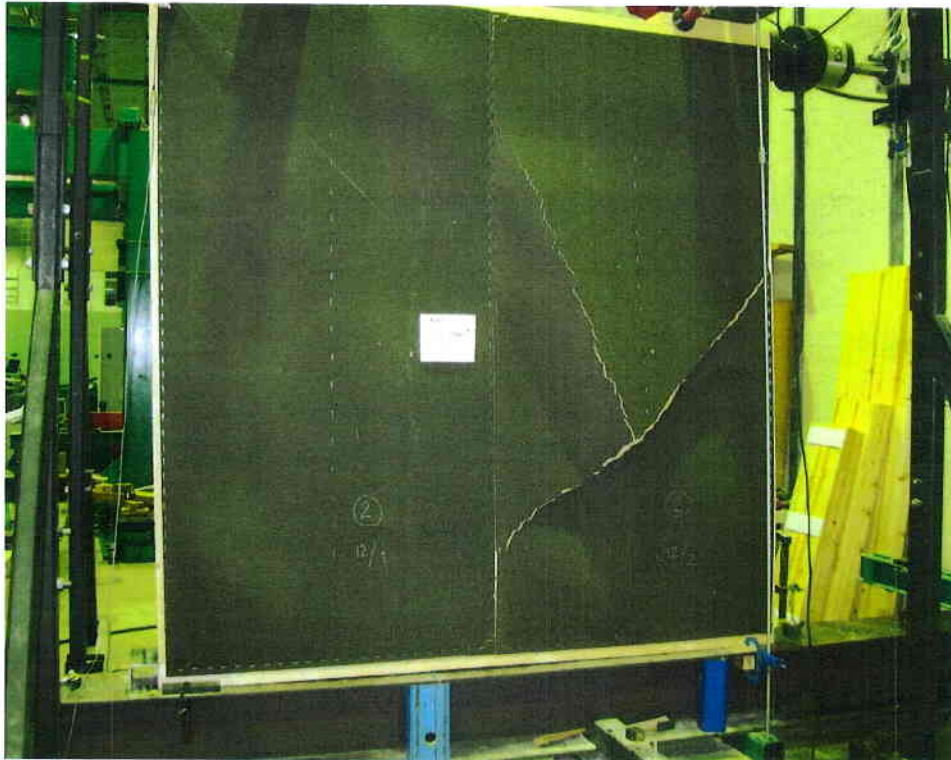




Tuuli- ja Runkoleijona -puukuitulevyjen testaus tuulijäykistyskäyttöä varten

Tilaaaja: Skano Group AS

Tilaaaja Skano Group As
Skano Fibreboard Pärnu/Püssi
Räämä 31
80044 Pärnu
Viro

Tilaus Peter Lind 5.6.2013

Yhteyshenkilö **VTT Expert Services Oy**
Ari Kevarinmäki
Kemistintie 3, Espoo
PL 1001 02044 VTT
Puh. +358 20 722 5566
Faksi +358 20 722 7003
Sähköposti ari.kevarinmaki@vtt.fi

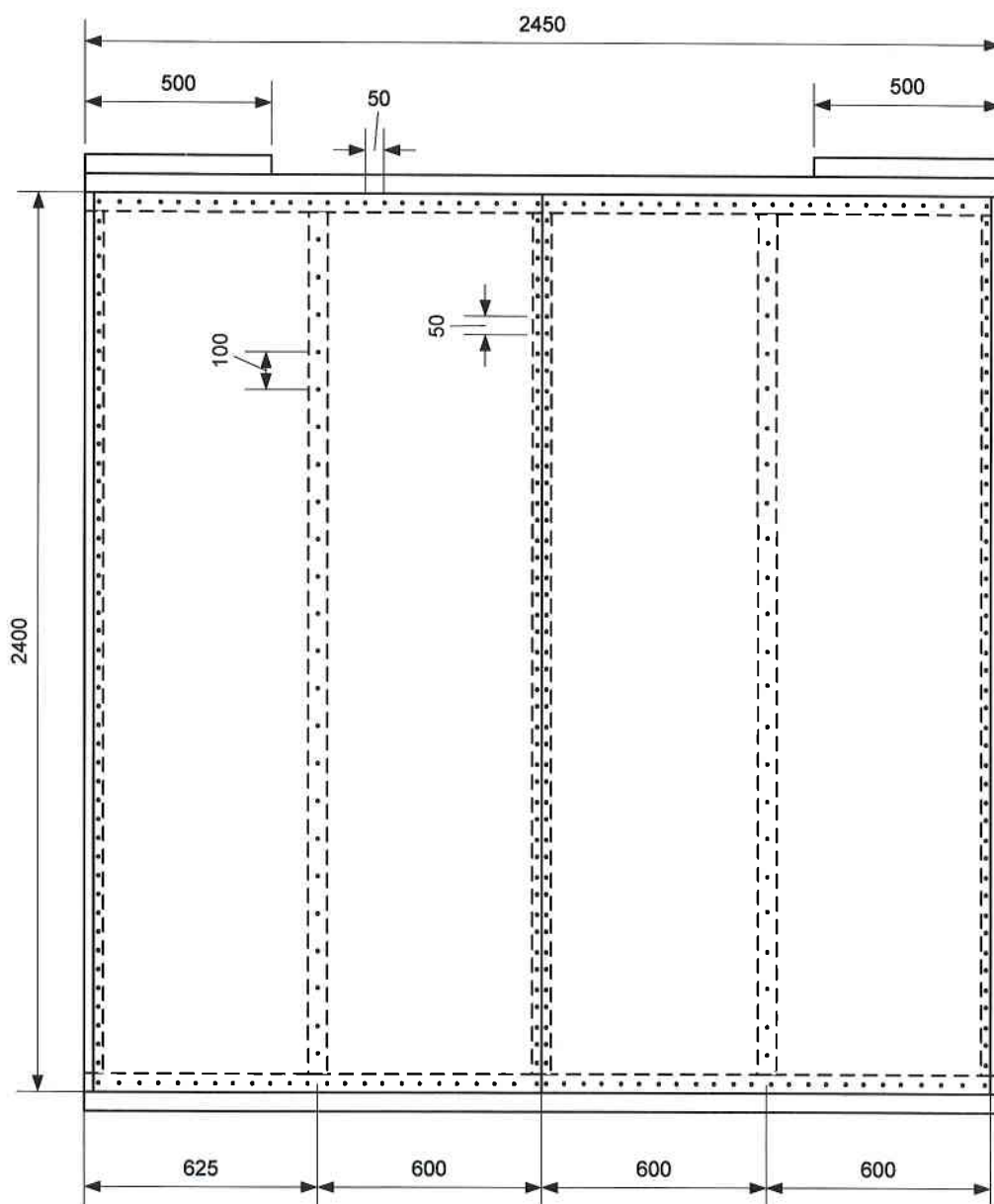
Tehtävä **Tuuli- ja Runkoleijona -puukuitulevyjen testaus tuulijäykistys-käyttöä varten**

Yleistä Skano Group AS:n valmistamilla huokoisilla puukuitulevyillä Tuulileijona ja Runkoleijona tehtiin standardin EN 594 mukaiset jäykistysseinäkokeet levyjen tyyppihyväksyntää varten. Kokeilla määritetään levykohtainen jäykistyskestävyys käyttöluokan 2 olosuhteissa ja sen asettama rajoitus pienimmälle hyödynnettävälle liitinvälille. Kummallakin levyllä tehtiin kolmen jäykistysseinän murtokuormituskokeet. Kokeet ovat Ympäristöministeriön rakennuslevyjen tyyppihyväksynnästä antaman asetuksen mukaisia täyden mittakaavan tyyppikokeita.

Koekappaleet Tilaaaja toimitti kokeita varten 6 kappaletta 12 mm Tuulileijonalevyä ja kuusi 25 mm Runkoleijonalevyä. Tilaaaja toimitti myös koekappaleissa käytetyn puutavaran ja levyjen kiinnityksessä käytetyt liittimet. Levyjä ja puutavaraa tasaannutettiin RH 85 % ja 20 °C olosuhdehuoneessa 7 viikkoa ennen koekappaleiden kasausta.

Koeseinien mittapiirustus on esitetty kuvassa 1. Levyt kiinnitettiin 600 mm jaolla oleviin tolppiin, sekä ylä- ja alajuoksuihin. Koeseinien puuosat olivat lujusluokan C24 mitallistettua 48 mm x 148 mm sahatavaraa. Tuulileijonalevyt kiinnitettiin 1,2/1,6x32 mm hakasilla, joiden selän pituus oli 25 mm. Runkoleijonalevyt kiinnitettiin Sencon kuumasinkityillä täyskantaisilla kampanauloilla 2,9x65. Liittimet asennettiin tilaajan toimittamilla Sencon paineilmanaulaimilla. Liitinväli oli kummallakin liittimellä 50 mm levyn reunassa ja 100 mm levyn keskellä. Liittimien reunaetäisyys levyn reunaan oli 10 mm pitkällä sivuilla ja 25 mm levyjen päädyissä. Seinätolpat kiinnitettiin ala- ja yläjuoksuihin ruuvaamalla 5x100 mm yleisruuveilla käyttäen kolmea ruuvia tolpan yhtä päätä kohden. Ala- ja yläjuoksuihin kiinnitetyt lisäpuuosat kiinnitettiin samoilla ruuveilla noin 10 cm liitinvälillä. Koekappaleet testattiin välittömästi niiden kokoamisen jälkeen.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille

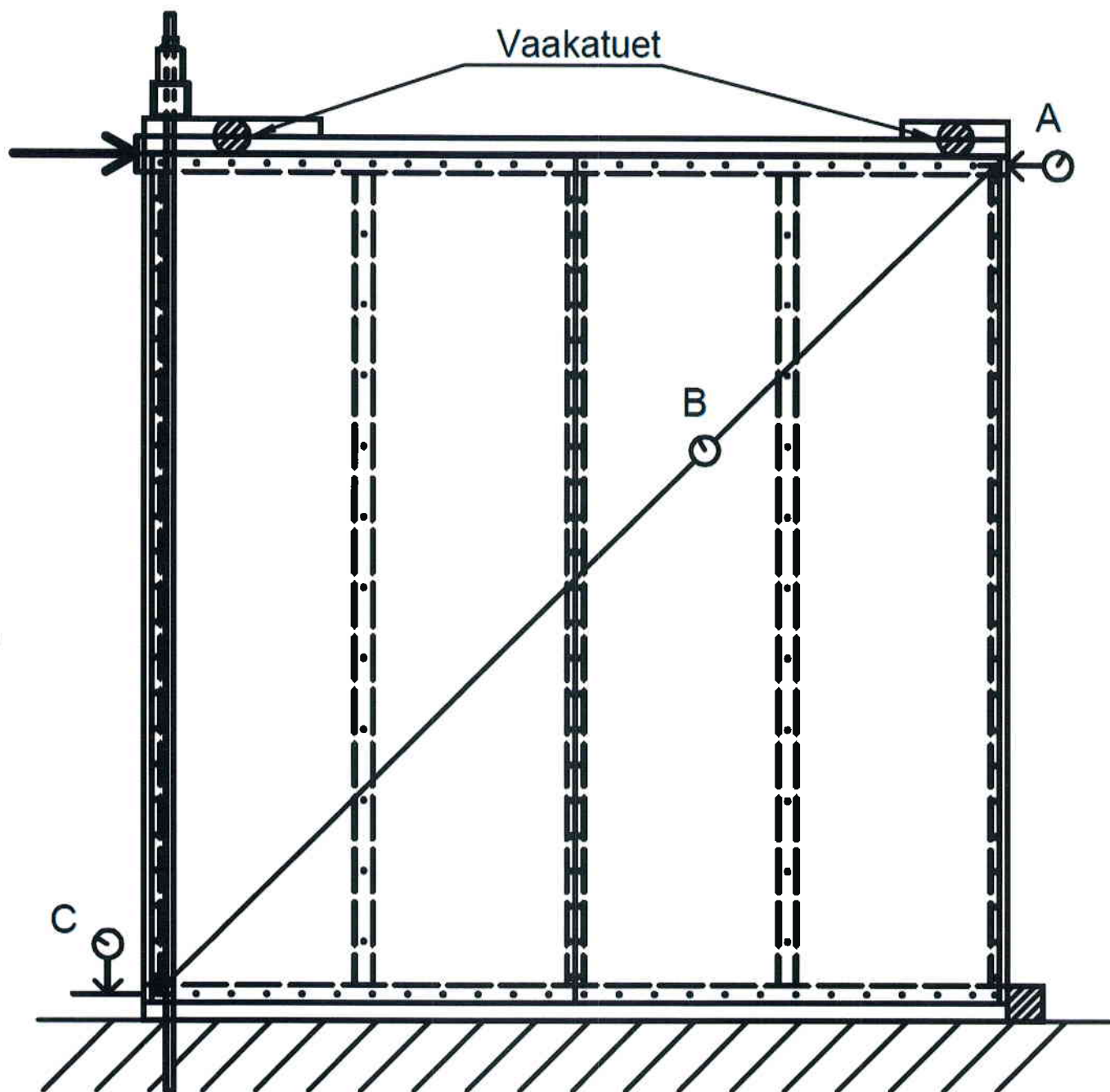


Kuva 1 Jäykistyskoeseinän mittapiirustus.

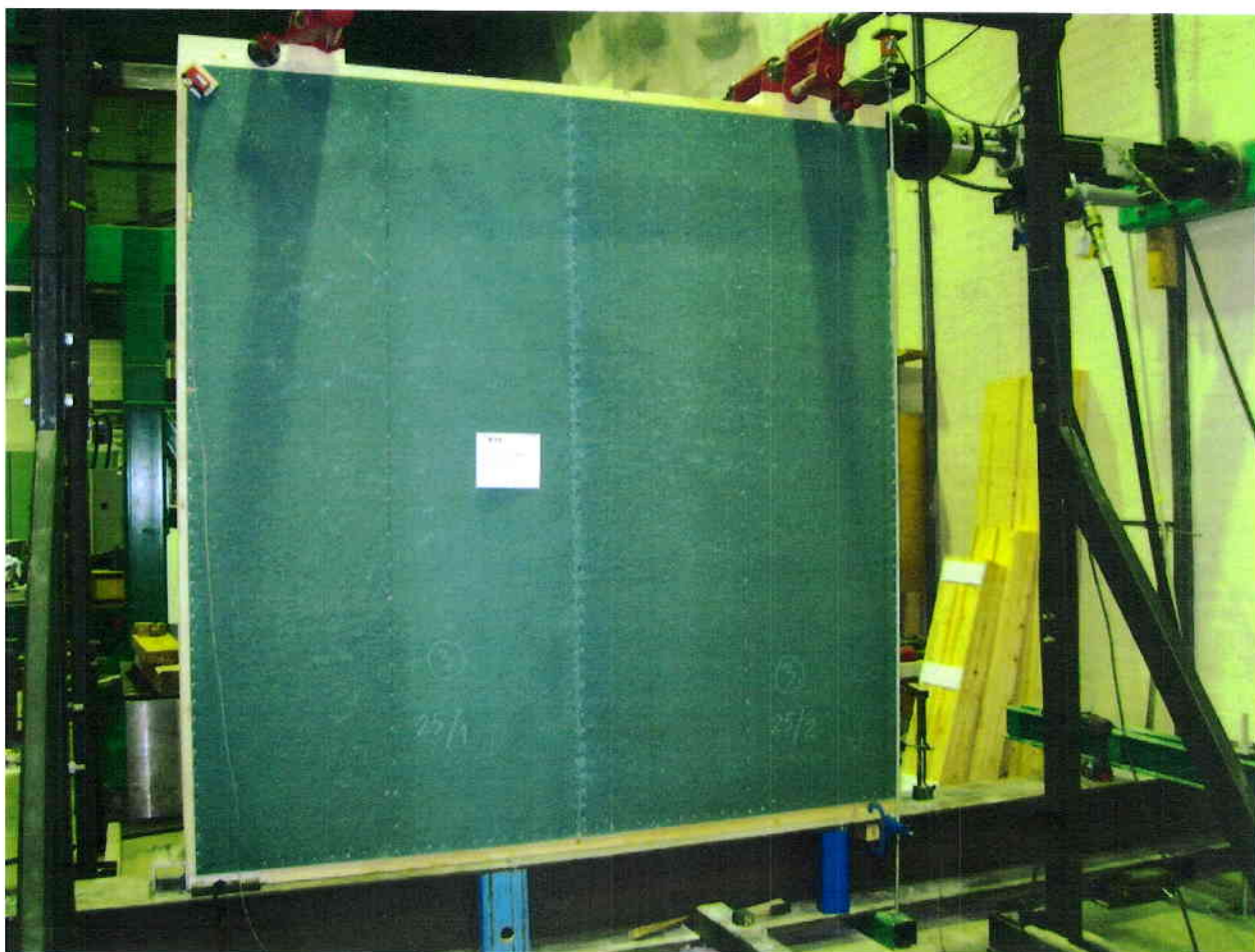
Koejärjestelyt

Jäykistysseinäkokeiden kuormitus- ja mittausjärjestelyt on esitetty kuvissa 2 - 5. Seinää painettiin yläreunasta hydraulitunkilla, jonka aikaansaamaa vaakavoimaa mitattiin kalibroidulla 100 kN voima-anturilla. Koeseinän alapuolella olevan teräksisen I-profiilin siirtymät oli estetty kiinnittämällä se koehallin lattian kiinnityspisteisiin. Koeseinän alareunan siirtymä oli estetty I-profiiliin hitsatulla neliöputkiprofiililla (kuva 5b). Koeseinän tunkin puoleisen reunan ylösnouseminen estettiin vetotangoilla. Vetotangot sijaitsivat seinän molemmilla puolilla, ja niissä vaikuttavat voimat mitattiin kalibroiduilla 25 kN voima-antureilla. Koeseinän yläreunan siirtymä seinäpintaa vastaan kohtisuorassa suunnassa oli estetty kuvassa 3 näkyvillä tuilla. Tuet olivat nivelöityjä ja mahdollistivat yläreunan vapaan liikkeen tunkin suunnassa.

Seinän yläreunan vaakasiirtymää mitattiin seinän yläjuoksusta (mitta A) ± 250 mm lanka-anturilla (kuvat 2 ja 5a). Tämän lisäksi ± 250 mm lanka-anturilla mitattiin seinän ristimitan muutos (mitta B). Seinän tunkin puoleisen reunan pystyliike (mitta C) mitattiin induktiivisella ± 20 mm HBM:n anturilla (kuva 4b).



Kuva 2 Kuormitus- ja mittausjärjestelyt.

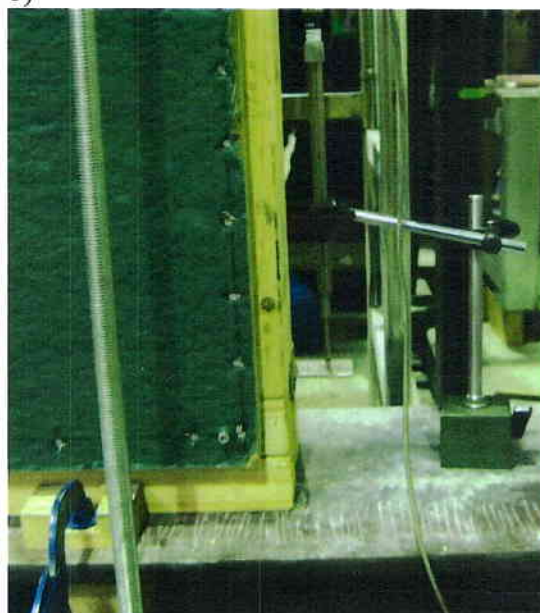


Kuva 3 Jäykistysseinän kuormitusjärjestelyt.

a)



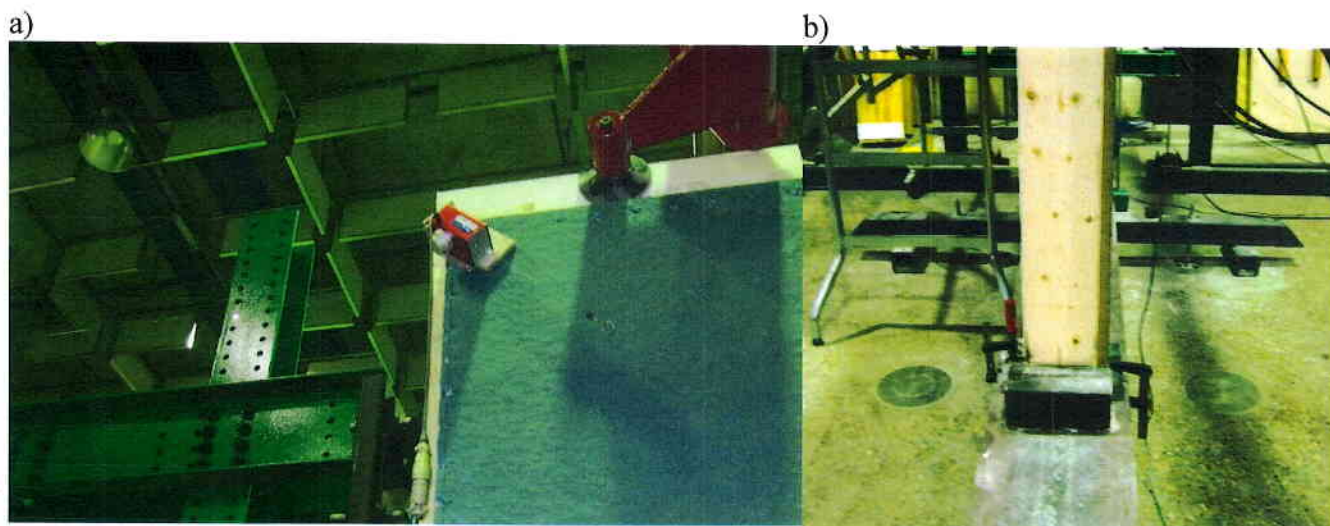
b)



Kuva 4 a) Seinän ylänurkan kuormitus- ja tuentajärjestelyt ja b) seinän alanurkan pystysiirtymän mittaajajärjestely.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille

VTT Expert Services Oy:n tai VTT:n nimen käyttäminen mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT Expert Services Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.



Kuva 5 a) Vaaka- ja diagonaalsiirtymien mittaus lanka-antureilla ja b) seinän alapään vaakatuki.

Kokeiden suoritus

Koeseinien kuormitus suoritettiin standardin EN 594 mukaisesti kuormittamalla vakionopeudella suoraan murtoon. Kuormitusnopeus oli 10 mm/min, kun siirtymänä tarkastellaan seinän yläpään vaakaliikettä. Kuormitusta jatkettiin kunnes murtokuorma oli saavutettu ja seinän yläpään vaakasiirtymä oli vähintään 100 mm.

Koekappaleissa käytetyistä runkotolpista ja levyistä otettiin näytteet, joista määritettiin tiheys sekä kosteuspitoisuus. Tiheys- ja kosteuspitoisuusmittausten tulokset on esitetty liitteessä 2.

Koetulokset

Jäykistysseinäkokeiden tulokset on esitetty taulukoissa 1 ja 2. Koekappalekohtaiset mitatut voima-siirtymäriippuvuudet on esitetty liitteessä 1. Tuulileijonalevystä tehdyt koekappaleet murtuivat levyn leikkauslommahduksena ennen hakasliitosten myötäämistä, ks. kuva 6.

Runkoleijonalevystä tehdyt koeseinät murtuivat naulaliitosten myöätessä. Rasitetuimmat naulat vääntyivät ja niiden kannat painuivat levyn sisään. Liitossiirtymien kasvaessa murtokuorma saavutettiin, kun levy murtui repeytymällä naularivin kohdalta ja/tai leikkautumalla paikallisesti levyn nurkassa, ks. kuvat 7 ja 8.

Taulukko 1 Tuulileijonalevyn jäykistysseinäkokeiden tulokset.

Koekappale	Jäykistysseinän kuormituskestävyys [kN]	Jäykistysseinän jäykkyys [N/mm]	Kuormituskestävyys per levy [kN]
TL1	14,50	700	7,25
TL2	15,64	747	7,82
TL3	16,61	737	8,30
Keskiarvo	15,58	728	7,79
Keskihajonta	1,06	24,8	0,53
Variaatiokerroin	6,8 %	3,4 %	6,8 %

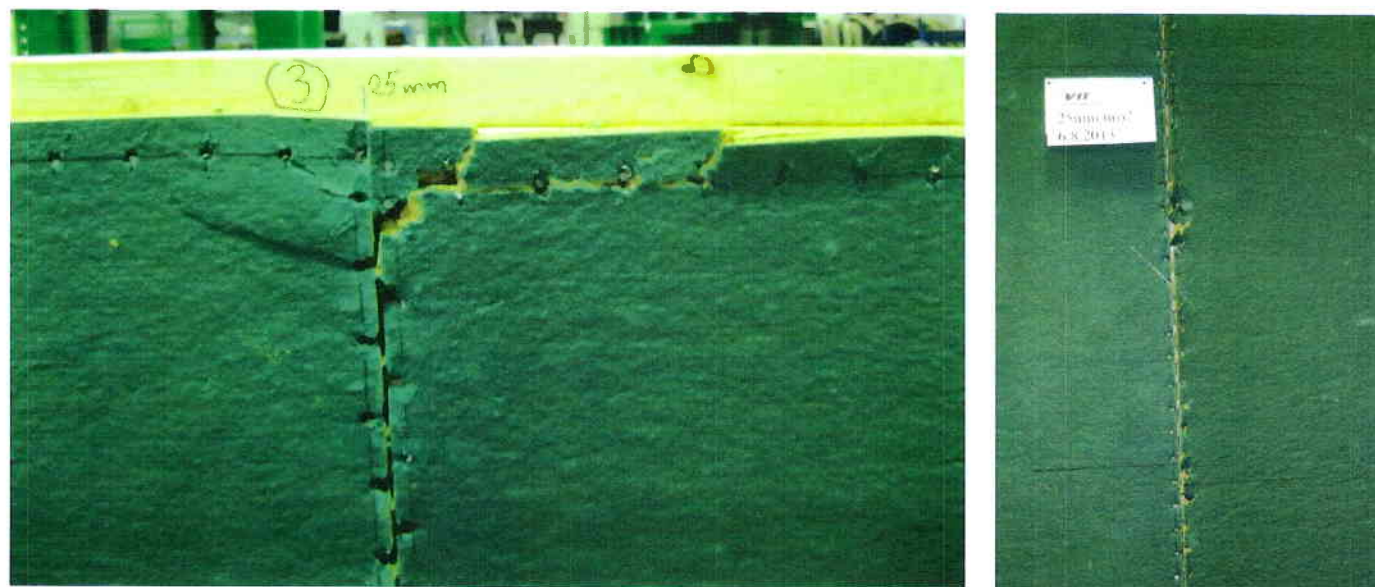
Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille

Taulukko 2 Runkoleijonalevyn jäykistysseinäkokeiden tulokset.

Koekappale	Jäykistysseinän kuormituskestävyys [kN]	Jäykistysseinän jäykkyys [N/mm]	Kuormituskestävyys per levy [kN]
RL1	18,09	896	9,05
RL2	20,06	783	10,03
RL3	16,61	843	8,30
Keskiarvo	18,35	841	9,13
Keskihajonta	1,73	56,5	0,87
Variaatiokerroin	9,4 %	6,7 %	9,5 %



Kuva 6 Murtotapa Tuulileijonalevyn jäykistysseinäkokeissa.



Kuva 7 Murtotapa Runkoleijonalevyn jäykistysseinäkokeissa, yksityiskohtia

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille



Kuva 8 Murtotapa Runkoleijonalevyn jäykistysseinäkokeissa, yleiskuva.

Tulosten tarkastelu

Standardin EN 14358 mukaan laskettu Tuulileijonalevyillä jäykistettyjen koeseinien kuormituskestävyyden ominaisarvo on 12,6 kN. Tällöin yhden levyn kuormituskestävyyden ominaisarvo on 6,3 kN ja sitä vastaava leikkauslommahduskestävyyden ominaisarvo levyn leveysyksikköä kohden on 5,2 N/mm.

Runkoleijonalevyillä jäykistettyjen koeseinien kuormituskestävyyden ominaisarvo oli 15,8 kN, jolloin yhtä levyä kohden laskettu kuormituskestävyyden ominaisarvo on 7,9 kN.

Yksittäisen levyn leikkausvoimakestävyys voidaan laskea SFS-EN 1995-1-1 standardin yksinkertaistetun mitoitusmenetelmän A mukaan kaavalla:

$$F_{i,v,Rk} = \frac{F_{f,Rk} \cdot b_i \cdot c_i}{s} \quad (1)$$

missä $F_{i,v,Rk}$ on yksittäisen levyn leikkausvoimakestävyys
 $F_{f,Rk}$ on levyn yksittäisen liittimen leikkausvoimakestävyys

b_i	on levyn leveys
c_i	on levyn mittasuhteista riippuva kerroin (≤ 1)
s	on liitinjako levyn reunoilla

Jäykistysseinäkokeissa käytetyllä levyn mittasuhteilla kerroin $c_i = 1$.

Kaavasta (1) voidaan ratkaista kokeissa määritettyä jäykistysseinän kuormituskestävyyttä vastaava liittimen leikkausvoimarasitus. Tuulileijonalevyillä jäykistetyn koeseinän ominaiskestävyyttä vastaava liittimen leikkausrasitus on tällöin 263 N. Tuulileijonalevyillä aikaisemmin VTT:llä tehdyissä liittimien leikkauskokeissa lankanaulalle 2,1x50 ja bituliittinaulalle 3,5x30 määritetyt käyttöluokkaa 2 vastaavat lausunnossa VTT-S-05872-13 esitetyt ominaiskestävyydet 157 N ja 213 N ovat tätä pienempiä, jolloin leikkauslommahdus ei tule näillä liittimillä mitoittavaksi tekijäksi, kun kiinnikeväli on vähintään 50 mm. Vahvempia liittimiä käytettäessä mitoituksessa on tarkistettava myös levyn leikkauslommahduskestävyys käyttäen käyttöluokan 2 leikkauslujuudelle levyn leveysyksikköä kohden ominaisarvoa 5,2 N/mm.

Runkoleijonalevyillä jäykistetyn koeseinän ominaiskestävyyttä vastaava kaavasta (1) ratkaistu liittimen leikkausrasitus on 329 N. Runkoleijonalevyillä aikaisemmin VTT:llä tehdyissä liittimien leikkauskokeissa konenaulalle 2,5x60 määritetty käyttöluokkaa 2 vastaava ominaiskestävyys on 407 N (VTT-S-05872-13). Seinäkokeissa käytettiin konenaulaa 2,9x65, jonka leikkauskestävyyden pitäisi olla vielä parempi. Seinäkokeet osoittivat, että 50 mm liitinväli on näille nauloille liian pieni. Naulan täydellistä leikkauskestävyyttä ei ollut vielä saavutettu, kun levy murtui repeytymällä naularivin kohdalta. Mikäli jäykistyskestävyyden mitoituksessa naulalle käytetään ominaisarvoa 407 N, liitinvälin pitäisi olla vähintään 62 mm.

Johtopäätelmät

Tuulileijonalevyillä jäykistetyn seinän jäykistyskestävyys voidaan mitoittaa Eurokoodi 5 (SFS-EN 1995-1-1) kohdan 9.2.4.2 mukaisella menetelmällä A. Liitinvälin tulee olla vähintään 50 mm ja liittimen reunaetäisyyden levyn reunasta tulee olla vähintään 10 mm. Liittimen ominaiskestävyytenä käytetään liitoskokeilla Tuulileijonalevyille määritettyjä arvoja. Mikäli liittimen leikkauskestävyyden ominaisarvo on käyttöluokassa 2 suurempi kuin 260 N, tulee mitoituksessa tarkistaa myös levyn leikkauslommahduskestävyys. Rankajakoa k600 vastaava Tuulileijonalevyn leikkauslommahduskestävyyden ominaisarvo on käyttöluokassa 2 levyn leveysyksikköä kohden 5,2 N/mm. Tätä vastaava kaventamattoman levyn ominaiskestävyys on 6,2 kN.

Runkoleijonalevyillä jäykistetyn seinän jäykistyskestävyys voidaan mitoittaa Eurokoodi 5 (SFS-EN 1995-1-1) kohdan 9.2.4.2 mukaisella menetelmällä A. Ranka/koolausjako saa olla enintään 600 mm. Liittimen ominaiskestävyytenä käytetään liitoskokeilla Runkoleijonalevyille määritettyjä arvoja. Liittimen reunaetäisyyden levyn reunasta tulee olla vähintään 10 mm. Pienien sallittava liitinväli on 50 mm, kun liittimen ominaisleikkauskestävyys käyttöluokassa 2 on ≤ 330 N. Muilla liittimillä pienin sallittava liitinväli, voidaan laskea kaavasta:

$$a_{1,min} = \frac{F_{f,Rk}}{330} \cdot 50 \text{ mm} \quad (2)$$

missä $F_{f,Rk}$ on liittimen leikkauskestävyyden ominaisarvo Newtonina käyttöluokassa 2.

Espoo, 12.9.2013



Ari Kevarinmäki
Johtava asiantuntija

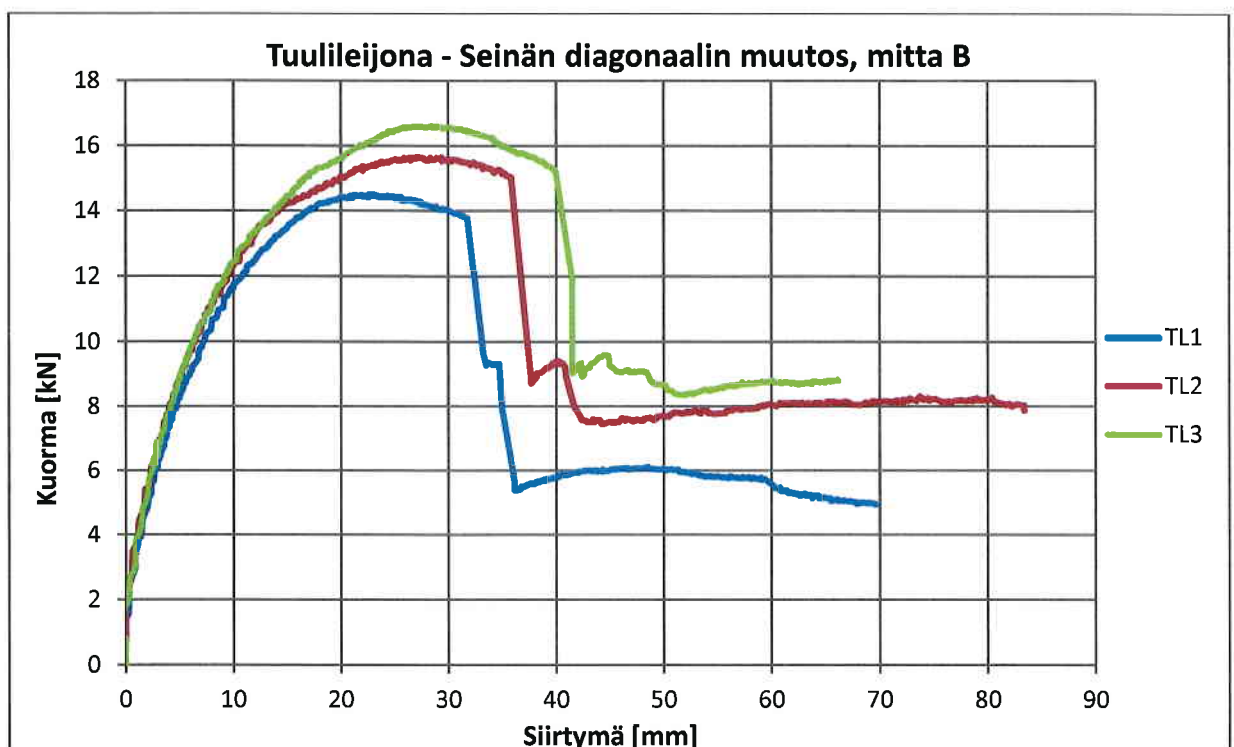
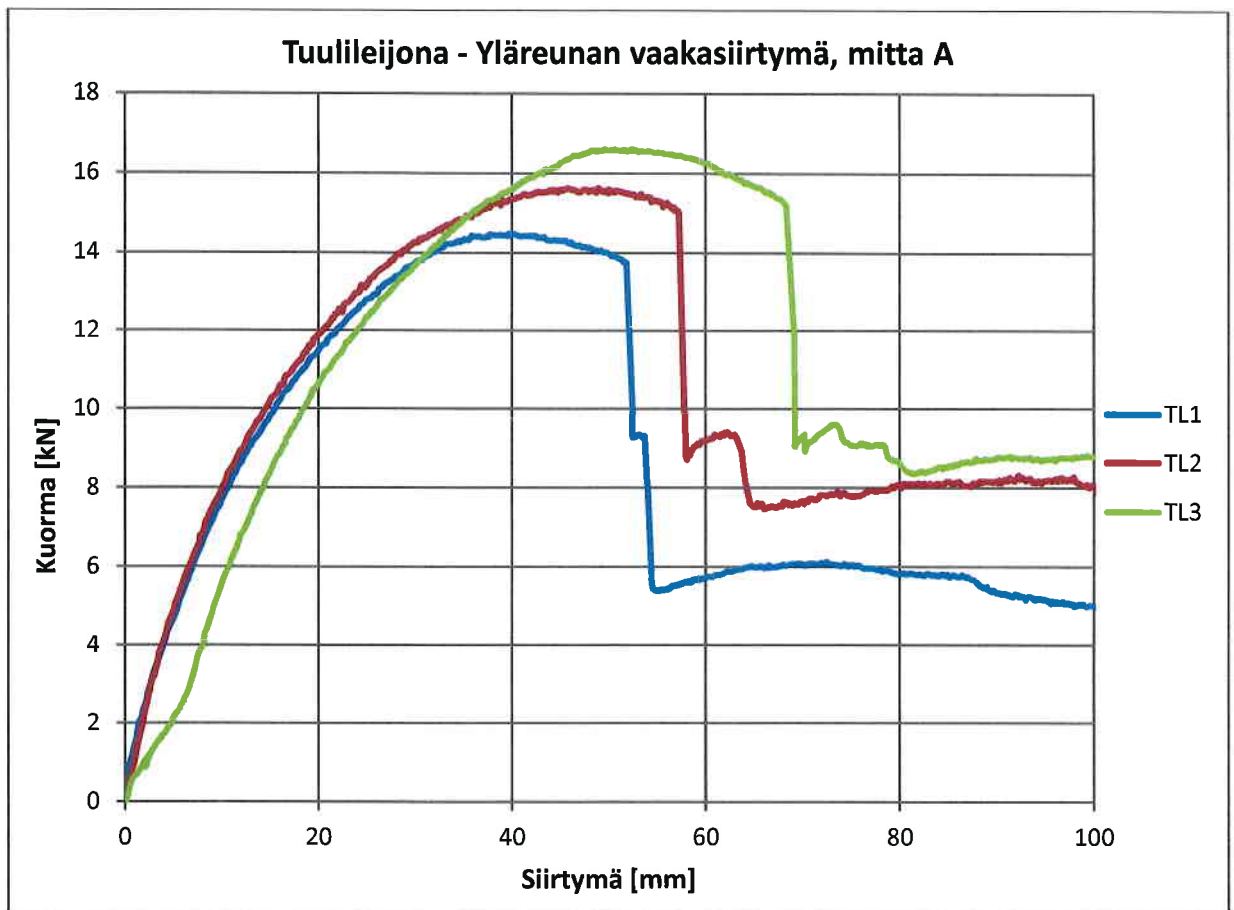
LIITTEET

- LIITE 1: Mitatut voima-siirtymäriippuvuudet
LIITE 2: Puutavaran ja kuitulevyjen tiheyden ja kosteuspitoisuuden mittaustulokset

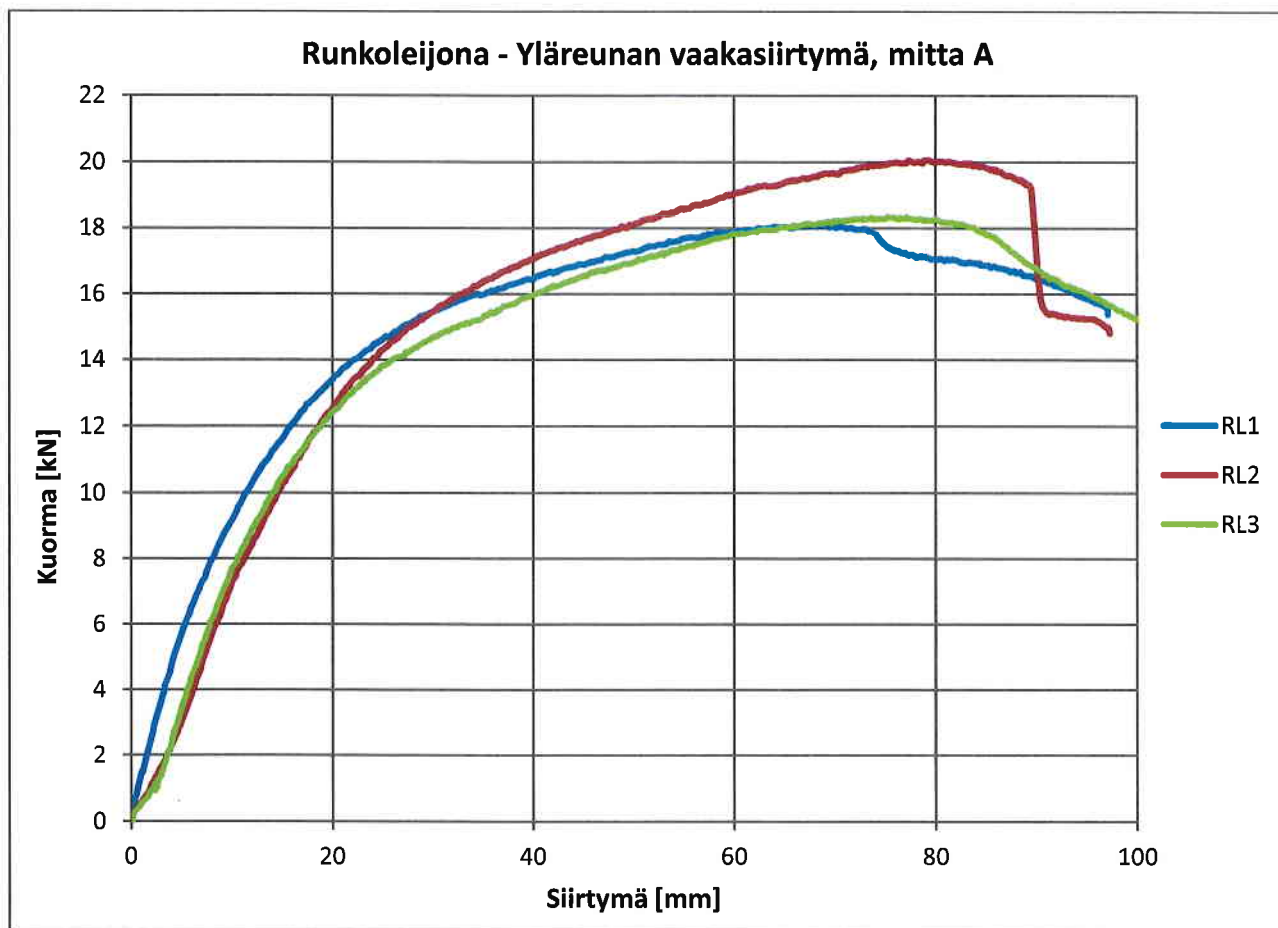
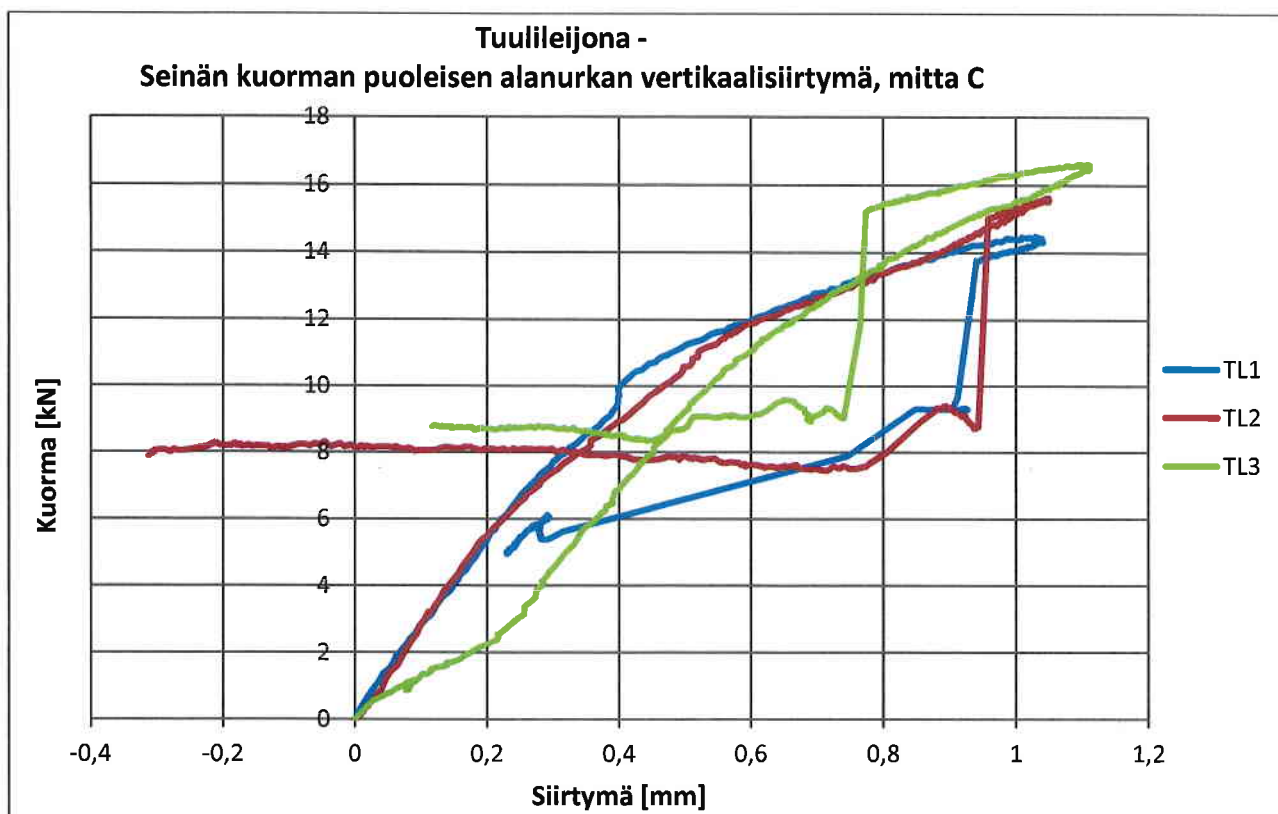
JAKELU

Skano Group AS	Alkuperäinen
Suomen Tuulileijona Oy / Peter Lind	Kopio
VTT Expert Services Oy / Arkisto	Alkuperäinen

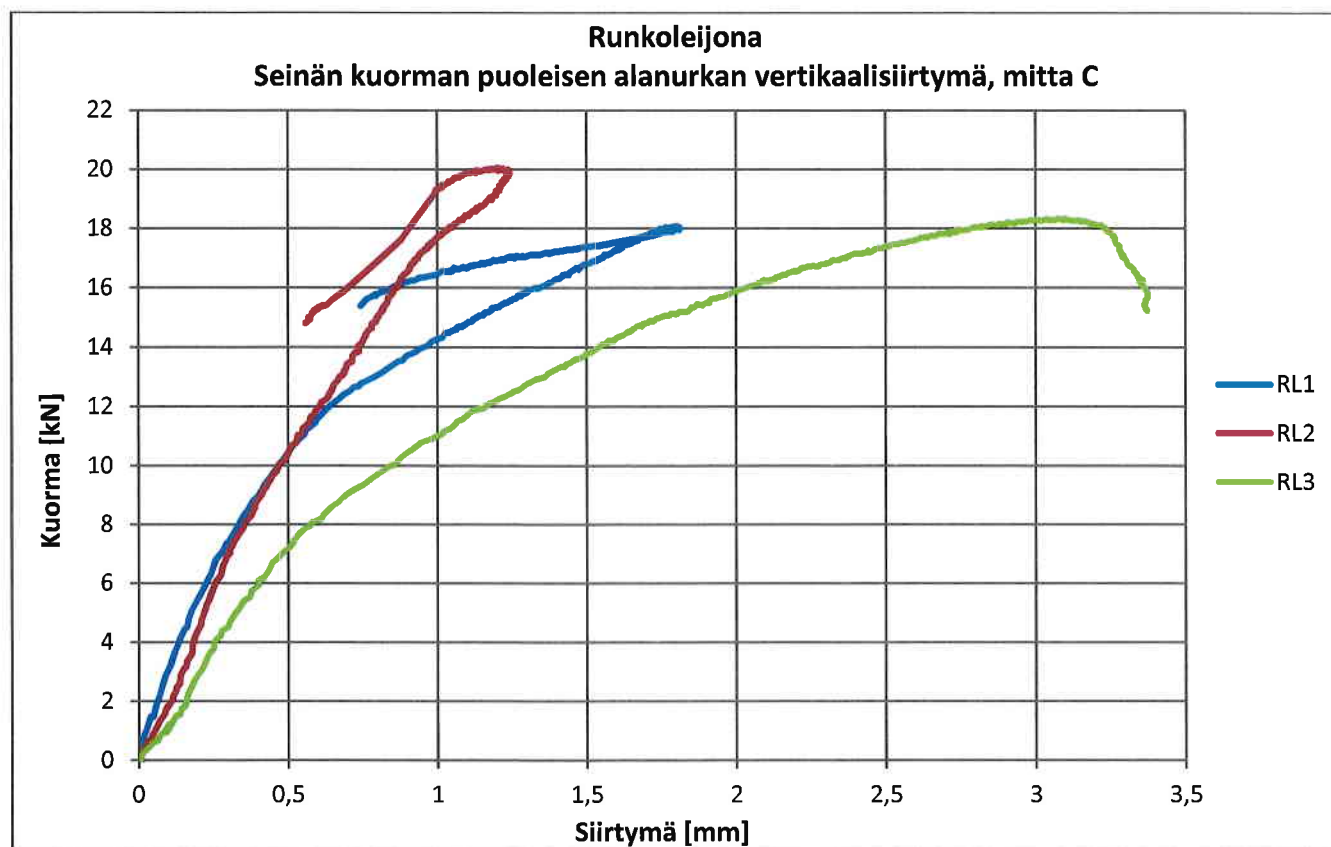
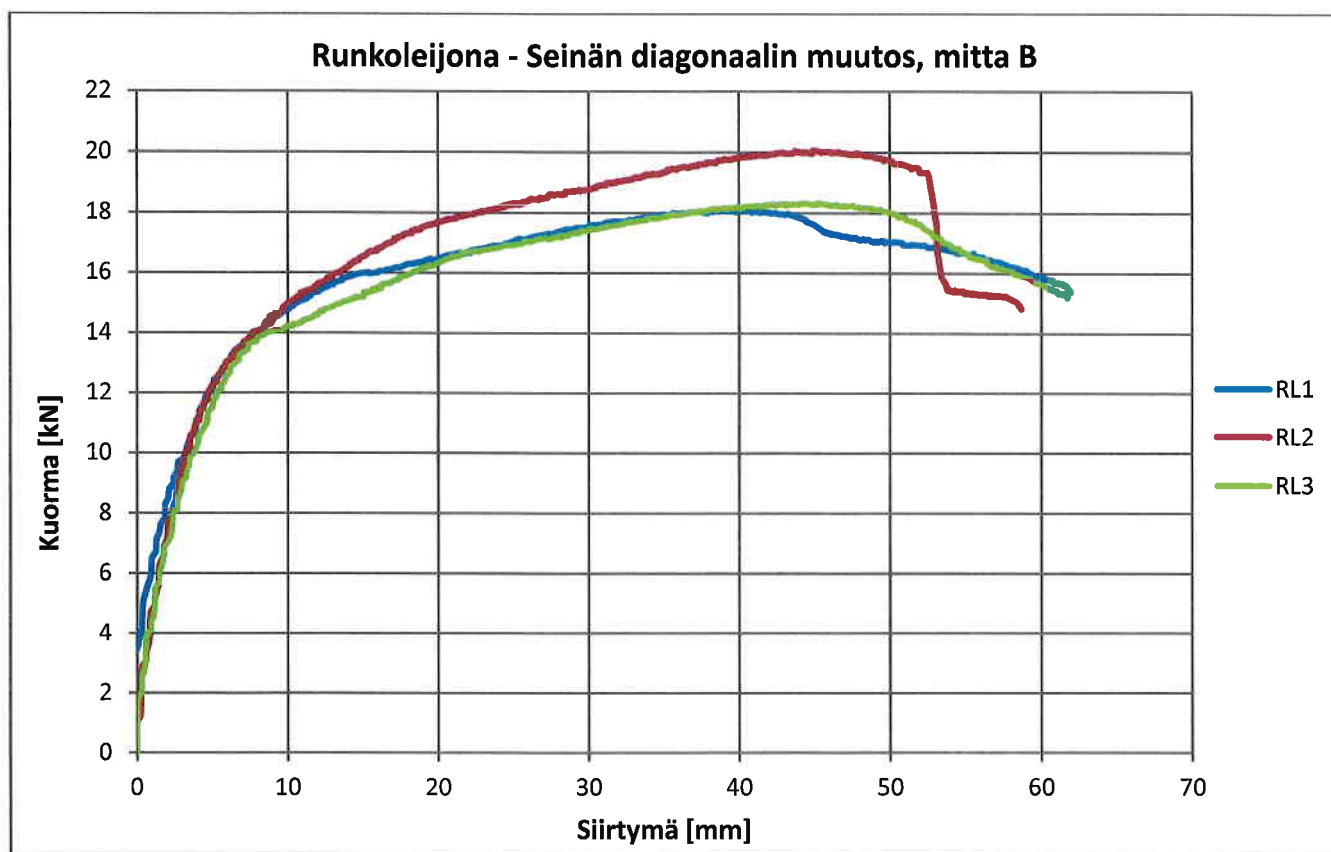
Jäykistysseinäkokeissa mitatut voima-siirtymäriippuvuudet



Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille



Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille



Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille

Puutavaran ja kuitulevyjen tiheyden ja kosteuspitoisuuden mittaustulokset

Koekap- paleen tunnus	Paksuus mm	Pituus mm	Leveys mm	Märkä- paino g	Kuiva- paino g	Kosteus ω %	Tiheys ρ_{ω} kg/m ³	Kuivatiheys ρ_0 kg/m ³
Puutavara								
TL1 R1	47,71	49,63	147,78	150,76	127,22	18,5	431	364
TL1 K	47,73	50,30	147,94	157,02	133,82	17,3	442	377
TL1 R2	47,49	49,49	147,05	132,90	110,24	20,6	385	319
TL2 R1	47,61	49,78	147,73	172,41	145,48	18,5	492	416
TL2 K	47,58	49,88	146,88	158,78	132,44	19,9	455	380
TL2 R2	47,48	49,88	147,35	139,22	116,18	19,8	399	333
TL3 R1	47,19	49,79	147,31	168,47	142,14	18,5	487	411
TL3 K	47,41	49,83	147,66	162,86	137,39	18,5	467	394
TL3 R2	47,65	49,83	147,88	157,66	133,03	18,5	449	379
					keskiarvo	18,9	445	375
					keskihajonta	5,2 %	8,2 %	8,6 %
RL1 R1	47,64	48,76	147,26	170,58	143,38	19,0	499	419
RL1 K	47,78	48,95	147,55	156,37	132,17	18,3	453	383
RL1 R2	47,65	50,43	147,41	139,64	117,57	18,8	394	332
RL2 R1	47,52	49,21	147,24	152,00	127,70	19,0	441	371
RL2 K	47,78	49,38	147,84	171,01	144,40	18,4	490	414
RL2 R2	47,64	49,22	147,57	134,58	113,48	18,6	389	328
RL3 R1	47,32	48,79	147,11	145,18	121,78	19,2	427	359
RL3 K	47,55	49,09	147,42	146,60	122,51	19,7	426	356
RL3 R2	47,46	49,07	147,52	127,55	106,77	19,5	371	311
					keskiarvo	18,9	432	364
					keskihajonta	2,4 %	10,1 %	10,3 %
Kuitulevy								
TL1 12/1	12,89	149,77	149,53	86,08	75,00	14,8	298	260
TL1 12/2	12,94	149,34	149,68	85,94	74,56	15,3	297	258
TL2 12/1	12,89	149,54	149,59	88,28	76,78	15,0	306	266
TL2 12/2	12,42	149,59	149,55	85,56	74,48	14,9	308	268
TL3 12/1	12,73	149,40	149,56	86,09	74,86	15,0	303	263
TL3 12/2	12,89	149,60	149,53	88,55	77,17	14,7	307	268
					keskiarvo	14,9	303	264
					keskihajonta	1,3 %	1,5 %	1,6 %
RL1 25/1	25,96	149,94	149,54	164,06	143,43	14,4	282	246
RL1 25/2	26,02	149,40	149,38	165,97	144,74	14,7	286	249
RL2 25/1	25,41	149,59	149,28	160,45	139,89	14,7	283	247
RL2 25/2	25,61	149,21	149,60	160,93	140,64	14,4	282	246
RL3 25/1	25,71	149,20	149,42	158,40	138,21	14,6	276	241
RL3 25/2	25,97	149,45	149,78	162,69	142,22	14,4	280	245
					keskiarvo	14,5	281	246
					keskihajonta	1,0 %	1,1 %	1,1 %

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tutkituille näytteille