PUU

WOOD | HOLZ | BOIS

TEEMA | THEME

Korkeat puutalot
Tall wood buildings

Massiivipuu
Massive wood

Hiilijalanjälki
Carbon footprint

3/19

SUOMALAISTA PUUARKKITEHTUURIA JA -RAKENTAMISTA
FINNISH WOOD ARCHITECTURE AND CONSTRUCTION

PUUINFO

TIKKURILA
INDUSTRY

FONTEFIRE
FIRE PROTECTION

Paloturvallisuutta puurakenteisiin Fontefire WF-tuotteilla sisä- ja ulkopinnalle

Tikkurilan vesiohenteisilla puun palosuojatuotteilla, Fontefire WF -tuotteilla, saavutetaan paras mahdollinen suoja paloa vastaan. Niitä voidaan käyttää kaikilla palosuojausta vaativilla puupinnoilla kuten ulkoverhouksissa ja sisätilojen puuseinissä, katoissa ja koristepaneeleissa.

Altistuessaan kuumuudelle Fontefire WF -tuotteet laajenevat ja muodostavat eristävän vaahtokerroksen puun pinnalle. Fontefire WF -tuotteet ovat hyväksytty puumateriaalien korkeimpaan paloluokkaan B-s1, d0 standardin SFS-EN 13501-1:2007+A1:2009 mukaisesti.

Lisätietoja: Tekninen palvelu, puuteollisuus: 020 191 2005, www.tikkurila.fi/fontefirewf

SISÄLTÖ | CONTENT 3/19

PÄÄKIRJOITUS | LEADER

5 Hyvä, paha hiilidioksidi | The light and dark side of carbon dioxide

UUTTA | WHAT'S NEW

6 Ajankohtaista | Current news

RAKENNETTU | PROJECTS

12 Lighthouse Joensuu
Arcadia Oy Arkkitehtitoimisto
18 DAS Kelo
Arkkitehtityöhuone APRT Oy
24 Paasitien Kolmoset | Base Street Trio
Avarrus Arkkitehdit Oy
30 Puolmatkan krouvi – Taaborinvuoren kesäkahvila ja äänitarkkaamo | "Puolmatkan krouvi" – The Taaborinvuori summer café and sound control booth
Arkkitehdit LSV Oy

MAAILMALLA | ABROAD

36 TIJ lintutorni | TIJ bird observatory
Ro&Ad, RAU, Geometria Architecture Oy

PUURAKENTEET | WOOD STRUCTURES

42 Puuvälipohjien askelääneneristävyyden laskennallinen arviointi | Computational evaluation of impact insulation of wood intermediate floors
52 Jälkijännitettyjen puurakenteiden painumat | Vertical deformations in post-tensioned wood structures
58 Puinen pysäköintalo | A car park made of wood
64 Hiilijalanjäljen laskenta – rakentamistapojen vertailu | Carbon footprint calculation – a comparison of construction methods
70 Massiivipuulevyt | Massive wood panels

KOULUT | EDUCATION

80 Valoateljee – galleriarakennus Albert Edelfeltin ateljeemuseolle | "Valoateljee" – a new new gallery building at the Albert Edelfelt Studio Museum
Meri Wiikinkoski

PROFIILI | PROFILE

88 Ympäristöministeri Krista Mikkonen: Tavoitteena puurakentamisen tuplaaminen tällä hallituskaudella | Minister of the Environment Krista Mikkonen: The aim is to double wood construction during this term

90 Tekijät | Credits

osmo®
...color

Säilytä puun tuntu

Luo uudenlaisia tiloja ja tunnelmia osmoamalla.

Sarbon Woodwise

Haluatko lisätietoja puun käsittelystä?
Kysy meiltä: p. 019 2644 200,
info@osmocolor.com

PUU WOOD | HOLZ | BOIS

PUU 39. vuosikerta | volume

Tilaukset ja osoitteenmuutokset
pyydetään tekemään nettisivuilla
www.puuinfo.fi/puulehti/tilaukset löytyvällä lomakkeella.

Mikäli osoitteenmuutos tehdään postiin,
ei erillistä ilmoitusta tarvitse tehdä.

Lehti ilmestyy kolme kertaa vuodessa.
Tilausmaksu 32 € + alv ja Euroopan ulkopuolelle
36 €. Lehti on maksuton SAFA:n, RIL:n, RIA:n, SI:n, SIO:n,
TKO:n,RKL:n, RTY:n ja Ornamon henkilö- ja
opiskelijajäsenille kotiosoitteeseen postitettuna.

Irtonumero 15 € + alv ja lähetyskulut.

Subscriptions and Changes of Address
If you would like to subscribe to magazine or change
your address, please complete the form on Puuinfo's
website: www.puuinfo.fi/puulehti/subscription

The subscription fees for three issues are
32 € in Europe and 36 € outside Europe.

Julkaisija ja kustantaja | Publisher
Puuinfo Oy
Snellmaninkatu 13, 00170 Helsinki
tel. +358 9 686 5450 info@puuinfo.fi
Aikakauslehtien Liiton jäsenlehti

ISSN-L 0357-9484, ISSN 0357-9484, ISSN 2243-0423

Ilmoitusmyynti | Advertising
Puuinfo Oy, Hilppa Iittiläinen
hilppa.iittilainen@puuinfo.fi tel. +358 40 940 1300

Päätoimittaja | Editor-in-Chief
Mikko Viljakainen, mikko.viljakainen@puuinfo.fi

Taitto | Layout
Susanna Lehto / Faktor Oy

Käännökset | Translations
Verbum Kielipalvelut Oy

Painopaikka | Printers
Forssan Kirjapaino Oy

DESIGN FROM FINLAND®

PUUINFO

Seuraa meitä Facebookissa
facebook.com/puuinfo.fi

Mikko Viljakainen
Toimitusjohtaja, Puuinfo | Managing Director, Puuinfo

Hyvä, paha hiilidioksidi

Esittelemme tässä lehdessä hiilijalanjäljen laskennan ja vertailun kokemuksia ja tuloksia. Aihe on herkkä. Hiilidioksidipäästöistä käyty keskustelu osoittaa, että aihe lämmittää helposti muutakin kuin ilmastoa. Kiistely ja kiistäminen kuitenkaan eivät vähennä päästöjä.

Otan tässä lehdessä kantaa myös betonirakentamisen puolesta. Ilmastokeskustelu ei muuta sitä tosiasiaa, että betoni on erittäin hyvä rakennusmateriaali. Betonirakentamisesta voidaan ottaa paljon oppia muun rakentamisen kehittämiseen. Myös puurakentamisessa tarvitaan betonia.

Betonin käyttöä ei pitäisi ilmastokeskustelussa demonisoida. Päinvastoin pitäisi miettiä keinoja, joilla betoniteollisuus motivoidaan ilmastopäästöjen vähentämiseen heille mielekkäällä tavalla. Yksi tällainen keino voisi olla erottaa sementin valmistuksen kemiallisen reaktion ja betoniteollisuuden itsensä omilla toimillaan aiheuttamat päästöt. Työ on helpompaa aloittaa niistä asioista, joihin itse voi vaikuttaa. Voisi myös luoda kannustimia uudentyyppisen sementin kehittämiseen.

Betoniteollisuus ry:n puheenjohtaja Mikko Isotalo haastoi taannoin toimialansa aluksi puolittamaan ja lopulta nollaamaan betoniteollisuuden päästöt. Se on kunnioitettava linjaus, kuten myös terästeollisuuden ilmoitus aikeesta siirtyä Ruotsissa ja Suomessa päästöttömään teräksen valmistukseen. Ne osoittavat, että ilmastopolitiikalla voidaan saada tuloksia aikaan.

Vastaavasti pelkkä hiilen varastointi ei tee puusta hyvää rakennusmateriaalia. Jos niin ajatellaan, on helpompiakin tapoja varastoida puutavaraa kuin rakentaminen. Puurakentamisen ratkaisuja ja osaamista pitää kehittää edelleen ja siihen tulee panostaa aikaisempaa enemmän.

Pitäisi osata katsoa myös yli toimialarajojen. Muualla maailmassa on jo nähtävissä trendi, että rakennus- ja betoniteollisuuden yritykset hankkivat itselleen puurakentamisen osaamista ostamalla siihen erikoistuneita yrityksiä. Osaamisia yhdistämällä lopputulos voi olla kummankin materiaaliteollisuuden näkökulmasta enemmän kuin yksin saataisiin aikaan.

Tämä kehitys olisi tervetullut myös Suomessa. Puurakentamisen kehittämiseen tarvitaan koko rakennusalan osaamista. On vaikea kuvitella, että rakentaminen voisi muuttua, jos rakennusala itse ei ole kehittämässä puurakentamiseen hyvin sopivia käytäntöjä ja ratkaisuja. ■

The light and dark side of carbon dioxide

In this issue, we take a look at carbon footprint calculations and at experiences and results from a comparative study. It is a sensitive subject. When carbon dioxide emissions are brought up in conversation, the climate tends to not be the only thing that heats up. Controversy and denial do not, however, reduce emissions.

In this issue, I take a stand on behalf of concrete construction. The ongoing climate debate does not change the fact that concrete is a very good building material. The development of other construction methods can benefit a lot from the lessons learned in concrete construction. Concrete is also a necessary part of wood construction.

The use of concrete should not be demonised in the climate debate. On the contrary, we should develop measures that motivate the concrete industry to reduce climate emissions in a way that is meaningful to them. One such measure could be to distinguish the emissions caused by the chemical reaction of cement production from those caused by the concrete industry itself. It is easier for the industry to start with something it has some control over. Incentives could also be created for developing a new type of cement.

Mikko Isotalo, chairman of the Finnish concrete industry association Betoniteollisuus ry, recently challenged his industry to halve and eventually eliminate its emissions. This is an admirable policy, as is the announcement by the steel industry of its plans for moving to zero-emission steel production in Sweden and Finland. These steps are proof that climate policy can produce results.

At the same time, carbon storage alone does not make wood a good building material. There are, after all, easier ways to store timber than by using it for construction. More time and money needs to be invested in the development of wood construction solutions and expertise.

But we should look past industry boundaries. Elsewhere in the world, the trend is for companies in the construction and concrete industries to acquire wood construction expertise by purchasing companies that specialise in wood. By putting their heads together, both industries may get an end result that is better for them both and more than either could achieve alone.

This trend would be more than welcome in Finland, as well. The development of wood construction needs the expertise of the entire construction industry. Construction is not likely to change if the construction industry itself is not an active part in the development of practices and solutions that improve wood construction. ■

HOAS rakennuttaa 13-kerroksisen puukerrostalon Espooseen

▶ Helsingin Opiskelija-Asuntosäätiö HOAS rakennuttaa Espoon Tapiolaan 13 kerroksisen puukerrostalon, johon tulee yhteensä 165 opiskelija-asuntoa. Kohteen CLT-tilaelementit toimittaa Elementti Sampo Oy. Kohteen pääurakoitsijana toimii JVR-Rakenne Oy ja sen on suunnitellut arkkitehtitoimisto Jukka Turtiainen. Kohteen rakennuttajakonsulttina toimii Jwood Ky ja päärakennesuunnittelijana A-Insinöörit.

HOAS builds 13 storey wood apartment building in Espoo

▶ Helsingin Opiskelija-Asuntosäätiö (the Foundation for Student Housing in the Helsinki Region) HOAS is building a 13 storey wood apartment building with a total of 165 student apartments in Tapiola, Espoo. The site's CLT volumetric elements will be provided by Elementti Sampo Oy. JVR-Rakenne Oy is the main contractor, and Arkkitehtitoimisto Jukka Turtiainen Oy has done the architectural design work. Jwood Ky serves as the construction consultant, and A-Insinöörit is the chief structural designer.

Pudasjärvelle hirsinen monitoimikeskus

▶ YIT ja Pudasjärven kaupunki ovat sopineet monitoimikeskuksen rakentamisesta Pudasjärvelle. Hyvän Olon Keskus toteutetaan elinkaarimallilla ja se käsittää tilat terveydenhuollon, kuntoutustoiminnan, sosiaalitoimen, kulttuuritoimen, kirjaston ja nuorisotoimen tarpeisiin sekä kolme liiketilaa. Uudet tilat on määrä ottaa käyttöön syyskuussa 2021.

A log multipurpose centre for Pudasjärvi

▶ YIT and the city of Pudasjärvi have reached an agreement on the construction of a multipurpose centre in Pudasjärvi. The Hyvän Olon Keskus (Centre for Healthy Living) will be done using a life cycle model. The centre will provide spaces for healthcare and rehabilitation activities, social work, cultural activities, library and youth services. In addition, the centre has three commercial spaces. The new facilities are meant to be ready for use in September 2021.

Uusi koulu Virtain keskustaan

▶ Skanska ja Virtain kaupunki ovat sopineet yhtenäiskouluhankkeen toteuttamisesta Virtain keskustaan. Uuteen kouluun tulee noin 500 oppilasta ja 50 esikoululaista, ja opetustoiminta käynnistyy rakennuksessa syyslukukaudella 2021. Hirsirakenteisen koulun on suunnitellut Arkkitehtitoimisto Mikko Uotila Oy.

A new school for downtown Virrat

▶ Skanska and the city of Virrat have reached an agreement on a comprehensive school project for downtown Virrat. Approximately 500 students and 50 preschoolers will attend the new school. Teaching will begin in the building in the autumn term of 2021. Arkkitehtitoimisto Mikko Uotila Oy has designed the log-structured school.

Suomalais-venäläinen koulu Helsinkiin

▶ Senaatti-Kiinteistöt rakennuttaa Helsingin Maununnevalle 700 oppilaan koulua. Koulun rakentaa SRV ja sen on suunnitellut Arkkitehtitoimisto Frondelius + Keppo + Salmenperä Oy (AFKS). Kaksikerroksinen koulurakennus rakennetaan ristiinliimatusta massiivipuulevystä (CLT) ja liimapuurakenteista, jotka jäävät arkkitehtuurissa paljolti näkyviin. Julkisivu tulee olemaan palosuojakäsiteltyä puuta, ja puupinnat muodostavat tilojen ilmeen myös koulun sisällä. Valmistuessaan uusi Suomalais-venäläinen koulu on yksi Suomen suurimmista puukouluista.

A Finnish-Russian School for Helsinki

▶ Senaatti-kiinteistöt (Senate Properties) is building a school for 700 students in Maununneva, Helsinki. SRV is the school's contractor and Arkkitehtitoimisto Frondelius + Keppo + Salmenperä Oy (AFKS) is the designer. The two storey school building is being built using Cross-Laminated Timber (CLT) and glulam, which have mostly been left visible in the architecture. The facade will be made with fire retardant treated wood, and wood surfaces will be a distinctive feature of the school interior, as well. Once completed, the new Finnish-Russian school will be one of the largest wood schools in Finland.

Puupäivän järjestää Puuinfo

PUUPÄIVÄ

28.11.2019 Messukeskus SIIPI

Tervetuloa mukaan alan suurimpaan tapahtumaan Helsinkiin.

OHJELMASSA MM.

- Arkkitehtuuria
- Rakenteita
- Rakentamista
- Tutkimusta
- Kokemuksia
- Ympäristöä
- Puumarkkinapäivä

Päivän päätteeksi Puupalkinto 2019 ja Cocktail Hour.

Tilaisuus on maksuton arkkitehdeille, suunnittelijoille, rakennuttajille, rakennusliikkeille, kuntien edustajille ja viranomaisille.

TERVETULOA!

Puupäivä kokoaa perinteisesti yhteen satoja rakennusalan ammattilaisia. Vuoden 2018 Puupäivään osallistui 1000 henkilöä.

Katso ohjelma ja ilmoittaudu 14.11. mennessä

Yhteistyössä: Gyproc SAINT-GOBAIN, ISOVER SAINT-GOBAIN

PUUPAIVA.COM

Mangrovelta puurivitalo Helsinkiin ja kerrostalo Turkuun

▶ Helsingin Honkasuon As Oy Helsingin Luston puurivitaloihin tulee 15 kaksiota ja kolmiota. Lisäksi yritys urakoi Turkuun TVT-Asunnot Oy:lle puukerrostaloa, johon tulee 22 vuokra-asuntoa.

Mangrove to construct wood row houses in Helsinki and an apartment build in Turku

▶ As Oy Helsingin Lusto's wood row houses in the Honkasuo district in Helsinki will have a total of 15 two and three room apartments. In addition, the company has been contracted by TVT-Asunnot Oy to build a wood apartment building in Turku with 22 rental apartments.

JVR-Rakenne Oy perustaa yhtiön puukerrostaloprojekteihin

▶ Puukuokka-kerrostalojen rakentaja JVR-Rakenne Oy perustaa uuden alueyhtiön Ouluun. Perustettava yhtiö JVR Plus Oy vastaa yhtymän puukerrostaloprojekteista Pohjois-Suomessa.

JVR-Rakenne Oy to set up a company for wood apartment building projects

▶ JVR-Rakenne Oy, which built the Puukuokka apartment building, is setting up a new regional company in Oulu. This new company, JVR Plus Oy, will take responsibility for the group's wood apartment building projects in Northern Finland.

Valmistuneet puukerrostalot

▶ Suomeen on valmistunut syyskuun puoliväliin 2019 mennessä 24 eri paikkakunnalle 82 asuinpuukerrostaloa, joissa on yhteensä 2365 asuntoa. Tämän lisäksi Suomessa on neljä toimistopuukerrostaloa. Suunnitteilla ja valmisteilla olevien puukerrostalojen hankekanta päivittyy ja julkaistaan marraskuussa. Päivitetty listaus valmistuneista kohteista on julkaistu puuinfo.fi-palvelussa: www.puuinfo.fi/valmistuneet-puukerrostalot.

Completed wood apartment buildings

▶ 82 wood residential apartment buildings with a total of 2,365 apartments in 24 different localities have been completed in Finland by the middle of September 2019. In addition, there are four wood office apartment buildings in Finland. The project database of wood apartment buildings that are currently being designed and/or under construction will be updated and published in November. The updated list of completed sites has already been published on the puuinfo.fi web page: www.puuinfo.fi/valmistuneet-puukerrostalot.

CROSSLAM

www.crosslam.fi

Crosslamin CLT:stä valmistui moderni paritalo Naantalin Merimaskuun. Vaikka puuta on jätetty sisällä paljon näkyviin, on sisustus pelkistetty, jopa seesteinen. Piilokarmilliset ikkunat, leijuvat CLT-rappuset sekä CLT-ulkolasikaide ovat innovatiivisia Crosslam-ratkaisuja, joissa suurten ikkunoiden hukkapalat on otettu hyötykäyttöön.

Kohteen rakennuttajana toiminut **Crosslamin liiketoimintajohtaja Miikka Vainio** on suunnitellut kohteen yhdessä **arkkitehti Nina Helinin** sekä toiseen asuntoon muuttaneen Naantalilais-perheen kanssa. Toinen asunto on juuri mennyt myyntiin ja etsii nyt modernista puuntuoksusta nauttivaa perhettä. Kun talo suunnitellaan rakenteita ymmärtäen arkkitehtuurista tinkimättä, on lopputulos kustannustehokas, toimiva ja näyttävä.

Lisätietoja kustannustehokkaasta CLT-rakentamisesta saat Crosslamilta. Autamme sinua löytämään oikeat suunnittelijat ja samalla saat käyttöösi maailman parhaat CLT-ratkaisut.

Uusia julkaisuja

Uusia väitöskirjoja puurakentamisesta

▶ Syksyllä on valmistunut kaksi uutta tohtorin väitöskirjaa puurakentamisesta. Tekniikan lisensiaatti Mikko Kylliäinen tutki rakennusakustiikan alaan kuuluvassa väitöskirjassaan asumismukavuuteen merkittävästi vaikuttavan lattioiden askelääneneristävyyden mittaamista, http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1166-7. Tekniikan lisensiaatti Juha Eskolin tarkastelee väitöskirjassaan suomalaista suurten puurakenteiden käyttöä suhteessa vastaavaan ulkomaiseen puurakentamiseen, http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1194-0.

New dissertations on wood construction

▶ Two new doctoral dissertations on wood construction were published in the fall. In the area of building acoustics, Licentiate of Technology Mikko Kylliäinen researched the measuring of sound insulation of footsteps on the floor, http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1166-7. This type of insulation has a significant influence on living comfort in a residence. Licentiate of Technology Juha Eskolin examined the Finnish use of large wood structures in relation to corresponding foreign wood construction, http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-1194-0.

RIL 205-2-2019 Puurakenteiden palomitoitus. Eurokoodi

▶ Ohje käsittelee EN 1995-1-2 suunnittelustandardin mukaista puurakenteiden palomitoitusta ja se on tarkoitettu käytettäväksi yhdessä ohjeen RIL 205-1-2017 kanssa. Ohje koskee talonrakenteita, joilta vaaditaan kantavuutta ja osastoivuutta (liekkien, kuumien kaasujen, lämmön leviämisen rajoittaminen).

Puuinfon palomitoitusohjelmat on päivitetty

▶ Kantavan seinän palomitoitusohjelma, Palkiston palomitoitusohjelma ja Seinän osastoivuuden mitoitus on päivitetty uuden ohjeen RIL 205-2-2019 mukaiseksi. Ohjelmat ovat ladattavissa osoitteesta: https://www.puuinfo.fi/mitoitusohjelmat

RIL 205-2-2019 Wood structure fire design. Eurocode

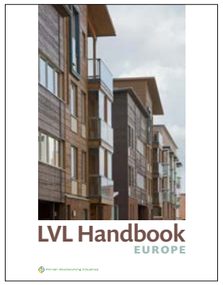
▶ The guideline focuses on wood structure fire design in accordance with design standard EN 1995-1-2. It is meant to be used together with the guideline RIL 205-1-2017. The guideline covers building structures with load-bearing capacity and compartmentalisation requirements (retarding the spread of flames, hot gases, and heat).

Puuinfo's fire design programs have been updated

▶ The fire design program for load-bearing walls, the joist fire design program, and the wall compartmentalisation design have been updated to align with the new RIL 205-2-2019 guideline. The programs are available from: https://www.puuinfo.fi/mitoitusohjelmat

LVL-käsikirja ja tekninen tiedote julkaistu

▶ LVL-käsikirja eli LVL Handbook Europe tarjoaa mm. suunnittelijoille ja rakentajille laajan tietopaketin LVL:n ominaisuuksista ja käyttökohteista. Puutuoteteolllisuus ry on yhdessä saksalaisen Studiengemeinschaft Holzleimbaun kanssa julkaissut teknisen tiedotteen teollisuuden laatimista LVL:n eurooppalaisista lujuusluokista, toleransseista sekä täydentävistä suunnitteluparametreista. Ne sisältyvät myös seuraavaan rakenteellisen LVL:n harmonisoidun standardin versioon. LVL-käsikirjan laskelmat pohjautuvat tähän tiedotteeseen. Käsikirjan voi ladata osoitteesta: www.puutuoteteollisuus.fi



LVL Handbook and technical bulletin are published

▶ LVL handbook is the first comprehensive summary of the properties and end uses of LVL products. Federation of the Finnish Woodworking Industries and the German Studiengemeinschaft Holzleimbau published on behalf of the LVL producers a joint technical bulletin that specifies the strength classes, tolerances and additional design provisions for LVL. The calculations in the LVL Handbook are based on this bulletin. The handbook is available at: www.puutuoteteollisuus.fi

Kuortaneen massiivipuinen liikuntahalli

▶ Kuortaneen Urheiluopiston uusi telinevoimisteluhalli otetaan käyttöön marraskuussa. Halli on ensimmäinen massiivi-CLT-rakenteinen liikuntahalli Suomessa. Halli on 70 metriä pitkä ja 35 metriä leveä, harjoittelutilaa on yhteensä 2400 m^2. Hallin seinäelementit on toimittanut HOISKO. Hallin kustannusarvio on 2,8 milj. euroa.

Solid wood sports hall for Kuortane

▶ The new gymnastics hall for the Kuortane Sports Park will open in November. The hall is the first massive CLT structure sports hall in Finland. The hall is 70 metres long and 35 metres wide, with a total exercise space of 2,400 m^2. HOISKO delivered the wall elements for the hall. The estimated cost of the hall is EUR 2.8 million.

Puulehden erikoisnumero: Puu-rakentamisen hyvät käytännöt Kanadassa

▶ Sähköisenä versiona julkaistu Puurakentamisen hyvät käytännöt Kanadassa on jatkoa aiemmin julkaistulle Eurooppa-lehdille.

Lehti käsittää kuusi artikkelikokonaisuutta, jotka sisältävät yhteensä 16 haastatteluun perustuvaa artikkelia Kanadan ja osin koko Pohjois-Amerikan puurakentamisen käytännöistä. Haastateltavina oli lukuisia päättäjien, suunnittelijoiden sekä rakennus- ja puualan henkilöitä.

Artikkelien esimerkkien toivotaan antavan antavat ajattelemisen aihetta puurakentamisen edistämisen päättäjille ja vaikuttajille sekä alan yrityksille myös Suomessa.

Julkaisut ovat luettavissa osoitteessa: www.puulnfo.fi/puulehti

Wood magazine special edition: Wood Construction Best Practices in Canada

▶ Wood Construction Best Practices in Canada is a digital publication that continues the themes of the Europe-centred versions published earlier.

The magazine includes six sets of articles containing a total of 16 interview-based pieces on wood construction practices in Canada and to some extent throughout North America. The interviewees included numerous decision makers, designers and construction and wood industry professionals.

The goal is that the examples in the articles will offer new perspectives to decision makers and influencers in the promotion of wood construction and to the industry in Finland in general.

The publications are available at: www.puuinfo.fi/puulehti

Puu ja terveys -tutkimus käynnistymässä

▶ Kuhmon kaupunki ja Oulun yliopisto käynnistävät tutkimuksen puurakentamisen terveysvaikutuksista. Tutkimusmittaukset tehdään Tuupalan puukoulussa. Alustavia tuloksia on saatavilla noin vuoden kuluttua. Tutkimuksen rahoittaa Metsäsäätiö ja alueellinen maaseuturahasto

A study on wood and health

▶ The City of Kuhmo and the University of Oulu are launching a study on the health effects of wood construction. Research will be carried out at the Tuupala school, which is constructed from solid wood elements. Preliminary results should be available in a year or so. The research is funded by the Finnish Forest Foundation and the regional agricultural fund.

Koskisen taloteollisuus Puumerkin sisaryritykseksi

▶ Puumerkin sisaryritys Oiva Wood Solutions Oy on ostanut 1.7.2019 alkaen Koskisen Oy:n taloteollisuuden toiminnot. Kauppa sisältää taloteollisuuden tuotantoyksikön Vierumäellä, ristikkotuotannon Järvelässä sekä väli- ja yläpohjaelementtituotannon Mäntsälässä. Oiva Wood Solutions Oy ja Puumerkki Group ovat osa kansainvälistä sijoitusyhtiötä Mimir Invest AB:tä.

Koskinen's housing unit now a sister company of Puumerkki

▶ Oiva Wood Solutions Oy, a sister company of Puumerkki, has purchased the housing unit operations of Koskinen Oy starting from July 1, 2019. The purchase includes the housing unit production facilities in Vierumäki, lattice production in Järvelä, and intermediate floor and roof element production in Mäntsälä. Oiva Wood Solutions Oy and Puumerkki Group are part of the international investment company Mimir Invest AB.

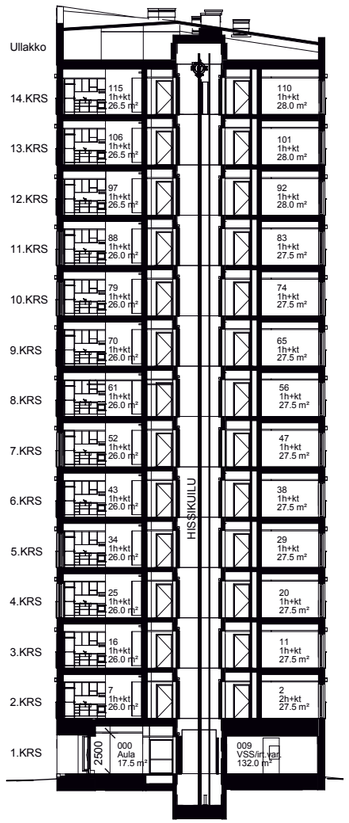
Lighthouse Joensuu
Penttilä, Joensuu
Arcadia Oy Arkkitehtitoimisto
Joensuun Juva Oy / A-Insinöörit

Teksti | Text: **Jesperi Vara**
Kuvat | Photographs: **Arcadia Oy Arkkitehtitoimisto, Rami Saarikorpi, Stora Enso**

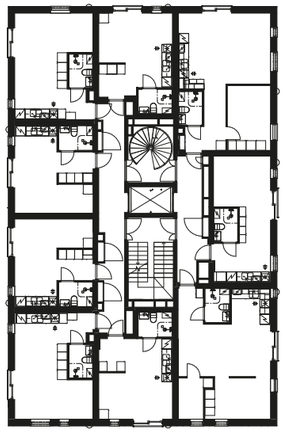
Suomen korkein puukerrostalo
Lighthouse Joensuu
Finland's tallest wooden apartment building

Joensuun Penttilänrantaan on noussut uusi maamerkki. Suomen korkein, lähes 50 metriin kohoava 14-kerroksinen puukerrostalo.

Kari Kolan valoteos | Lightwork by Kari Kola



Leikkaus | Section


Pohjapiirros 2. kerros | Floor plan, 1st floor

Tehokkaalla tontinkäytöllä ja korkealla rakentamisella on vastattu Joensuun alueella kohonneeseen opiskelija-asumisen tarpeeseen. Kaavassa oli kyseiselle tontille määritelty vaatimukset puurakentamisesta ja korkeasta maamerkistä. Kohde on pilottihanke kaikilta osin ja luokiteltu rakennuslupapäätöksessä poikkeuksellisen vaativaksi.

Talossa on 117 asuntoa opiskelijoille. Ensimmäisessä kerroksessa sijaitsevat saunaosastot, pesutupa kuivaushuoneineen, irtain- sekä ulkoiluvälinevarastot ja tekniset tilat. Kerroksissa 2-14 sijaitsevia asuntoja on yhdessä kerroksessa aina yhdeksän, joista kaksi on kaksioita ja loput seitsemän yksiöitä. Asuntojen koot vaihtelevat 26 - 47,5 neliömetrin välillä.

Poikkeuksellisen hankkeen toteutustavaksi valittiin kilpailullinen neuvottelumenettely, jolla saatiin projektiin kolme rakennusliikkeen ja puuosatoimittajan konsortiota. Arkkitehti suunnitteli rinnakkain eri vaihtoehtoja rakennuksesta kullekin runkojärjestelmälle. Näiden kanssa edettiin urakkalaskentavaiheeseen kahdella erilaisella vaihtoehdolla, joista kaksi perustui CLT/LVL-pohjaisiin elementteihin ja yksi tilaelementteihin. Puukerrostalon kustannusero perinteiseen betonitaloon pyrittiin minimoimaan tehokkaalla kerrospohjalla, optimoiduilla rakenteilla ja innovatiivisella tekniikalla.

Rakennuksen ensimmäinen kerros väestönsuojineen toteutettiin betonista. Muuten runkorakenne ja jopa hissikuilu on massiivipuurakenteinen. Rakennuksen jäykistys hoidetaan ylhäältä alas kiristettävillä puurakenteiden sisäisillä teräksisillä vetotangoilla. Vaikka kyseessä on puukerrostalo, ei valmiissa rakennuksessa puupintoja juuri näy. Paloteknisten vaatimusten mukaisesti pinnat on verhoiltu pääosin kipsilevyllä. Julkisivupinta toteutetaan valkoisen ja harmaan eri sävyjä toistavilla kivilevyillä.

SUOMEN KORKEIN PUUKERROSTALO valmistui aikataulussa. Yhden kerroksen rakentamiseen käytettiin alle kaksi viikkoa. Työmaalle saapuneet levyaihiot, joissa olivat ikkuna- ja oviaukotukset sekä läpiviennit talotekniikkaa varten työstettiin asennusvalmiiksi teltan suojassa. Elementit asennettiin paikoilleen sään salliessa. Asennuksen jälkeen kerros suojattiin väliaikaisella katolla. Näin varmistettiin kuivaketjun toteutuminen.

Suunnitteluvastuu arkkitehti-, talo- ja palotekniikkasuunnittelun osalta on rakennuttajalla ja urakoitsijat vastasivat omilla järjestelmillään toteutettavien rakenteiden suunnittelusta. Rakennusvalvonta vaati kohteeseen kolmannen osapuolen tarkastuksen sekä paloteknisen suunnittelun että rakennesuunnittelun osalta. Lisäksi vaadittiin ilmanvaihdon toimivuustarkastelu huoneistokohtaisilla iv-koneilla.

Rakennuksen palotekninen suunnittelu perustuu toiminnalliseen palomitoitukseen, koska E1:n taulukot ulottuvat vain 8-kerroksisiin puurakennuksiin. Rakenteiden suojaus perustuu kipsilevyverhoiluun ja puurakenteen hiiltymään. Talo on kauttaaltaan sprinklattu (OH1-taso, veden syöttö kahdesta suunnasta), mutta toiminnallisella palomitoituksella on osoitettu sen kestävän mitoituspalo myös siinä tapauksessa, että sprinkleri ei toimi. Ilmanvaihtotarkastelun teki VTT mallintamalla rakennuksen.

YMPÄRISTÖNÄKÖKULMASTA puukerrostalo on erittäin kestävä ratkaisu. Puu sitoo kasvaessaan hiilidioksidia ja puusta rakennettu kerrostalo toimii hiilivarastona koko elinkaarensa ajan. Lighthouse Joensuun puutuoteosat sitovat hiiltä määrän, joka vastaa noin 700 henkilöauton hiilidioksidipäästöjä vuoden aikana.

Lighthouse Joensuu toimii jatkossakin puurakentamisen edistäjänä, sillä kohteessa jatkuvat Karelia-ammattikorkeakoulun akustiikkatutkimukset. Hankkeessa on tehty myös hiilijalanjäljen mittausta. Tähän saakka tehdyissä tutkimuksissa on selvinnyt, että Lighthouse Joensuun hiilijalanjäljestä vain noin viidennes on syntynyt rakennusaikana ja loput ovat käytönaikaista, jonka analyysi jatkuu. Kohde on lisäksi mukana Ympäristöminiteriön Levels-hankkeessa.

Kerrostaloon toteutettu valotaideteos on valotaiteilija Kari Kolan käsialaa. Pysyvässä teoksessa käytetään poikkeuksellista tekniikkaa, jossa valoteos hehkuu rakennuksesta ulospäin. ■

Asemapiirros | Site plan

Penttilänranta shore in Joensuu has a new landmark: the tallest wooden apartment building in Finland, rising to almost 50 metres at 14 storeys.

The increased need for student housing in the Joensuu area has been met through efficient land use and high-rise construction. The city's zoning plan specified that the plot in question needed to have wood construction and a high landmark. The site is a pilot project in all respects and is classified as exceptionally demanding in the building permit decision.

The building has a total of 117 apartments for students. The ground floor has sauna facilities, a laundry room and adjacent drying room, technical facilities, and storage spaces for household and outdoor equipment. Floors 1-13 have nine apartments each, of which two are one bedroom apartments and the remaining seven are studios. The apartments vary in size from 26 to 47.5 m².

A competitive negotiation procedure was selected for running this exceptional project, which involved three consortia of construction companies and wood suppliers. The architect simultaneously designed separate variants of the building for each possible frame system. With these variants, we proceeded to the contract calculation phase with three different options, two based on CLT/LVL elements and one based on volumetric elements. The aim was to minimise the cost difference of a wooden apartment building to a traditional concrete building by using an efficient floor plan, optimised structures and innovative technology.

The ground floor and civil defence shelter are made of concrete, but the remaining frame structure and even the elevator shaft use solid wood. The structure is stiffened with steel rods inside the wooden structures, tensioned from top to bottom. Although the apartment building is made of wood, very few wooden surfaces are visible in the finished building. To meet fire safety requirements, most surfaces are clad with gypsum board. The facade will use stone tiles of different shades of white and grey.

FINLAND'S TALLEST wooden apartment building was completed on schedule. Each individual storey took less than two weeks to build. The panel blanks arrived at the construction site, where the window and door openings and the conduits for building services were then machined under the cover of a tent. The elements were installed when the weather permitted. After installation, the completed storeys were protected by a temporary roof to maintain the dry chain.

The developer has responsibility for the architectural, building service and fire engineering design, and the contractors were responsible for designing the structures that would be implemented with their own systems. Building inspection regulations required third-party inspectors for both fire safety design and structure design. In addition, the performance of the apartment-specific ventilation had to be inspected.

The fire safety design for the building is based on functional fire design, as the standard E1 tables only cover wood buildings up to 8 storeys high. The fire protection for the structures is based on gypsum board cladding and the charring rate of the underlying wood structure. There are sprinklers throughout the building (OH1 level, two-way water supply), but functional fire design has shown that the building can withstand a design fire even if the sprinklers do not work. VTT inspected the ventilation system by modelling the building.

FROM AN ENVIRONMENTAL PERSPECTIVE, a wooden apartment building is very sustainable. Trees bind carbon dioxide as they grow, and an apartment building made of wood acts as carbon storage throughout its lifecycle. Lighthouse Joensuu's wood product components store carbon in an amount equivalent to the emissions of approximately 700 passenger cars per year.

Lighthouse Joensuu will continue to promote wood construction as the Karelia University of Applied Sciences will continue acoustics research at the site. The project also measured the carbon footprint of the building. Studies to date have revealed that only about one-fifth of the carbon footprint of Lighthouse Joensuu was generated during the construction period and the remainder is operational, which is still under analysis. The site is also part of the Ministry of the Environment's Levels project.

The light artwork for the apartment building is the handiwork of light artist Kari Kola. This permanent installation employs an exceptional technique where the lightwork glows out of the building. ■

Lighthouse Joensuu

Sijainti | Location: Joensuu, Penttilä | City of Joensuu, Penttilä district

Käyttötarkoitus | Purpose: asuinkerrostalo, opiskelija-asuntoja | apartment building, student housing

Rakennuttaja/Tilaaja | Developer/Client: Opiskelija-asunnot Oy Joensuun Elli

Arkkitehtisuunnittelu | Architectural design: Arcadia Oy Arkkitehtitoimisto
Pääsuunnittelija | Principal designer: **Samuli Sallinen**

Rakennesuunnittelu | Structural design: Joensuun Juva Oy / A-Insinöörit

Urakoitsija | Contractor: Rakennustoimisto Eero Reijonen Oy

Puuosien toimittaja | Wood supplier: Stora Enso

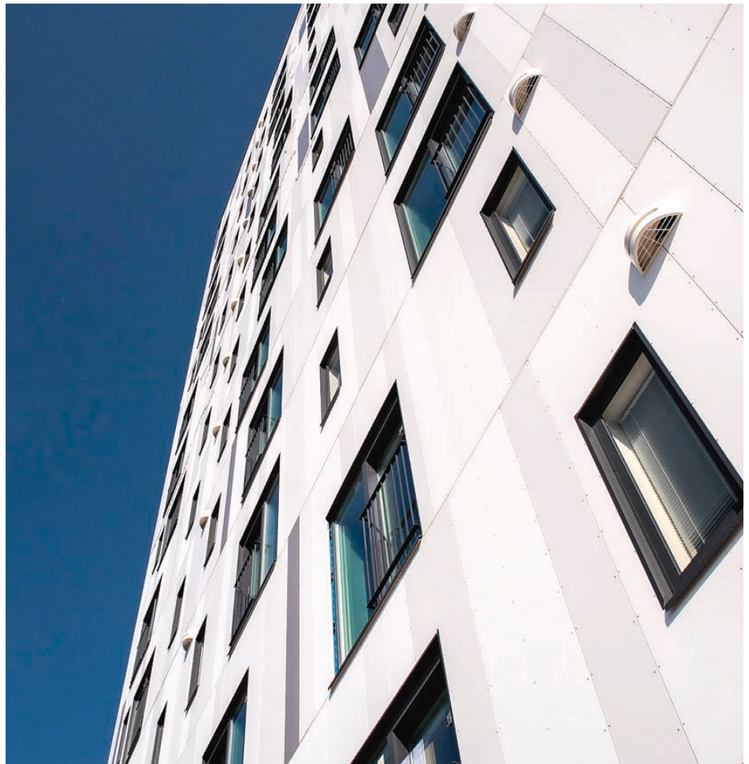
Tietomallikoordinointi | BIM coordination: Arcadia Oy Arkkitehtitoimisto
Sisustussuunnittelu | Interior design: Arcadia Oy arkkitehtitoimisto

Sähkösuunnittelu | Electrical design: Granlund Joensuu
LVI-Suunnittelu | HVAC design: Granlund Joensuu

Palotekninen konsultointi | Fire safety consultation: Markku Kauriala Oy
Kolmas tarkastava osapuoli | Third party inspection: KK-Palokonsultit Oy

Tilavuus | Volume: 18500 m³
Kerrosala | Floor area: 5934,5 m² | 5934.5 m²

Valmistumisvuosi | Year completed: 2019



DAS Kelo
Rovaniemi
Arkkitehtityöhuone APRT Oy
A-insinöörit Oy

Teksti | Text: **Kirsti Saviaro**
Kuvat | Photographs: **Aaro Artto**

Arktisiin olosuhteisiin sovitettu puukerrostalo

DAS Kelo

A wooden apartment building crafted for Arctic conditions

Domus Arctica -säätiön tavoitteena oli rakennuttaa opiskelijoille turvallinen ja terveellinen asuintalo, joka on kaupunkikuvallisesti ja ekologisesti merkittävä kohde Rovaniemellä. DAS Kelo on nyt valmis ja opiskelijat ovat muuttaneet taloon 1.8.2019.

DAS Kelo on Suomen ja Rovaniemen ensimmäinen CLT-rakenteinen kahdeksankerroksinen opiskelija-asuinkerrostalo. Kelon ensimmäinen kerros on betonia, mutta loput seitsemän ovat ristiinliimattua massiivipuuta eli CLT:tä. Rakennuksen arkkitehtuuri on pelkistettyä ja arktisen alueen olosuhteisiin sovitettua. DAS Kelon harmaaksi maalattu ulkokuori on kuusilautaa ja sisällä olevat vaaleat puupintaiset käytävät ja portaikot sekä asuntojen katto luovat illuusion tunturiseutujen keloista. Asunnot ovat valoisia ja isot ikkunat ranskalaisine parvekkeineen ja värillisine alaikkunoineen luovat taloon oman leimansa.

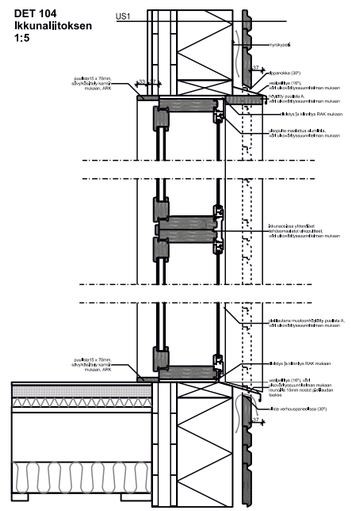
Rakennus on Rovaniemen maamerkki Lapin yliopiston ja Lapin Ammattikorkeakoulun kampusalueen keskellä. Pulpettikatto, syvennetty siniseksi maalattu sisääntulo ja käytävillä olevat metsämarjojen ja metsän kasvien värejä toistavat tekniikkakuilut antavat talolle oman leimansa. Valkoiset ikkunapuitteet ja käytävien päätyikkunoiden teippaukset on poimittu arktisen alueen luonnosta. Myös piha-alue, polkupyöräteline ja sen kasvillisuus sopivat hyvin ympäröivään alueeseen.

DAS KELOSSA ON OTETTU HUOMIOON vähähiiliset ratkaisut, kiertotalous ja resurssitehokkuus. Puurakentamisen on todettu olevan yksi tehokkaimmista ilmastoteoista. DAS Kelossa on käytetty uusinta tekniikkaa, joka tuo asumismukavuutta puupintojen lisäksi ja mahdollistaa uutta yhteisöllisyyttä ja energiansäästöä. Aurinkopaneelit on sijoitettu katolle ja niistä johdetaan virtaa sähkövarastoon ja sieltä edelleen yhteiskäytössä olevaan DASin sähköautoon. Viemäriveden lämmöntalteenotto, huoneistokohtainen tulo- ja poistoilmakone sekä säätö- ja seurantapaneelit mahdollistavat miellyttävän ja terveellisen asumisympäristön.

Ylimmässä kerroksessa on sauna yhteistiloineen ja näköalaparvekkeineen. Yhteiskäyttöpesula ja sen yhteydessä oleva kerhotila mahdollistavat asukkaiden yhteisiä kokoontumisia. Polkupyörän huoltaminen on tehty helpoksi omassa huoltotilassa. Postipaketit voi noutaa kätevästi alakerran SmartPostista.

DAS KELO JA SEN SIJOITTUMINEN kampusalueelle on laajan yhteistyön tulos. Rovaniemen kaupunki, Lapin ammattikorkeakoulu, Lapin yliopisto, säätiön asukkaat ja opiskelijajärjestöt sekä Napapiirin Energia ja Vesi NEVE Oy ovat osallistuneet DAS Kelon suunnitteluun ja toteutukseen.

DAS Kelo on toteutettu ARAn investointiavustuksella ja korkotukilainalla. Hankkeesta tuotetaan ympäristöministeriön rahoittama julkaisu ja ARAn rahoittama video. Hanketta voidaan pitää onnistuneena puurakentamisen edistäjänä Lapissa. Keloon on tutustunut toimijoita ympäri Suomen. ■



The Domus Arctica Foundation wanted to provide students with a safe and healthy residential building that would serve as a landmark both for Rovaniemi and for environmental values. DAS Kelo is now complete, which allowed students to move into their new homes on August 1st, 2019.

DAS Kelo is the first eight-storey student housing block in Finland and Rovaniemi built with CLT. The building 's ground floor is made from concrete, but the remaining seven floors are constructed from cross-laminated timber (CLT). The architecture has been reduced to the essentials and crafted for Arctic conditions. DAS Kelo's silver grey painted exterior is made of spruce board, and the light wood cladding of the corridors, interior staircases and apartment ceilings create the illusion of polar pines with their silver grey patina. The apartments have plenty of natural light, and the large windows with their French balconies and colourful lower windows add their own distinctive touch.

The building is a Rovaniemi landmark, located in the middle of the shared campus of the University of Lapland and the Lapland University of Applied Sciences. The pulpit ceiling, the recessed entrance painted in blue, and the corridor ventilation shafts in the reverberant colours of forest berries and plants all add their individual flair to the building. The white window frames and the corridor window detailing draw their inspiration from the Arctic wilderness. The courtyard, its landscaping and bicycle racks also blend into the surroundings nicely.

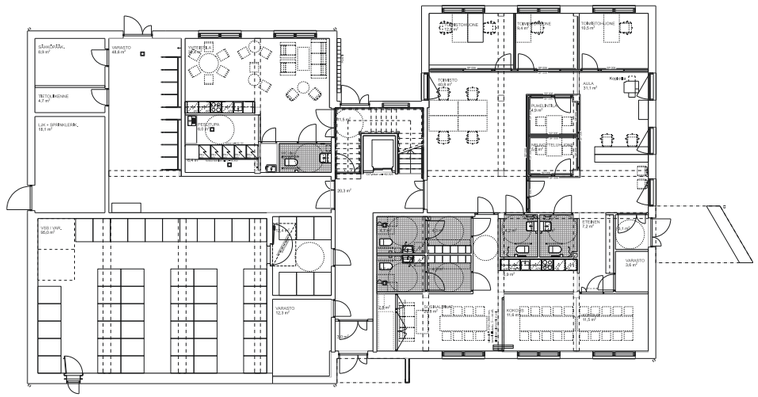
DAS KELO MAKES USE of low carbon solutions, a circular economy and resource efficiency. Wood construction has proven to be one of the most effective actions against climate change. DAS Kelo combines state-of-the-art technology with comforting wooden surfaces to create an appealing living environment with energy savings and a renewed sense of community. Solar panels on the roof collect energy that flows to electrical storage and from there to the communal DAS electric car. Sewage water heat recovery, apartment-specific air supply and extraction units and overall control and monitoring panels all contribute to making the building a comfortable and healthy place to live.

The top floor has a sauna with a lounge and panoramic balconies for communal use. Other communal areas include a laundry facility and its adjacent club room, proving residents with ample space for gathering together. A dedicated maintenance area makes bicycle maintenance as effortless as possible. Mail packages are delivered to the SmartPost pick-up point just down the stairs.

DAS KELO AND THE DECISION to build it on campus are the result of extensive collaboration. The design and construction of DAS Kelo are a joint effort of the City of Rovaniemi, the Lapland University of Applied Sciences, the University of Lapland, the foundation's residents, student organisations and the utility companies Napapiirin Energia and Vesi NEVE Oy.

8. kerros | 7th floor

2.–7. kerros | 1st–6th floor



1. kerros | ground floor

DAS Kelo was financed with an investment grant from The Housing Finance and Development Centre of Finland (ARA) and a subsidised interest loan. The project will be documented in a publication funded by the Ministry of the Environment and a video funded by ARA. Kelo can be considered a successful promoter of wood construction in Lapland and has already attracted industry visitors from all over Finland. ■

DAS Kelo

Sijainti | Location: Rovaniemi

Käyttötarkoitus | Purpose: Opiskelija-asuntoja, toimistotila | Student apartments, office space

Rakennuttaja/Tilaaja | Developer/Client: Domus Arctica –säätiö DAS sr | Domus Arctica Foundation DAS sr, toiminnanjohtaja | Executive Director **Kirsti Saviaro**

Arkkitehtisuunnittelu | Architectural design: Arkkitehtitoimisto APRT, arkkitehdit | architects **Aaro Artto**, **Akseli Leinonen** ja | and **Satu Niemi**

Rakennesuunnittelu | Structural design: A-Insinöörit Oy, **Toni Kekki**

Projektinjohto | Project management: Prodeco Oy Lappi, **Marko Närhi**

Rakennuttajakonsultti | Construction consultant: JWood Oy; **Jouni Liimatainen**

Palokonsultti | Fire consultant: KK-Palokonsultti Oy, **Antti Hult**

Urakoitsija | Contractor: Lapin Mestarirakentajat Oy, vastaava mestari | site manager **Juho Nieminen**

Sähkösuunnittelu | Electrical design: Sähkö ja Data Harjula Oy, **Juha Konttinen**

LVI-Suunnittelu | HVAC design: LVI-Ins.tsto Koski-Konsultit, **Juho Sironen**

Puutilaelementtien toimittaja | Wooden volumetric element supplier: Elementti-Sampo Oy

Tilavuus | Volume: 15184,0 brm^3
Kerrosala | Floor area: 4 583,0 kem^2
Huoneistoala | Living space floor area: 3998,0 hum^2

Valmistumisvuosi | Year completed: 7/2019

Kustannukset | Cost: n. 8 milj. € | ~ € 8 million

Paasitien Kolmoset | Base Street Trio
Tammisalo, Helsinki
Avarrus Arkkitehdit Oy
Timber Bros Oy

Teksti | Text: **Avarrus Arkkitehdit Oy**
Kuvat | Photographs: **Ville Vappula Photography**

Massiivipuiset
Paasitien Kolmoset
Base Street Trio
Solid wood row house

Paasitien Kolmoset on kolmen asunnon massiivipuinen CLT-rivitalo Itä-Helsingin Tammisalossa.

Suurista ikkunoista avautuu näkymät pihalle | The large windows look onto the yard

Kodeissa kuultokäsitelty CLT-pinta on jätetty näkyviin | The glazed CLT surface remains visible indoors

Asuntojen sisäänkäyntikatokset ovat myös massiivipuuta | The roof over each home's entrance is also made from solid wood

Jyrkällä tontilla sijaitsevat Paasitien Kolmoset Tammisalossa on Helsingin ensimmäinen ulkoseinistä eristeetön massiivipuulevyrakennus. Huolellinen elementtisuunnittelu ja laadukas runkotuote teki vaikealla tontilla rakennusvaiheesta sujuvaa ja nopeaa.

Tammisalo on vanha, enimmäkseen 1950-luvun jälkeen rakennetuista pientaloista ja rivitaloista koostuva kaupunginosa. Historia kantautuu kuitenkin pidemmälle, sillä alue kuului 1800-luvulla ympäröiviin kartanoalueisiin. Tammisalo on saari, jota ympäröi meri ja pienet metsäalueet. Luonto onkin läsnä kaikkialla, kun monien kotien pihoilla kasvaa saarelle tunnusomaisia vanhoja mäntyjä.

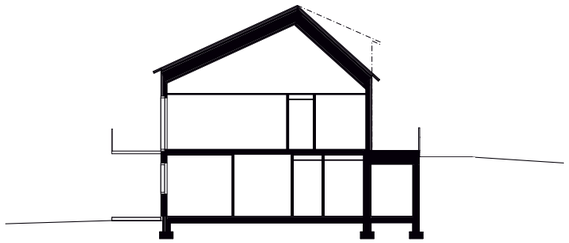
KAUPUNGIN KASVAESSA ja sen tarvitessa lisää asuintilaa asukkailleen, väljästi rakennettujen kaupunginosien tontteja halutaan tehostaa, mikä mahdollisti pienelle tontille kolmen asunnon rakentamisen kahden sijaan. Jyrkällä tontilla lähtökohta oli sulauttaa talot rinteeseen ja ympäröivään rakeisuuteen, josta tuli idea porrastaa kukin asunto toisistaan pienemmän rakennusmassan illuusion luomiseksi. Asunnot sijaitsevat rauhallisen kadun varrella takapihan suuntautuessa pohjoiseen ja kadun puolen etelään. Ikkunoiden maltillinen sijoittelu eteläjulkisivulla luo yksityisen vaikutelman, pohjoispuolen avautuessa takapihalle suurine ikkunoineen.

Harjakatoilla, CLT-massiivirungolla ja lehtikuusiverhouksella pyrittiin luonnolliseen ja alueen rakennuskannalle tyypillisen muotokielen mukailuun. CLT:tä (cross laminated timber) käytettiin runkomateriaalina seinissä, välipohjissa sekä parvekkeissa ja katoksissa. Paljas massiivielementtipinta on näkyvissä asuntojen sisäpuolella, sillä seinissä ei ole puun lisäksi muita eristeitä tai rakennekerroksia, mikä tekee rakenteesta terveellisen ja kestävän. Kaikki ikkuna- ja oviaukotukset työstettiin elementtitehtaalla, mikä mahdollisti nopean asennuksen työmaalla. Suurien ikkunoiden upotus runkoon luo saumattoman vaikutelman sisätilan ja pihan välillä.

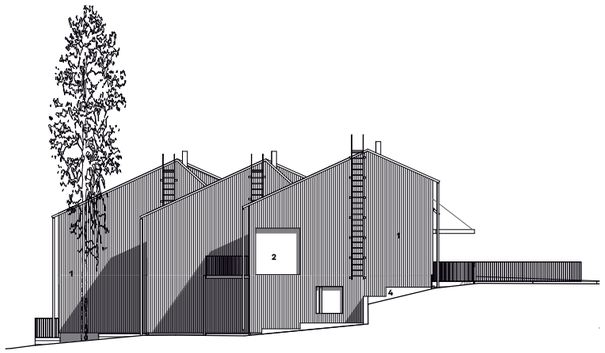
Rinnetontti vaati paljon kaivuu- ja maansiirtotöitä, jotta tontille saatiin rakennettua vaaditut autopaikat kolmelle kodille. Lisäksi näin saatiin ensimmäisen kerroksen tiloista kellarin sijasta asuintilakelpoisia.

Kolmosten lämmitysjärjestelmänä on ympäristöystävällinen ja taloudellinen maalämpöpumppu. ■

Asemapiirros | Site plan



Leikkaus | Section



Julkisivut | Facades

Base Street Trio is a three family row house built from CLT in Tammisalo in eastern Helsinki.

Base Street Trio in Tammisalo is Helsinki's first building constructed from solid-wood panels without insulation in the external walls. Built on a steep hill plot, the meticulous element design and a high quality frame product ensured a quick and smooth construction phase for the house despite the challenging location.

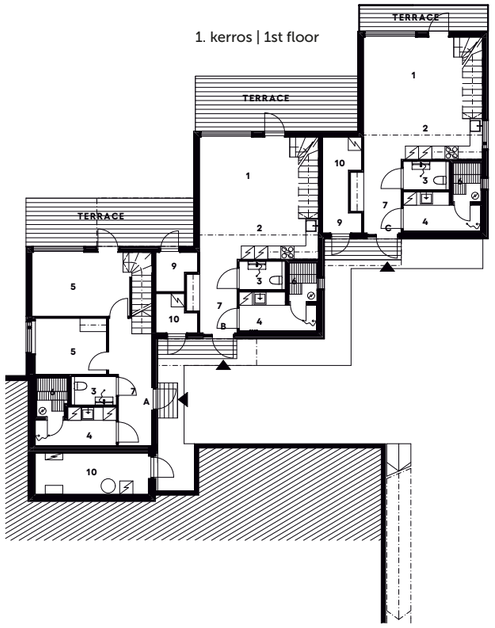
Tammisalo is an old district consisting mainly of small single family homes and row houses built after the 1950s. However, its history traces further back as the area was once part of the surrounding manors in the 19th century. Tammisalo is an island surrounded by the sea and small patches of forest. The area is very green with family gardens dotted with the old pines characteristic of the island.

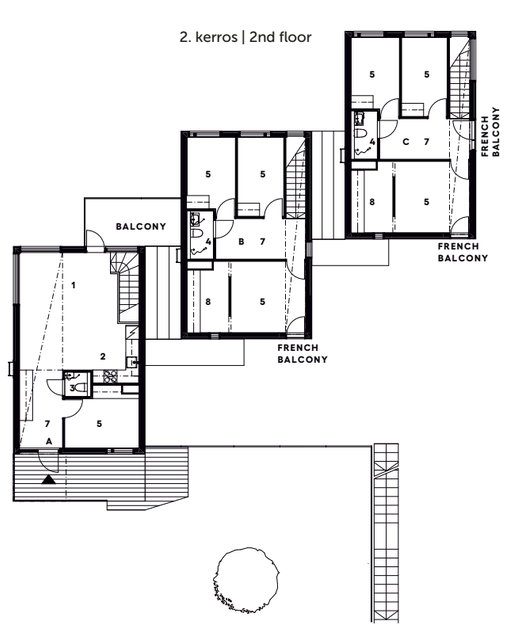
AS THE CITY GROWS and needs more housing for its new residents, it wants to increase the construction density of these older, sparsely built neighbourhoods. This made it possible to build three homes on the small plot instead of the usual two. Due to the steep incline at the site, it made sense to incorporate the houses into the slope and the surrounding scree. This principle then evolved into the idea of laying out the individual homes in a staggered pattern to create the illusion of a smaller building mass. The homes are on a quiet street, with the street front facing south and the backyard north. The subtle windows of the south facade retain the feeling of privacy, whereas the north side has large windows that open onto views of the back yard.

The pitched roofs, solid CLT frame and larch cladding are in harmony with the natural design language typical of the area's building stock. CLT was used as the frame material for walls, intermediate floors, balconies and canopies. The solid panel surface is visible inside the homes as the walls have no insulation materials or structural layers other than the bare wood. This makes the structure healthy and durable. All window and door openings were machined at the element factory, which made on-site installation quick. The large windows embedded in the frame give the impression of a seamless transition between the interior and the yard.

Extensive excavation and earth moving work was needed on the slopes to build the necessary parking spaces for the three homes. On the other hand, the work made it possible to use the ground floor as a living space instead of a mere basement.

The Base Street Trio heating system uses a geothermal heat pump, which is an environmentally friendly and cost efficient choice. ■





Julkisivussa on käytetty käsittelemätöntä lehtikuusilautaa | The façade has untreated larch cladding

Ikkunakarmit on upotettu CLT-elementteihin | The window frames are embedded in the CLT elements

PAASITIEN KOLMOSET
Base Street Trio

Sijainti | Location: Tammisalo, Helsinki

Käyttötarkoitus | Purpose: Asunto | Residential

Rakennuttaja/Tilaaja | Developer/Client: As. Oy Paasitie 20

Arkkitehtisuunnittelu | Architectural design: Avarrus Arkkitehdit Oy

Rakennesuunnittelu | Structural design: Timber Bros Oy

Urakoitsija | Contractor: Lahden Puurakentajat Oy

Puuosien toimittaja | Wood supplier: HOISKO

Kokonaisala | Total area: 302 m²

Valmistumisvuosi | Year completed: 2019

Tontilla seissyt vanha mänty säilyi ja sai ympärilleen penkin | The old pine tree that stood on the site was saved and given a wraparound bench

Puolmatkan krouvi, Taaborinvuoren kesäkahvila ja äänitarkkaamo
| "Puolmatkan krouvi" – The Taaborinvuori summer café and sound control booth
Palojoki, Nurmijärvi
Arkkitehdit LSV Oy
Insinööritoimisto Kimmo Kaitila Oy

Teksti | Text: **Eeva Korhonen** ja | and **Krista Kailajärvi**
Kuvat | Photographs: **Martin Sommerschield**

Taaborin kesäteatterin Puolmatkan krouvi
Café on the Taabor summer theatre

Taaborinvuori on Nurmijärven Palojoella sijaitseva museo- ja kulttuurialue, missä toimii Taaborin kesäteatteri. Tänä kesänä teatterin yhteyteen avattiin uusi kahvila- ja äänitarkkaamorakennus palvelemaan kulttuuritapahtumien suurta kävijämäärää. Huolellisella timpurintyöllä toteutettu rakennus harmaantuu ajan saatossa ja sulautuu historialliseen ympäristöönsä. Aleksis Kiven Nummisuutarit-näytelmästä nimensä saanut uusi kahvila, Puolmatkan krouvi, herää kutsuvasti ja värikkäästi eloon suurten liukuovien avautuessa.

Kahvila ja äänitarkkaamorakennus suunniteltiin kunnioittaen Taaborinvuoren kulttuuriperintöä ja maisemaa. | The café and sound control booth were designed with respect for Taaborinvuori's cultural heritage and landscape.

Julkisivuissa on käytetty siperianlehtikuusta ja katoksen alapinnassa keltaiseksi värjättyä puu-magnesiittilevyä.
| The facades are Siberian larch, and the underside of the canopy is yellow-coloured wood-magnesite panel.

Maastoa mukaileville terassin portaille voi jäädä nauttimaan maisemasta, tai vaihtoehtoisesti laskeutua jaloittelemaan ympäröivälle mäntykankaalle.
| Enjoy the scenery on the terrace stairs or descend into the surrounding pine forest.

Kahvilan ja äänitarkkaamon väliin jäävä katos kehystää kauniisti metsämaisemaa. | The canopy between the café and the sound control booth serves as a beautiful frame for the forest landscape in the background.

Taaborinvuorelle käveltäessä astuu Aleksis Kiven aikaisen kulttuuriperinnön keskelle. Eri puolilta Nurmijärveä tuodut harmaantuneet puurakennukset täplittävät iäkästä mäntykangasta. Alueen keskiössä on kesäteatterin lavana toimiva aukio ja osittain katettu katsomo, joka vetää jopa 700 katsojaa puisille penkkiriveilleen. Katsomon takana seisoo rakennus, joka erottuu muista vielä kellertävine julkisivuineen. Vähitellen sekin harmaantuu muiden rakennusten tavoin ja sen nuoresta iästä jää kertomaan vain värikäs sisätila.

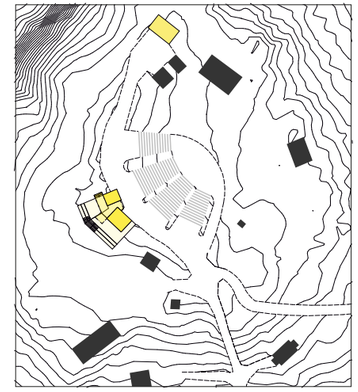
PUOLMATKAN KROUVI on Taaborin kesäteatteria palveleva uusi kahvila- ja äänitarkkaamokokonaisuus. Tavoitteena oli suunnitella rakennus, joka kestää aikaa ja suuria kävijämääriä sekä kunnioittaa alueen perinteisiä rakennuksia ja rakennustapaa. Esimerkiksi uudisrakennusten mittasuhteet ja kattomuodot on valittu olemassa olevia rakennuksia mukaillen ja julkisivumateriaalina toimii siperianlehtikuusi, joka käsittelemättömänä harmaantuu ympäröivien rakennusten kaltaiseksi muutamassa vuodessa.

Kahden rakennusosan väliin jää osittain katettu terassi, jolta aukeaa näkymät ympäröivään metsämaisemaan ja joka näkyy katsomon suuntaan kuin kehystettynä maisemakuvana. Tapahtumien yhteydessä ja esitysten väliajalla voi nautiskella ilta-auringosta metsään levittyvillä istuskeluportailla, joita pitkin vierailijat voivat myös laskeutua ympäröivään maastoon.

OMAN HAASTEENSA suunnittelulle loi rakennuksen käytön kausittaisuus. Kahvila on toiminnassa vain kesäisin, mutta hetkittäinen käyttäjämäärä voi olla satoja ihmisiä. Talvisin rakennuksen tulee puolestaan olla täysin suljettava ja suojata kahviota säältä. Ratkaisuna kahviorakennuksessa on käytetty suuria liukuovia, jotka avaamalla kahvio saadaan kesällä osaksi terassia. Vastaavasti ovet saadaan suljettua kokonaan päivän päätteeksi tai talven ajaksi, jolloin äänitarkkaamo saa parikseen koruttoman puurakennuksen.

Sisältä kahvila on pirteän keltainen lattiasta kattoon. Sama väriteema jatkuu katoksen alapinnassa, johon keltaiseksi värjätyt akustiset puu-magnesiittilevyt jatkuvat. Mittatilaustyönä kierrätysmuovista valmistettu keltainen tarjoilulinjasto viimeistelee vähäeleisen kokonaisuuden.

Puuta on projektissa käytetty monipuolisesti aina rungon tukirangasta puukuitueristeisiin. Yksityiskohtia myöten suunniteltu rakennus kunnioittaa perinteitä ja kestää aikaa. Huolellisen detaljoinnin ja taitavan timpurintyön tuloksena on viimeistelty kokonaisuus, joka mukautuu ympäristöönsä. ■



Asemapiirros | Site plan

Puolmatkan Krouvi on vähäeleinen mutta kutsuva rakennus näyttämön taustalla. | Puolmatkan Krouvi is an understated but warmly inviting building behind the stage.

Taaborinvuori is a museum and cultural area on the Palojoki river in Nurmijärvi, and the home of the Taabor summer theatre. This summer, a new café and sound control booth were opened adjacent to the theatre to better serve the large number of visitors to local cultural events. The building is an example of expert carpentry and will blend into its historic surroundings as it turns a distinguished grey over years. The "Puolmatkan krouvi", named after a location in the play "Nummisuutarit" by Aleksis Kivi, is a warm and inviting café that comes alive as the large sliding doors open to reveal its colourful interior.

The walk up to Taaborinvuori leads visitors to the cultural heritage of Aleksis Kivi's time. The grey shades of wooden buildings collected from all over Nurmijärvi peek out among the ancient pine forest. At the centre of the area lies a summer theatre stage with partially covered seating on wooden benches for audiences up to 700. A building stands behind the benches, its yellowish facade distinguishing it from the rest. It too will gradually acquire a distinguished grey patina, its youth revealed only by the colourful interior.

PUOLMATKAN KROUVI is a new building complex with a café and a sound control booth built to serve the Taabor summer theatre. The design aimed to create a building that would withstand the test of time and wear from many visitors while respecting the traditional buildings and construction styles of the area. For example, the dimensions and roof shapes of the new buildings have been chosen to conform to existing buildings. The facade is Siberian larch, which, in its untreated state, will gray like the surrounding buildings within a few years.

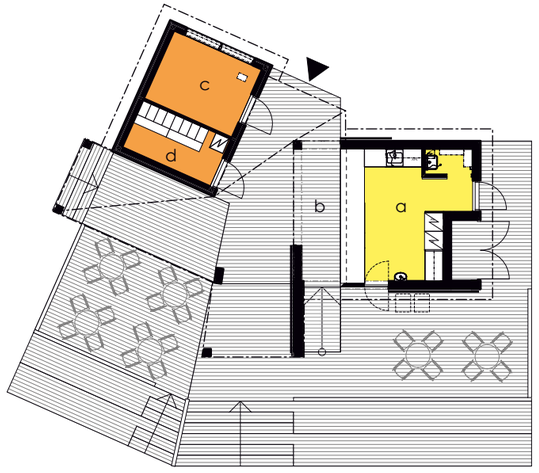
A partially covered terrace lies between the two buildings in the complex. The terrace overlooks the surrounding forest landscape and resembles a framed landscape painting from where the audience sits. During events and intermissions, visitors can enjoy the evening sun on the stairs that spread through the woods and allow visitors to descend into the surrounding terrain.

THE SEASONAL USE of the complex posed its own design challenges. The café will only be open during the summer months, but there may be as many as several hundred people on the premises at any given moment. During the winter, the building needs to be completely sealed and protected from the elements. The solution uses large sliding doors, which when opened up, expand the café onto the summer terrace. They can be closed completely at the end of the day or during the winter, leaving the sound control booth in the company of a simple wooden building.

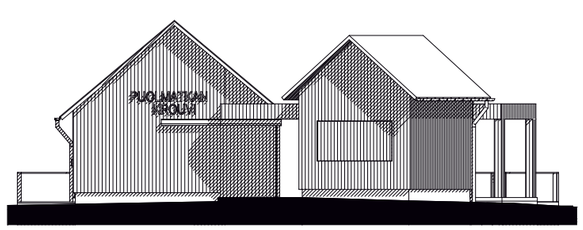
Inside, the cafe is a vibrant yellow from floor to ceiling. The colour theme continues on the underside of the canopy, which is covered with the same yellow coloured acoustic wood-magnesite panels as the indoor ceiling. A custom-made food serving line made from yellow recycled plastic completes the understated look.

Wood has been used in many ways throughout the project, from the support frame to the wood fibre insulation. The building respects tradition and a sense of timelessness all the way down to design details. Careful detailing and skilful carpentry give the building a polished look that allows it to blend into its surroundings. ■

Leikkaus | Section



Pohjapiirustus | Floor plan



Julkisivu | Facade

PUOLMATKAN KROUVI, TAABORINVUOREN KESÄKAHVILA JA ÄÄNITARKKAAMO "Puolmatkan krouvi" – The Taaborinvuori summer café and sound control booth

Sijainti | Location: Palojoki, Nurmijärvi

Käyttötarkoitus | Purpose: kahvila ja äänitarkkaamo | Café and sound control booth

Rakennuttaja/Tilaaja | Developer/Client: Nurmijärven kunta | Municipality of Nurmijärvi

Arkkitehtisuunnittelu | Architectural design:
Arkkitehdit LSV Oy
Pääsuunnittelija | Chief designer: **Eeva Korhonen**, arkkitehti SAFA | architect SAFA
Työryhmä | Work group: **Krista Kailajärvi, Iina Ala-Karhu, Daniel Herkert, Jenni Närhinen**

Rakennesuunnittelu | Structural design:
Insinööritoimisto Kimmo Kaitila Oy

Urakoitsija | Contractor: Ramin Rakennus Oy

Sisustussuunnittelu | Interior design:
Arkkitehdit LSV Oy

Sähkösuunnittelu | Electrical design:
Sweco Talotekniikka Oy
LVI-Suunnittelu | HVAC design: Insinööritoimisto Leo Maaskola Oy

Kerrosala | Floor area: 44 m^2

Valmistumisvuosi | Year completed: 2019

TIJ lintutorni | TIJ bird observatory
Stellendam, The Netherlands
Ro&Ad, RAU, Geometria Architecture Oy
Hannu Hirsi, Lauri Salokangas, BREED ID

Teksti | Text: **Toni Österlund**
Kuvat | Photographs: **Katja Effting**

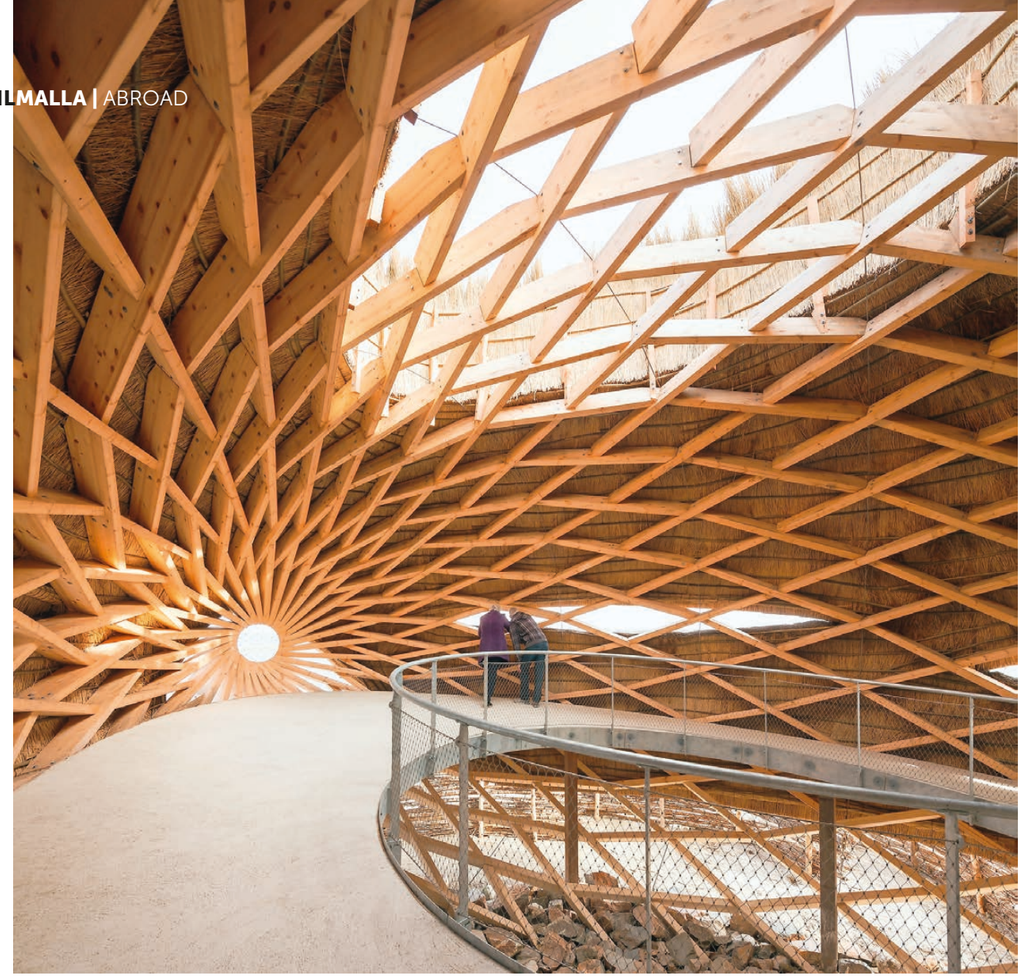
Linnunmunan muotoinen lintukatselusuoja

TIJ

A bird egg shaped bird observatory

Haringvlietin pato avattiin lokakuussa 2018, tarkoituksena parantaa ympäröivien vesialueiden kuntoa sekä kasvattaa eliöstön monimuotoisuutta. Jotta vierailijat pääsisivät ensikädessä kokemaan muutokset alueen eliöstöön, on alueelle rakennettu sarja lintujenkatselusuojia, joista munan muotoinen TIJ on näyttävin.

TIJ sijaitsee saarella, luonnonsuojelualueella. | The TIJ observatory is located on an island in a nature reserve.



Sisänäkymä ylemmältä kerrokselta. | An interior view from the upper floor.

TIJ sijaitsee Scheelhoekin luonnonsuojelualueella, Haringvlietin padon alapuolella, lähellä Stellendamin kaupunkia. Suojelualue toimii riuttatiirojen pesimäalueena ja rakennus onkin saanut muotonsa tämän munasta. TIJ lepää upotettuna rantahiekkaan, aivan kuten riuttatiirankin omat pesämunat. Sisäänkäynti rakennukseen tapahtuu pitkää maisemoitua tunnelia pitkin, jotta kävijät eivät olisi häiriöksi lintukannan pesimäpuuhille. Samasta syystä rakennus on pyritty maastouttamaan verhoilemalla se ulkopuolelta perinteisellä ruokokatolla. Toiseen kerrokseen noustaan keskialueen aukon pyöreitä portaita pitkin. Korkeaan ja avaraan sisätilaan saavuttaessa kokemus on lähes sakraali.

TIJ LINTUJENKATSELUSUOJA on kahden hollantilaisen RO&Ad ja RAU arkkitehtitoimiston yhteistyön tulos. Suomalainen Geometria Architecture pyydettiin mukaan suunnittelemaan ja toteuttamaan rakennuksen kunnianhimoista puurakennetta. Geometria on tehnyt yhteistyötä Ro&Ad -toimiston kanssa aiemminkin, esimerkiksi Bergen op Zoomissa sijaitsevan Pompejus-näköalatornin parissa.

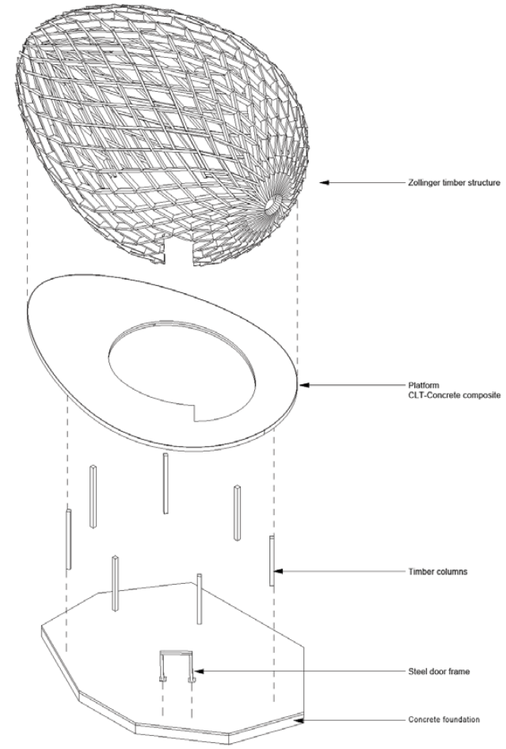
Puurakenne mallinnettiin algoritmiavusteisesti munan muotoiselle pinnalle parametrisesti päivittyvänä mallina. Tämä mahdollisti luonnossuunnittelun alkuvaiheessa nopean versioinnin, kun yhteistyössä haarukoitiin rakennuksen kokoa, rakenteen tiheyttä sekä aukotuksen suuntaa. Puurakenne on Zollinger-tyyppinen ja koostuu suhteellisen pienistä palkeista. Zollinger-rakenteen etuina on yksilöllisten palkkien helppo työstö ja hallittavuus, sekä liitoksen toteuttamisen yksinkertaisuus. Geometria on aiemmin suunnitellut ja toteuttanut Zollinger-tyypin rakenteita, kuten esimerkiksi Sotkanmuna-näyttelyrakenne luontokeskus Haltiassa, Nuuksiossa.

HANKKEESSA MUKANA OLLEELLA paikallisella insinööritoimistolla ei ollut kokemusta vaativien puurakenteiden laskennasta, jolloin alussa rakenteisiin suunniteltiin tarpeettoman paljon terästä. Aalto-yliopiston Hannu Hirren sekä Lauri Salokankaan johdolla suunnittelimme rakenteet uusiksi ja täysin puisina, liitoksia myöden. Saimme vähennettyä lopullisesta ratkaisusta kaikki teräsrakenteet oviaukon kaarta lukuun ottamatta ja rakennusbudjetista säästyi lähes satatuhatta euroa.

Välipohjan yksi CLT-levy lähdössä TimberPointin tehtaalta. | An intermediate floor CLT board exiting the TimberPoint factory.

Rakenteen kasaaminen aloitettiin esikasaamalla paikan päällä munan kärkiosa. | The assembling of the structure began by preassembling the tip of the egg on site.

Kuoren puurakenne lähes valmiina. | Almost complete shell structure.



Kuoren puurakenne kannattelee myös välipohjaa reuna-alueilla. | The wood structure of the shell also supports the edges of the intermediate floors.

Samalla suunnittelimme välipohjan kannatuksineen uusiksi ja välipohja toteutettiinkin nyt CLT-betoni-liittorakenteena.

TIJ LINTUJENKATSELUSUOJAN KAIKKI PUUOSAT on tehty Suomessa, pääosin suomalaisesta puusta. Zollinger-rakenteen alaosan puumateriaalina on käytetty kestävää Accoyaa, johtuen padon tuottamasta vedenpinnan vaihtelusta. Kuivana pysyvä yläosa on mäntyä. Rakennuksen 471 yksilöllistä puupalkkia työstettiin hirrentyöstökoneella. Puutavara siirrettiin rakennuspaikalle rekalla, jossa rakennus koottiin paikan päällä. Asennustyötä varten Geometria toimitti tarkan ohjeistuksen rakentajille ja ohjasi työmaan alkua paikan päällä.

TIJ on kuin suuri puinen palapeli, joka on käyttöikänsä päätyttyä mahdollista purkaa modulaarisiin osiinsa ja uudelleenkäyttää tai kierrättää. ■

Lintutornin nimi ”TIJ” valikoitu nimikilpailun kautta. ”TIJ” tarkoittaa vuorovettä, joka viittaa alueen veden korkeudenvaihteluun. Nimi on myös sanaleikki, nopeasti lausuttuna ”tij” [taij] kuulostaa sanalta ”ei” [aij], joka tarkoittaa munaa.

The Haringvliet Dam was opened in October 2018 with the aim of improving the condition of the surrounding waters and increasing biodiversity. To provide visitors with first-hand access to changes in the area's biota, a series of bird observatories have been built in the area. The egg-shaped TIJ is the most spectacular example.

The TIJ observatory is located in the Scheelhoek Nature Reserve, downstream from the Haringvliet Dam, near the town of Stellendam. The reserve serves as a nesting area for sandwich terns, which are the inspiration for the building's tern egg like shape. The TIJ observatory is nestled in the sand, just like a sandwich tern's eggs. Entrance to the building is via a long landscaped tunnel to prevent visitors from disturbing the nesting birds. The building has a traditional reed roof to blend it into the surroundings for the same reason. The second floor is accessed via circular stairs in a centre opening. When visitors set foot in the high and open interior, the experience is almost sacred.

THE TIJ BIRD OBSERVATORY was born from the collaboration of two Dutch architectural firms: RO&Ad and RAU. Geometria Architecture from Finland was invited to design and execute the building's ambitious wooden structure. Geometria had already collaborated with Ro&Ad in earlier projects, including the Pompejus observation tower in Bergen op Zoom.

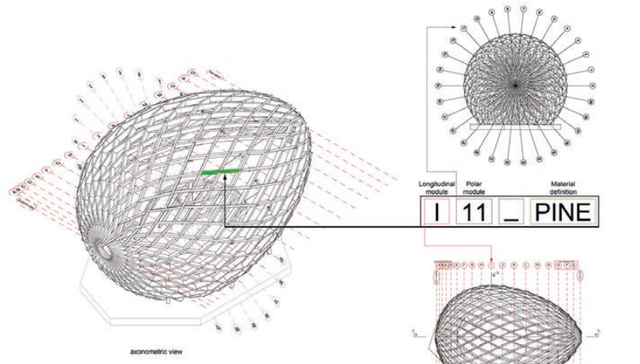
The wood structure used algorithm-aided modelling on an egg-shaped surface, creating a parametrically updated model drawing. This enabled the rapid creation of different versions in the early stages of the design, when the size of the building, the density of the structure and the orientation of the opening were still being decided. The Zollinger-type wood structure consists of relatively small beams. The advantages of a Zollinger structure are the easy machining and manageability of individual beams and the simplicity of the joints. Geometria had previously designed and implemented Zollinger-type structures, such as the Sotkanmuna exhibition structure at the Nuuksio Nature Center in Nuuksio, Espoo.

THE LOCAL ENGINEERING OFFICE involved in the project had no experience in calculating demanding wood structures, which led them to use unnecessarily large amounts of steel in the initial designs. Under the leadership of Hannu Hirre of Aalto University and Lauri Salokangas, we redesigned the structures, making them completely wooden, including the joints. We removed all the steel structures from the final design except for the door opening and saved almost one hundred thousand euro in the construction budget. We also redesigned the intermediate floors and their supports, using CLT-concrete composite structures for the intermediate floors.

ALL THE WOOD COMPONENTS of the TIJ bird observatory were made in Finland, mostly from Finnish wood. Durable Accoya has been used as the wood material for the lower part of the Zollinger structure due to the variation in the water level caused by the dam. The dry top is pine. The building's 471 individual wooden beams were machined with a log finishing machine. The lumber was moved to the construction site by truck, where the building was assembled on site. For the installation work, Geometria provided detailed instructions to the builders and directed the start of the work on site.

The TIJ observatory is like a large wooden puzzle that, at the end of its life, can be disassembled into its modular parts and reused or recycled. ■

The name of the bird tower "TIJ" has been selected through a title competition. "TIJ" means tides, which refers to the variation in water level in the area. The name is also a play on words, in short, "tij" [taij] sounds like "ei" [aij], which means egg.



Puurakenne koostuu 471:stä yksilöllisestä puupalkista, jotka on nimetty sijaintinsa ja materiaalinsa perusteella. | The wood structure consists of 471 unique wooden beams, named according to their location and material.

Rakennuksen muoto perustuu riuttatiiran munaan. | The building shape draws its inspiration from the eggs of a sandwich tern.

Katon aukko tuo valoa sisälle. | Natural light flows in through the skylight.

TIJ LINTUTORNI
TIJ bird observatory

Sijainti | Location: Stellendan, Alankomaat | The Netherlands

Käyttötarkoitus | Purpose: lintujenkatselusuoja | bird observatory

Rakennuttaja/Tilaaja | Developer/Client: Vogelbescherming Nederland

Arkkitehtisuunnittelu | Architectural design: Ro&Ad, RAU, Geometria Architecture Oy

Rakennesuunnittelu | Structural design: **Hannu Hirsi, Lauri Salokangas**, BREED ID

Urakoitsija | Contractor: Van Hese Infra

Puuosien toimittajat | Wood supplier: Timber Frame Oy, TimberPoint Oy, Novenberg Oy, Crosslam Oy

Valmistumisvuosi | Year completed: 2019

Alempaan kerrokseen saavutaan tunnelia pitkin ja toiseen kerrokseen noustaan kaarevia portaita. | The lower floor is accessed via tunnel and the upper floor by curved stairs.

Teksti ja kuvat | Text and figures: **Pekka Latvanne**, **Mikko Kylliäinen**, A-Insinöörit

Puuvälipohjien askelääneneristävyyden laskennallinen arviointi

Puurakenteisten asuinkerrostalojen kilpailukyvyn kannalta välipohja on keskeinen rakennusosa. Askelääneneristävyys tiedetään mitoittavammaksi tekijäksi ilmaääneneristävyyteen verrattuna. Kerrostalojen puuvälipohjien kehitystyö on pitkään perustunut kokeilemiseen ja mittaamiseen, mikä ei ole kustannustehokas eikä nopea tapa. Kehitetyllä parametrisella laskentamallilla saadaan paitsi tarkkoja tuloksia, myös tutkituksi nopeasti erilaisia rakennevaihtoehtoja ja optimoida rakennetta.

Puurakenteisten asuinkerrostalojen kilpailukyvyn kannalta välipohja on keskeinen rakennusosa, sillä siihen kohdistuu runsaasti vaatimuksia. Niitä asettavat ainakin kantavuus, taipuma, värähtely, palonkesto ja tiiviys sekä ilma- ja askelääneneristävyys [1]. Käytännössä askelääneneristävyys on mitoittavampi tekijä kuin ilmaääneneristävyys: välipohjan täyttäessä askeläänitasolukua $L'_{nT,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ koskevat määräykset myös ilmaääneneristävyyttä mittaavaa äänitasoerolukua $D_{nT,w}$ koskevat vaatimukset tavallisesti toteutuvat [2, 3].

Askeläänet ovat erilaisia asumisesta syntyviä, lattiaan kohdistuvien iskujen tuottamia ääniä. Esimerkkejä näistä ovat esineiden putoaminen lattialle, lasten leikki, huonekalujen siirtely tai kävelyn aiheuttamat äänet. Huoneistojen ääneneristävyys, jonka yksi osa askelääneneristävyys on, vaikuttaa merkittävästi asumismukavuuteen ja -terveyteen. [4]

Puu on betoniin verrattuna kevyttä (tiheys noin 500 kg/m^3). Tästä seuraa se, että levymäinen puukerros on ilmaääneneristävyydeltään noin 15 dB heikompi kuin paksuudeltaan vastaava betonikerros. Näin ollen puukerrostaloissa huoneistojen välinen ääneneristävyys ei voi perustua puun massaan eikä tiloja erottavia rakenteita sivuavien rakenteiden kautta kulkevan äänen siirtymistä tilasta toiseen voida vähentää tekemällä näiden rakenteiden liitoksista jäykkiä. Puun tiheyden ja jäykkyyden suhde on lisäksi sellainen, että levymäisen puutuotteen ääneneristävyys on heikompi kuin yhtä painavan kipsilevyn, jonka tiheys ja jäykkyys on optimoitu ääneneristävyyden suhteen. Tämän vuoksi puurakenteet ovat tavalla tai toisella kerroksellisia siten, että levykerrosten välissä on ääntä vaimentavalla materiaalilla kokonaan tai osin täytetty ilmaväli. Levykerrokset voivat lisäksi muodostua useasta kerroksesta, esimerkiksi CLT-levyjen pintaan asennetaan tavallisesti rakennuslevyjä, kuten kipsilevykerros tai -kerroksia. [5]

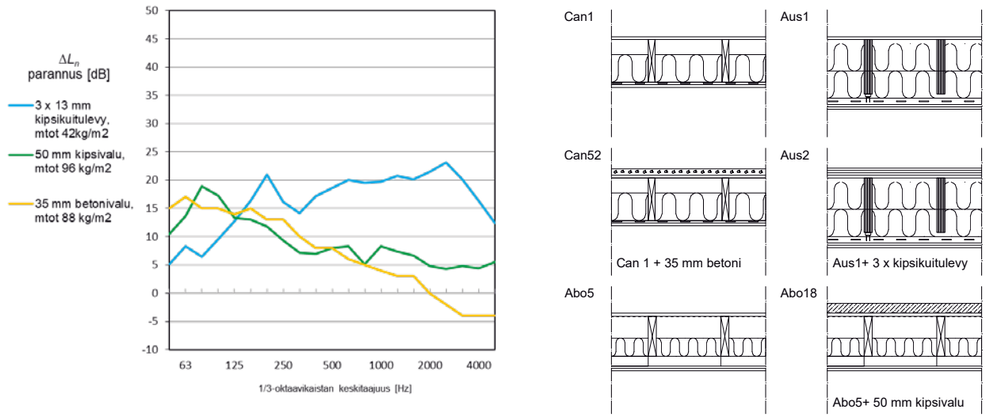
Rakenteiden monimutkaisuuden vuoksi puuvälipohjien askelääneneristävyyden laskentaan ei ole nykyisellään saatavissa laskentamalleja, ja askelääneneristävyyden arviointi perustuu suurelta osin kokemusperäiseen tietoon. Massiivivälipohjien askelääneneristävyyden laskentaan on kehitetty laskentamalleja [6], mutta ne soveltuvat heikosti puuvälipohjien askelääneneristävyyden arviointiin [7]. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli kehittää yksinkertainen parametrinen laskentamalli, jolla voidaan nopeasti ja kustannustehokkaasti määrittää puuvälipohjan askeläänitasoluku $L'_{nT,w}$ sekä askeläänitasot taajuuskaistoittain.

Tutkimus jakautui kahteen osaan: ensimmäisessä osassa selvitettiin, mitkä puuvälipohjan rakenteelliset ominaisuudet vaikuttavat välipohjan askelääneneristävyyteen. Erityisen keskeistä tässä osuudessa oli tunnistaa ne tekijät, jotka vaikuttavat merkittävästi ja ne tekijät, joiden merkitys on vähäinen. Tutkimus perustuu laajaan kirjallisuusselvitykseen, jonka lähdeaineistona käytettiin 148 puuvälipohjarakenteen laboratoriossa mitattuja askeläänitasoja [7, 8].

Tutkimuksen toisessa osassa kehitettiin parametrinen laskentamalli, joka perustuu kirjallisuustutkimuksessa tunnistettuihin, askelääneneristävyyteen merkittävästi vaikuttaviin tekijöihin sekä askelääneneristävyyttä koskeviin teoreettisiin laskentamalleihin. Kehitetty laskentamalli on myös validoitu vertaamalla saatuja laskentatuloksia mittaustuloksiin [9, 10]. Ääniympäristöasetuksen [3] antamisen myötä askelääneneristävyyden mittausalue on laajentunut perinteisestä 100 Hz keskitaajuudesta alemmas 50 Hz keskitaajuuteen, sillä tällä taajuusalueella ilmenevien askeläänien häiritsevyydestä tietyissä tilanteissa on viime aikoina saatu uusia viitteitä [4]. Kehitetty laskentamalli toimii myös tällä taajuusalueella.

Taulukko 1. Puuvälipohjan askelääneneristävyyteen vaikuttavat merkittävimmät tekijät sekä tekijät, joilla ei ole havaittu olevan vaikutusta tai on heikentävä vaikutus askelääneneristävyyteen.

Parantavat tekijät	Heikentävät tai merkityksettömät tekijät
+ pintarakenteen ja alakaton massan lisääminen	- massalisäykset ilman joustavia liitoksia
+ joustavat liitokset	- jäykät liitokset
+ absorptiomateriaali välipohjan sisällä	- välipohjan sisällä absorptiomateriaalin ylitäyttö
+ lattian pintamateriaali	- kovat lattianpäällysteet



Kuva 1. Välipohjan kansilevyn päälle suoraan asennettujen levy- ja valukerrosten parannusvaikutus askelääneneristävyyteen. Mittaukset on tehty ilman lattianpäällystettä, jolloin valettujen pintalaattojen parannusvaikutus suurilla taajuuksilla on heikko. Pintarakenteiden massat on arvioitu rakennusmateriaalien perusteella. [8] | Figure 1. Impact sound insulation improvement caused by panel and cast layers installed directly on the intermediate floor deck. The measurements were made before the installation of a floor covering, which means that the improvement effect of cast surface slabs is poor at high frequencies. The masses of surface structures have been estimated on the basis of the building materials. [8]

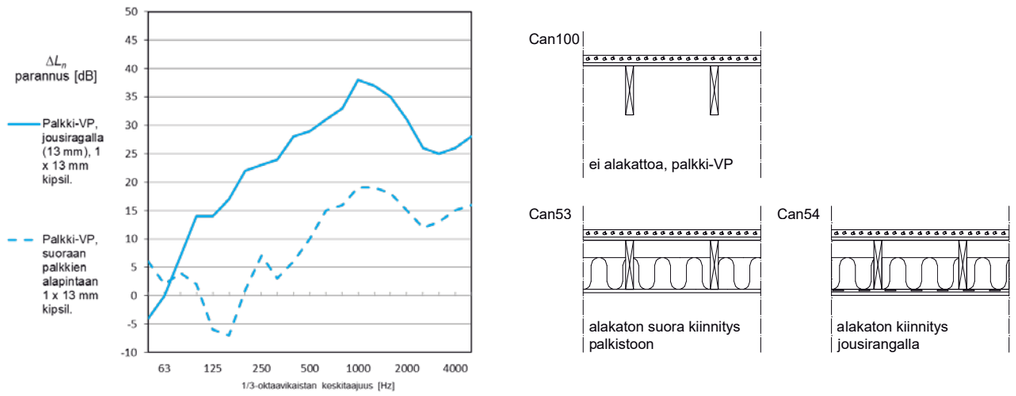
Puuvälipohjan askelääneneristävyyteen vaikuttavat tekijät

Kirjallisuustutkimuksessa [8] tunnistettiin useita välipohjan askelääneneristävyyteen vaikuttavia tekijöitä. Taulukossa 1 on esitetty merkityksellisimmät sekä ei-merkityksselliset tai haitalliset tekijät puuvälipohjan askeläänerestävyyden kannalta.

Välipohjan kansilevytyksen ja alakaton massan lisääminen parantaa välipohjan askeläänerestävyyttä. Rakenteiden keveys on puurakentamisen etu perinteisiin massiivirakenneratkaisuihin nähden [11-14], joten massalisäykset tulee optimoida askeläänerestävyyden ohella myös tuotanto- ja kustannustehokkuuden näkökulmasta. Välipohjan massaa voidaan kasvattaa erilaisten laatta- ja levyrakenteiden avulla, joko kelluvana tai suoraan kansilevyn päälle asennettuna. Kelluvan rakenteen asennusalustan ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi kelluvan lattian tuottamaan askeläänerestävyyden parannusvaikutukseen [15,16]. Valettavien pintarakenteiden haasteena on niiden vaatima kosteudenhallinta ja kuivumisaika, jotka hidastavat tuotantoa sekä työmaa- että tehdasolosuhteissa.

Kuvan 1 kuvaajassa on esitetty välipohjan kansilevyn päälle suoraan asennettujen levy- ja valukerrosten vaikutus askeläänerestävyyteen. Massalisäyksen parannusvaikutus on huomattava erityisesti pienillä taajuuksilla.

Välipohjan pintaan kohdistuva askelheräte etenee rakenteen läpi sekä runko- että ilmaäänenä [17-19]. Koska rakenteita pitkin etenevä runkoääni on erityisen merkittävä äänenkulkureitti, puuvälipohjan askeläänerestävyys perustuu suurelta osin rakennekerrosten liitoksissa tapahtuviin energiahäviöihin [12, 20, 21]. Kirjallisuustutkimuksen perusteella alakaton liitos kantavaan palkistoon ja pintalaatan liitos kansilevyyn ovat merkittävimpiä liitoksia puuvälipohjissa [8]. Kuvan 2 kuvaajassa on esitetty eri alakattotyyppien parannusvaikutus palkkivälipohjalla. ▶

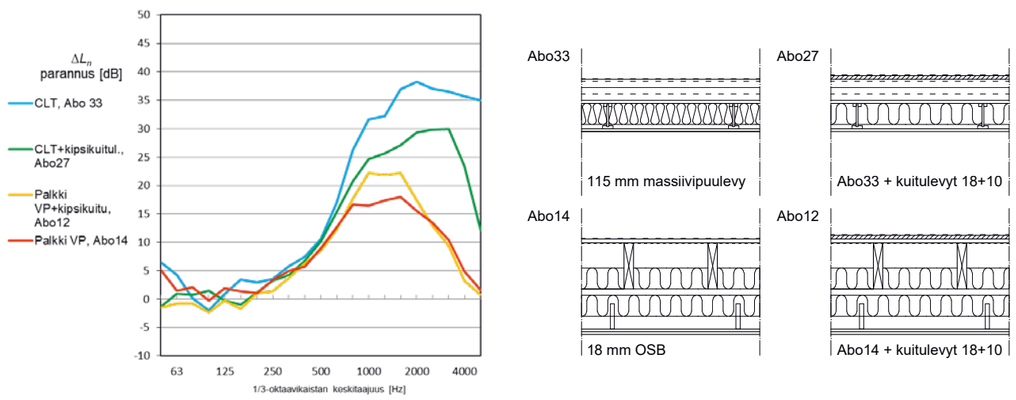


Kuva 2. Alakaton ja sen kiinnitystavan vaikutus askelääneneristävyyteen. Joustavasti kiinnitetty alakatto parantaa puuvälipohjan askeläänen-eristävyyttä huomattavasti paremmin kuin suoraan välipohjapalkkeihin kytketty alakatto. [8] | Figure 2. The effect of a suspended ceiling and its mounting method on the impact sound insulation. A flexibly suspended ceiling improves the impact sound insulation of a wood intermediate floor significantly more than a suspended ceiling directly connected to the intermediate floor beams. [8]

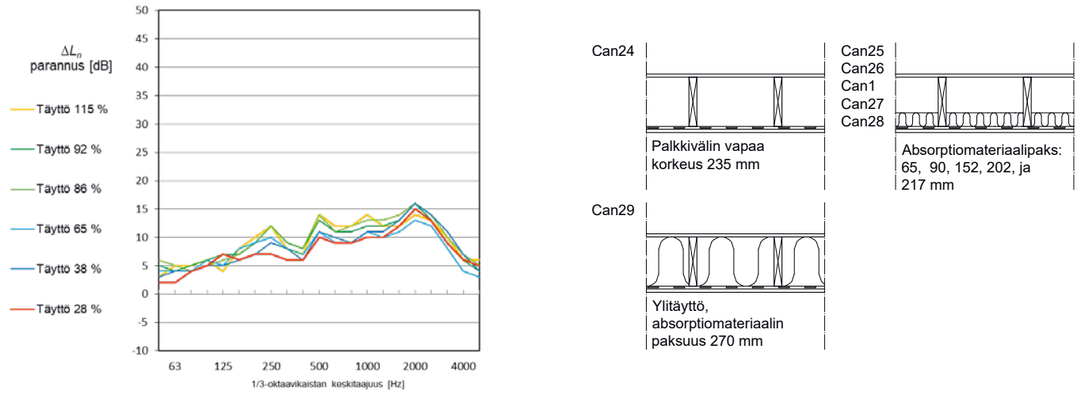
Alakaton kiinnitys joustavasti jousirangoilla parantaa askeläänneneristävyyttä huomattavasti enemmän kuin alakatto, joka on kiinnitetty suoraan kantaviin palkkeihin, sillä palkkien kautta kulkeva runkoääni vaimenee tehokkaasti joustavassa liitoksessa.

Lattianpäällyste vaimentaa lattian pintaan kohdistuvaa iskua ja samalla koko rakenteeseen siirtyvää askeläniherätettä [22]. Lattiapäällysteiden askeläänneneristävyyden parannusvaikutus on vahvasti riippuvainen tarkastelutaajuudesta ja siitä, millaisen välipohjan päälle lattianpäällyste asennetaan [23]. Raskaalla betonilaatalla mitattuja lattianpäällysteen parannusarvoja ei voida käyttää suoraan arvioitaessa parannusvaikutusta puuvälipohjilla. Myös kevytrakenteisissa välipohjissa on eroja. Sama lattiapäällyste paksun CLT-levyn tai ohuen lattiakipsilevyn päällä tuottaa erilaisen parannusvaikutuksen [8, 15]. Yleisesti käytössä olevien lattianpäällysteiden parannusvaikutus puuvälipohjilla alkaa noin 250 Hz taajuudelta [17, 24, 25]. Tampereen teknillisessä yliopistossa on tutkittu lattiapäällysteiden vaikutusta askeläänneneristävyyteen sekä puu- että betonivälipohjilla. [4, 23] Kuvan 3 kuvaajassa on esitetty erään vinyylilattiapäällysteen askeläänneneristävyyden parannusvaikutus, kun se on asennettu erilaisten puuvälipohjien päälle. Alusrakenne vaikuttaa parannusvaikutukseen erityisesti yli 500 Hz taajuuksilla.

Palkkirakenteisilla välipohjilla ohutkin absorptiomateriaalikerros välipohjan sisällä parantaa askeläänneneristävyyttä huomattavasti [8]. Absorptiomateriaali vaimentaa välipohjan sisällä etenevää ilmaääntä ja vaimentaa ilmatilaan syntyviä seisovia ääniaaltoja. Välipohjan sisään jäävän ilmatila ylitäytöllä ei ole havaittu olevan askeläänneneristystä parantavaa vaikutusta [8,



Kuva 3. Vinyylilattianpäällysteen parannusvaikutus eri raakavälipohjarakenteiden päällä. Pienillä taajuuksilla asennusalustalla ei ole merkittävää vaikutusta, mutta suurilla taajuuksilla parannusvaikutus on merkittävästi riippuvainen raakavälipohjarakenteesta. [8] | Figure 3. Improvements caused by vinyl floor coverings on various unfinished intermediate floor substructures. At low frequencies, the mounting substructure has no significant effect, but the improvement at high frequencies is significantly dependent on the substructure of the unfinished intermediate floor. [8]



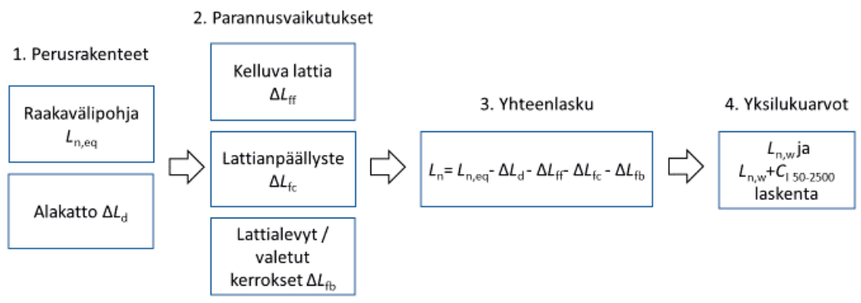
Kuva 4. Välipohjan sisälle asennetun absorptiomateriaalin vaikutus askeläänneneristävyyteen. Täyttö-% ilmoittaa absortiomateriaalin paksuuden (mm) suhteessa välipohjan ilmatilan korkeuteen (mm). Ilmatilan vapaa korkeus oli 235 mm. [8] | Figure 4. Effect of mounted absorption material within an intermediate floor on impact sound insulation. Fill % indicates the thickness (mm) of the absorption material relative to the height of the intermediate floor air space (mm). The free height of the airspace was 235 mm. [8]

17]. Absorptiomateriaalin parannusvaikutus havaitaan myös CLT-välipohjilla, joissa on levyrakenteinen alaslaskettu alakatto. Alakaton yläpuolisessa ilmatilassa absorptiomateriaali vaimentaa ilmatilan äänikenttää. Kuvan 4 kuvaajassa on esitetty vertailu eri absorptiomateriaalipaksuuksien vaikutuksesta välipohjan askeläänneneristävyyteen. Suhteellisesti suurin parannus saavutetaan, kun täysin tyhjään ilmatilaan lisätään ohut absorptiomateriaalikerros.

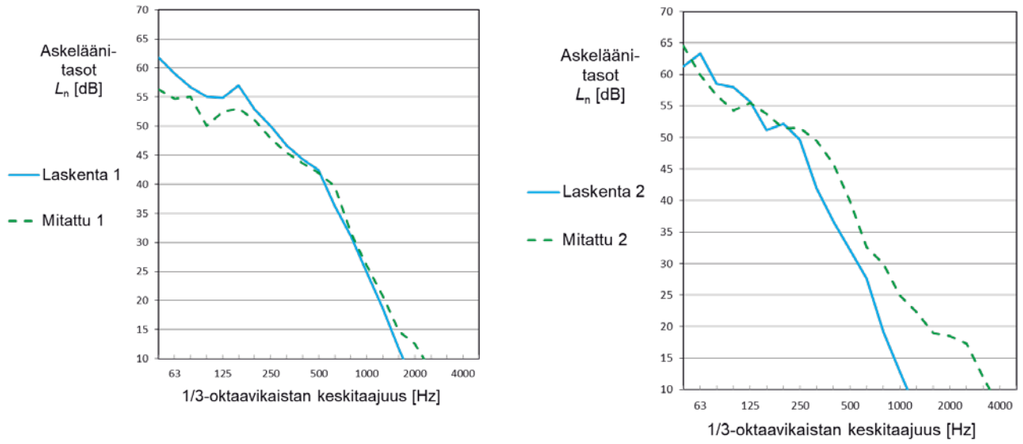
Askeläänneneristävyyden laskentamalli

Puuvälipohjien askeläänneneristävyyden laskentaan ei ole ollut saatavissa validoituja ja suunnittelutyöhön soveltuvia laskentamenetelmiä tai -ohjelmistoja. [8] A-Insinöörien akustiikkasuunnitteluyksikössä on luotu suunnittelutyöhön ja tuotekehitykseen soveltuva askeläänneneristävyyden laskentamenetelmä. Menetelmä perustuu laajaan kirjallisuustutkimukseen puuvälipohjien parametrisistä askeläänneneristävyysmittauksista [8] sekä A-Insinöörien akustiikkasuunnitteluyksikön tutkimus- ja kehitystyöhön. Laskentamalli ja sen validoinnin tulokset on esitetty aikaisemmin kansainvälisessä Baltic-Nordic Acoustic Meeting 2018 konferenssissa Islannissa keväällä 2018 sekä tulevassa Rakennusfysiikka 2019-seminaarissa Tampereella [9, 10]. Validointi tehtiin vertailemalla laskentamenetelmällä määritettyjä askeläänitasoja L_n sekä askeläänitasolukuja $L_{n,w}$ ja $L'_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ vastaavien rakenteiden mittaustuloksiin. Vertailussa oli mukana laboratoriossa ja asuinrakennuksissa mitattuja välipohjarakenteita, yhteensä 28 rakennetta. Laskentamallin laskennan vaiheet on esitetty kuvan 5 vuokaaviossa. Vaiheissa 1-3 tulokset lasketaan 1/3-oktaavikaistoittain 50-5000 Hz taajuusalueella.

Ensimmäisessä vaiheessa lasketaan raakavälipohjan askeläänitasot L_n ja alakaton parannusvaikutus ΔL_d. Raakavälipohjalla tarkoitetaan tässä tapauksessa joko kantavaa palkistoa ja niihin kiinnitettyä kansilevyä tai kantavaa massiivipuulevyä, kuten CLT. Toisessa vaiheessa arvioidaan mahdollisen kelluvan laatan ΔL_{ff}, raakavälipohjan yläpuolisten levykerrosten ΔL_{fb} ja lattianpäällysteen ΔL_{fc} parannusvaikutus askeläänitasoihin. Parannus- ▶



Kuva 5. Parametrisen laskentamallin laskennan vaiheista. Laskentamallin avulla voidaan laskea askeläänitasoluvut $L_{n,w}$ sekä uusien määräysten mukaisesti spektripainotustermin huomioon ottava mittaluku $L_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$. [10] | Figure 5. Calculation steps of the parametric calculation model. The calculation model can be used to calculate the impact sound pressure level values Ln,w and, in accordance with the new regulations, the single number quantity Ln,w+CI,50-2500 that takes into account spectrum weighting. [10]



Kuva 6. Laskentatulosten vertailu mittaustuloksiin. Kuvaajissa laskentatulokset on esitetty ehjällä viivalla ja vastaavan rakenteen kohteesta mitatut askeläänitasot L_n katkoviivalla. Laskenta 1- rakenteen mitattu askeläänitasoluku $L'_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ 48 dB ja Laskenta 2-rakenteen $L'_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ 52 dB. | Figure 6. Comparison of calculation results and measurement results. In the figures, the calculation results are represented by a solid line and the measured impact sound levels L_n of the corresponding structure are represented by a dashed line. Measured impact sound pressure level $L'_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ 48 dB for structure 1 and $L'_{n,w} + C_{I,50\text{-}2500}$ 52 dB for structure 2.

vaikutukset voidaan arvioida joko laskennallisesti tai mittausdatan avulla [9,10]. Kansilevyn päälle asennettujen levykerrosten parannusvaikutukset yhdistetään raakavälipohjan laskennalliseen askeläänitasolukuun W. Scholl et al. mukaisesti [26, 27]. 1/3-oktaavikaistoittain lasketuista askeläänitasoista L_n voidaan määrittää yksilukuarvot $L_{n,w}$ ja $L_{n,w\ +\ CI,50\text{-}2500}$ [28]. Kuvan 6 kuvaajissa on esitetty kahden välipohjan mitatut ja laskennalliset askeläänitasot 1/3-oktaavikaistoittain.

Validoinnin perusteella raakavälipohjien laskentatulokset vastasivat mittaustuloksia hyvin koko tarkastellulla taajuusalueella. Validoinnissa havaittiin, että CLT-rakenteiden laskentatulokset olivat erittäin riippuvaisia laskennassa käytetyistä materiaaliparametrien lähtöarvoista. Kokonaisten välipohjarakenteiden validoinnissa havaittiin, että laskentamallin tulokset vastaavat mittaustuloksia parhaiten 50-1000 Hz taajuusalueella. Laskentamallin epävarmuus kasvaa rakenteen monimutkaistuessa. Materiaalien rajapinnoissa ja sisällä tapahtuvat energiahäviöt ovat kuitenkin edelleen merkittävä epävarmuustekijä. Laskentamenetelmän jatkokehityksessä tarvitaan lisää tietoa lattiapäällysteiden käyttäytymisestä puuvälipohjilla sekä tarkennetaan raakavälipohjien laskennallisen voima- ja tehosuureiden laskentaa. [10]

Laskentamallin hyödyntäminen

Suomessa puukerrostalojen välipohjat on pitkään tehty siten, että kantavaan puurakenteeseen liittyy tavalla tai toisella toteutettu kelluva lattia sekä joustavasti ripustettu alakatto [2]. Jopa aivan tuoreessakin kansainvälisessä tutkimusraportissa todetaan, että puinen välipohjarakenne ilman kelluvaa lattiaa ei voi tuottaa hyväksyttävää askeläänieneristävyyttä [29].

Tutkimuskirjallisuudesta on löydettävissä 1990-luvun loppupuolelta tutkijoiden kokeiluja, joiden tarkoituksena on ollut selvittää sitä, kuinka paljon kelluva lattia ja alakatto vaikuttavat askeläänitasoihin [30-32]. Käytännössä alakaton vaikutus askeläänieneristävyyteen todettiin suuremmaksi kuin kelluvan lattian [31]. Tutkijoiden kokeilut eivät kuitenkaan johtaneet siihen, että olisi kehitetty välipohja, jossa kelluva lattia tai alakatto olisi jäänyt pois. Kelluvan lattian ominaistaajuus toisaalta myös johtaa suuriin askeläänitasoihin pienillä, yleensä alle 100 Hz taajuuksilla [33].

Lähteessä [34] on raportoitu hanke, jossa kehitettiin puuvälipohja, joka täyttää nykyiset määräykset askeläänieneristävyydestä [3] siten, että kelluvaa lattiarakennetta ei tarvita. Välipohjan akustinen toiminta perustuu kansilevyn massaan sekä alakaton levytyksen joustavaan ripustukseen. Välipohjan rakennekerrokset määriteltiin A-Insinöörien kehittämällä parametrisella laskentamallilla, jolla voitiin myös ennustaa välipohjalla saavutettava askeläänitasoluku erittäin tarkasti.

Kehityshanke kokonaisuutena osoittaa, että puurakenteiden kehitystyössä kannattaa hyödyntää uusimpia tutkimus- ja kehityshankkeiden tuloksia. Lisäksi hankkeen tulokset osoittavat, että puuvälipohjia on mahdollista edelleen kehittää akustisesti paremmin toimiviksi ja samalla kustannustehokkaiksi. Tässä kehitystyössä parametrinen askeläänieneristävyyden laskentamalli on käyttökelpoinen ja tehokas työkalu. ■

Computational evaluation of impact insulation of wood intermediate floors

Intermediate floors are a key building component when it comes to the competitiveness of wood apartment buildings. The sound insulation of an intermediate floor is determined mainly by impact sound insulation, rather than the airborne sound insulation. The development of wood intermediate floors for apartment buildings has long been a case of trial and error based on experimentation and measurement. This is neither cost-effective nor particularly fast. The developed parametric calculation model not only provides accurate results, it can also be used to explore different structural options quickly and to optimise the structure.

Intermediate floors are subject to stiff requirements, which makes them a key building component when it comes to the competitiveness of wood apartment buildings. Requirements are set for load-bearing capacity, deflection, vibration, fire resistance, tightness, and airborne and impact sound insulation [1], among others. In practice, impact sound insulation is more important than airborne sound insulation as a the determining factor: when the intermediate floor meets the requirements for the weighted standardised impact sound pressure level $L'_{nT,w}$, the requirements for the standardised sound pressure level difference $D_{nT,w}$ that measures airborne sound insulation are usually also met [2, 3].

Impact sounds are a variety of residential sounds produced by impacts on the floor. Examples include objects falling on the floor, children playing, the moving of furniture and the sounds of footsteps. An apartment's sound insulation, of which impact sound insulation is a part, has a significant effect on living comfort and health. [4]

Wood is light compared to concrete (density about 500 kg/m^3). As a result, a panel-like wood layer's airborne sound insulation is about 15 dB weaker than that of a corresponding concrete layer. What this means for wood apartment buildings is that the sound insulation between apartments cannot be based on the mass of the wood and that the transmission of sound from one space to another through space-separating structures cannot be reduced by making the joints of these structures rigid. Furthermore, the ratio of density and stiffness for wood is such that the sound insulation of a panel-like wood product is weaker than that of a corresponding gypsum board, which has a density-to-stiffness ratio that has been optimised for sound insulation. As a result, the wood structures used in construction are layered one way or another with an air gap completely or partially filled with sound-absorbing material. In addition, panels may consist of several layers. For example, one or more layers of gypsum board are typically mounted on the surface of CLT panels. [5]

Due to the complexity of the structures, there are currently no calculation models available for calculating the impact sound insulation of wooden intermediate floors, and the assessment of impact sound insulation is largely based on information derived from experience. Calculation models have been developed for calculating the impact sound insulation of massive intermediate floors [6], but they are poorly suited for evaluating the impact sound insulation of wood intermediate floors [7]. This study aimed to develop a simple parametric computation model that can be used to quickly and cost-effectively determine the $L'_{nT,w}$ and the impact sound levels of a wood intermediate floor by frequency band.

The study was divided into two parts: the first part investigated which structural features of a wood intermediate floor affect its impact sound insulation. This section focused in particular on identifying the factors that have a significant impact and those that are of minor importance. The study is based on an extensive review of literature. The impact sound levels of 148 wood intermediate floors measured in a laboratory served as the source material [7, 8].

In the second part of the study, a parametric calculation model was developed. The model was based on the factors identified in the literature review as significantly influencing the impact sound insulation and on theoretical calculation models on impact sound insulation. The developed calculation model was validated by comparing the obtained calculation results to the measurement results [9, 10]. With the issuing of the Decree on the Acoustic Environment of Buildings [3], the range of impact sound insulation measurements has been extended from the traditional 100 Hz average frequency to a lower 50 Hz average frequency, as recent information suggests that the impact sounds occurring in this lower frequency range can have disruptive effects in some situations. The developed calculation model also works in this lower frequency range. ▶

Table 1. The most significant factors affecting the impact sound insulation of wood intermediate floors, as well as factors that were found to have no effect or a detrimental effect on impact sound insulation.

Improving factors	Detrimental or insignificant factors
+ increasing the mass of the surface structure and the suspended ceiling	- mass increases without flexible joints
+ flexible joints	- stiff joints
+ absorption material inside an intermediate floor	- overfilling of absorption material inside the intermediate floor
+ surface material of floor	- hard floor coverings

Factors affecting the impact sound insulation of a wood intermediate floor

The literature review [8] identified a number of factors affecting an intermediate floor's impact sound insulation. Table 1 shows the most significant and non-significant or detrimental factors for the impact sound insulation of a wood intermediate floor.

Increasing the mass of an intermediate floor deck and suspended ceiling improves the impact sound insulation of the intermediate floor. The lightness of structures is an advantage of wood construction over traditional massive structure solutions [11-14], so mass increments should be optimised not only in terms of impact sound insulation but also in terms of production and cost efficiency. The mass of an intermediate floor can be increased with various slab and panel structures, either in floating form or directly mounted onto the deck plate. The properties of the floating structure's mounting platform significantly influence how much the floating floor is able to improve the impact sound insulation [15, 16]. The challenge for cast surface structures is their required moisture management and drying time, which slows down production both on site and in factory conditions. Figure 1 illustrates the effect of panel and cast layers directly mounted on the intermediate floor deck on the impact sound insulation. The improvement caused by the mass increase is remarkable, especially at low frequencies.

The impact force excitation against the intermediate floor surface propagates through the structure as both framework sound and airborne sound [17-19]. As the structure borne sound propagating through structures is a particularly significant sound path, the impact sound insulation of a wood intermediate floor is largely based on the energy loss at the joints of the structural layers [12, 20, 21]. According to the literature review, the suspended ceiling's joint with the load-bearing beam and the surface slab's joint with the deck plate are the most significant joints in wood intermediate floors [8]. Figure 2 illustrates the improvements caused by different types of suspended ceilings on the beam intermediate floor. The flexible attachment of a suspended ceiling with resilient channels significantly improves its impact sound insulation compared to a suspended ceiling directly attached to the load-bearing beams. This is because the framework structure borne sound passing through the beams is effectively suppressed in the flexible joint.

The floor covering dampens the impact on the floor surface and thereby also the structure borne sound transmitted to the entire structure [22]. Improvements caused by the impact sound insulation of floor coverings are strongly dependent on the inspected frequency and on the type of intermediate floor on which the floor covering is mounted [23]. Improvements measured for floor coverings on heavy concrete slabs cannot be used directly to estimate the improvement for wood intermediate floors. There are also differences between intermediate floors with light structures. The same floor covering produces different improvements [8, 15] on a thick CLT panel than on a thin floor gypsum board. Improvements caused by commonly used floor coverings on wood intermediate floors starts at about 250 Hz [17, 24, 25]. Tampere University of Technology has studied the effect of floor coverings on impact sound insulation on both wood and concrete intermediate floors. [4, 23] Figure 3 illustrates the improvement caused by a vinyl floor covering on impact sound insulation when mounted on different wood intermediate floors. The substructure influences the improvement at frequencies above 500 Hz in particular.

Even a thin absorption material layer inside beam-based intermediate floors significantly improves impact sound insulation [8]. The absorption material has a strong dampening effect on the airborne sound propagating inside the intermediate floor and on the standing waves in the free air space. The overfilling of air space inside an intermediate floor has not been found to have a significant effect on the improvement of impact sound insulation [8, 17]. With CLT structures, the absorption material in the airspace above a suspended ceiling was also found to dampen the sound field of the airspace. Figure 4 illustrates a comparison of the effect of different absorption material thicknesses on the impact sound insulation of an intermediate floor. The largest relative improvement is achieved by applying a thin layer of absorption material to a completely empty air space.

Calculation model for impact sound insulation

There have been no validated calculation methods or software available for the design of impact sound insulation of wood intermediate floors. [8] The department of Acoustic design of A-Insinöörit has developed a method for calculating impact sound insulation that is suitable for design work and product development. The method is based on an extensive literature review of parametric impact sound insulation measurements of wood intermediate floors [8] and on research and development by the A-Insinöörit acoustical design unit. The calculation model and the results of its validation have been presented previously at the international Baltic-Nordic Acoustic Meeting 2018 conference in Iceland in spring 2018 and will also be presented at the upcoming 2019 seminar on Building Physics in Tampere [9, 10]. Validation was performed by comparing the impact sound levels L_n and impact sound level values $L_{n,w}$ and $L'_{n,w}+C_{I,50\text{-}2500}$ determined by the calculation method to the measurement results of corresponding structures. The comparison included 28 intermediate floor structures measured in the laboratory and in residential buildings. The calculation model's calculation steps are shown in the flow chart in Figure 5. In steps 1-3, the results are calculated in 1/3-octave bands in the 50-5000 Hz frequency range.

In the first step, the impact sound pressure level L_n for an unfinished intermediate floor and the improvement effect ΔL_d of the suspended ceiling are calculated. In this case, the term unfinished intermediate floor refers to either a load-bearing beam and a deck attached thereto or to a load-bearing massive wood panel, such as CLT. The second step evaluates the effect of the possible floating floor ΔL_{ff}, the panel layers above the unfinished intermediate floor ΔL_{fb} and the floor covering ΔL_{fc} on impact sound levels. Improvements can be estimated either computationally or with measurement data [10]. Improvements caused by the panel layers mounted on the deck are combined with the computed impact sound level value of the unfinished intermediate floor, as per W. Scholl et al. [26, 27]. From the impact sound pressure levels L_n, calculated in 1/3-octave bands, the single number quantities $L_{n,w}$ and $L_{n,w+CI,50\text{-}2500}$ can be determined [28]. Figure 6 illustrates the measured and calculated impact sound levels of two intermediate floors in 1/3-octave bands.

Based on the validation, the calculation results for the unfinished intermediate floors corresponded well to the measurement results across the entire frequency range studied. In the validation, it was found that the results of the calculation for CLT structures were highly dependent on the initial values of the material parameters used in the calculation. During the validation of entire intermediate floor structures, it was found that the results of the calculation model correspond best to the measurement results in the frequency range of 50-1000 Hz. The uncertainty of the calculation model increases as the structure becomes more complex. However, energy losses at the interfaces and inside of materials remain a significant factor creating uncertainty. Further development of the calculation method will require more information on the behaviour of floor coverings on wood intermediate floors as well as improved force and power calculations for unfinished intermediate floors. [10]

Using the calculation model

In Finland, the intermediate floors of wood apartment buildings have long been constructed with a floating floor attached one way or another to the load-bearing wood structure and a flexibly suspended ceiling [2]. This policy is backed by a very recent international research report, which states that without a floating floor, a wood intermediate floor structure will never have acceptable impact sound insulation [29].

The research literature describes experiments by researchers in the late 1990s where they determined the effect of floating floors and suspended ceilings on impact sound levels [30-32]. In practice, the effect of suspended ceilings on impact sound insulation was found to be greater than that of floating floors [31]. However, the experiments by the researchers did not lead to the development of an intermediate floor where the floating floor or suspended ceiling would have been left out. On the other hand, the natural frequency of a floating floor also results in high impact sound levels at low frequencies, generally below 100 Hz [33].

Source [34] cites a project that developed a wood intermediate floor that meets the current requirements for impact sound insulation [3] without the need for a floating floor structure. The acoustic performance of the intermediate floor is based on the mass of the deck plate and the flexible suspension of the suspended ceiling. The structural layers of the intermediate floor were defined by a parametric computational model developed by A-Insinöörit. The model was also able to very accurately predict the impact sound level of the intermediate floor.

The development project as a whole shows that the development of wood structures can benefit from the latest results of research and development projects. In addition, the results of the project show that it is possible to further develop wood intermediate floors for better acoustical performance and cost effectiveness. In this development work, the parametric impact sound insulation calculation model is a useful and effective tool. ■

Lähteet | Sources

1. Keronen, A. (toim.). 1998. Puukerrostalot: rakenteet, Tampereen teknillinen korkeakoulu, talonrakennustekniikan laboratorio, julkaisu 85, Tampere.
2. Kylliäinen, M. 1998. Ääneneristys. Teoksessa: Keronen A. (toim.), Puukerrostalot: rakenteet, Tampereen teknillinen korkeakoulu, talonrakennustekniikan laboratorio, julkaisu 85, Tampere, s. 59–74.
3. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen ääniympäristöstä 796 / 2017
4. Kylliäinen, M. 2019. Rating the impact sound insulation of concrete floors with single-number quantities based on a psychoacoustic experiment. Tampere, Tampere University Dissertations 93.
5. Kylliäinen, M., Latvanne, P., Kuusinen, A. & Kekki, T. 2017. Puukerrostalojen ääneneristys –asiantuntijaselvitys. Joensuu, Karelia-ammattikorkeakoulu, Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisu C44. 77 s.
6. EN ISO 12354-2:2000. Acoustics – Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements – Part 2: Impact sound insulation between rooms. Brussels, European Committee for Standardization, 33 p.
7. Latvanne, P, Kylliäinen, M. 2015. Puuvälipohjien akustiset ominaisuudet. Rakennusfysiikka 2015 –seminaari, Tampere, 20.-22.10., Tampereen teknillinen yliopisto ja Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, s. 567-571
8. Latvanne, P. 2015. Puuvälipohjien akustiset ominaisuudet ja laskentamallit. Diplomityö, Tampere, Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos, 165 s.
9. Latvanne, P., Kylliäinen, M., Kovalainen, V., Lietzén, J. 2018. An engineering method for the calculation of impact sound insulation of wooden floor constructions, BNAM 2018, Iceland Reykjavik 15-18 April 2018
10. Latvanne, P., Kylliäinen, M., Kovalainen, V., Lietzén, J. 2019. Puuvälipohjien akustiset ominaisuudet Parametrinen laskentamalli puuvälipohjien askeläänieristävyyden arviointiin. Rakennusfysiikka 2019 –seminaari, Tampere, 20.-22.10., Tampereen teknillinen yliopisto ja Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry
11. Brunskog, J. 2002. Acoustic excitation and transmission of lightweight structures. Doctoral Thesis. Sweden, LTH, Lund University, Engineering Acoustics, Report TVBA-1009.
12. Craik, R. J. M. 1998. Structure-borne sound transmission in lightweight buildings. Proceedings of ICA 1998, Seatle, USA. pp. 1387-1388.
13. Craik, R. J. M. and Galbrun, L. 2005. Vibration transmission through a frame typical of timber-framed buildings. Journal of Sound and Vibration, vol. 281(3-5), pp. 763-782.
14. Walk, M. and Keller, B. 2001. High Sound insulation wooden floor system with granular filling. Proceedings of International Congress of Acoustics 2001, Rome, Italy.
15. Warnock, A. C. C. 2000. Impact Sound Measurements on Floors Covered with Small Patches of Resilient Materials or Floating Assemblies. Canada, Institute for Research in Construction, Report IRC-IR-802
16. Zeitler, B., Sabourin, I., Schoenwald, S. and Wenzke, E. 2012. On reducing low frequency impact sound transmission in wood framed construction. Proceedings of Inter Noise, 19-22nd Aug. 2012, New York City, USA, pp. 6653-6662.
17. Warnock, A. C. C. and Birta, J.A. 2000. Detailed report for consortium on fire resistance and sound insulation of floors: Sound transmission and impact sound insulation data in 1/3 octave bands. Canada, National Research Council Canada, Institute for Research in Construction, Internal Report IR-811., 319 p.
18. Bradley, J. S. and Birta, J. A. 2001. A Simple model of the sound insulation of gypsum board on resilient supports. Noise Control Engineering Journal, vol. 49(5), pp. 216-223
19. Zeitler, B., Nightingale, T. R. T. and Schoenwald, S. 2009. Effect of floor treatments on direct impact sound pressure level. Canada, National Research Council Canada, Institute for Research in Construction, Report NRCC-53563
20. Bodlund, K. 1985. Alternative reference curves for evaluation of the impact sound insulation between dwellings. Journal of Sound and Vibration, vol. 102(3), pp. 381-402
21. Mayr, A. R. and Nightingale, T. R. T. 2007. On the mobility of joist floors and periodic rib-stiffened plates. Canada, National Research Council Canada, Institute for Research in Construction, Report NRCC-49694
22. Chung, H., Dodd, G., Emms, G., McGunnigle, K. and Schmid, G. 2006. Maximizing impact sound resistance of timber framed floor/ceiling systems, Volume 1. Australia, Forest and wood products research and development corporation, Project No. PN04.2005.
23. Lietzen, J., Miettinen, J., Kylliäinen, M. 2018. Measurements of Impact Force Excitation on Wooden Floors, Euronoise 2018, 27-31. May 2018, Heraklion, Creece
24. Forssén, J., Kropp, W., Brunskog, J., Ljunggren, S., Bard, D., Sandberg, G., Ljunggren, F., Ågren, A., Hallström, O., Dybro, H., Larsson, K., Tillberg, K., Jarnerö, K., Sjökvist, L. G., Östman, B., Hagberg, K., Bolmsvik, Å. Olsson, A., Ekstrand, C. G. and Johansson, M. 2008. Acoustics in wooden buildings, State of the art 2008. Sweden, Technical Research Institute of Sweden, Report 2008:16.
25. Hopkins, C. 2007. Sound Insulation. 1st Edition, Elsevier Ltd
26. Scholl, W., Lang, V., V. Wittstock. 2011. Rating of sound insulation at present and in future. The revision of ISO 717. Acustica united with Acta Acustica, 97, 686–698.
27. Scholl, W., Revision of ISO 717. 2011. Why not use impact sound reduction indices instead of impact sound pressure levels?, Acustica united with Acta Acustica 97, 503–508.
28. EN ISO 717-2:2013. Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 2: Impact sound insulation. Brussels, European Committee for Standardization, 2013
29. Villot, M. et al. (eds.). 2012. Net-Acoustics for timber based lightweight buildings and elements, COST Action FP0702 E-Book, Brussels.
30. Keronen, A., Kylliäinen, M. 1996. A beam-to-column frame system from LVL, Proceedings of the first workshop "Timber frame housing in Europe – Current status and development", Stuttgart, October 3-4, pp. 51–62.
31. Keronen, A. and Kylliäinen, M. 1997. Sound insulating structures of beam-to-column framed wooden apartment buildings, Tampere University of Technology, Laboratory of Structural Engineering, Publication 77, Tampere.
32. Keronen, A. and Kylliäinen, M. 1998. Structural solutions to improve sound insulation in timber frame houses, COST Action E5 workshop "Acoustic performance of medium-rise timber buildings", Dublin, December 3–4.
33. Kylliäinen, M. 2008. Askeläänieneristyksen mittausmenetelmän ongelmien tausta, Rakenteiden Mekaniikka 41(2008), s. 58–65.
34. Kylliäinen, M., Björkman, J. & Hakkarainen, J. 2015. Akustisesti toimivan kustannustehokkaan puuvälipohjan kehittäminen. Rakennusfysiikka 2015. Tampere, 20.–22.10., Tampereen teknillinen yliopisto ja Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, s. 573–578.

Tämä rakennus kasvaa takaisin

storaenso

Tänään voimme rakentaa täysin uusiutuvasta raaka-aineesta korkeampia, kestävämpiä ja kevyempiä rakennuksia kuin koskaan aikaisemmin. Käyttämällä puuta rakennusmateriaalina voimme vähentää hiilidioksidipäästöjä jopa 75 %. On aika korvata fossiiliset raaka-aineet. Tervetuloa uusiutuvien materiaalien yhtiöön.

www.storaenso.com/VahemmanCO2Paastoja

Teksti | Text: **Mika Keskisalo, Mikko Matveinen**
Kuvat | Photographs: Karelia-ammattikorkeakoulu | Karelia University of Applied Sciences / Joensuun kaupunki | City of Joensuu / A-Insinöörit Oy / Arkkitehtitoimisto Arcadia Oy

Kuva 1 Lighthouse Joensuu puukerrostalokohde työmaavaiheessa huhtikuussa 2019.
| Figure 1 The Lighthouse Joensuu apartment building site under construction in April 2019

Jälkijännitettyjen puurakenteiden painumat

Lighthouse Joensuu

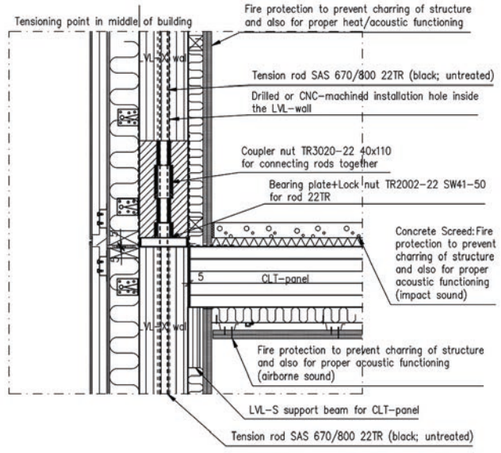
Vertical deformations in post-tensioned wood structures

Tässä artikkelissa tarkastellaan jälkijännitettynä puurakenteena toteutettua lähes 48 metriä korkeaa Lighthouse Joensuu -puukerrostaloa. Kohteen on rakennuttanut Opiskelija-asunnot Oy Joensuun Elli ja se otettiin käyttöön elokuun lopussa 2019. Artikkeli on tehty osana Ympäristöministeriön rahoittamaa Joensuu Lighthouse -puukerrostalo – tutkimus ja kehittämistoimenpiteet -projektia sekä Kohti vähähiilistä rakentamista – Joensuu Wood City -EAKR-projektia.

Euroopassa ja Suomessa jälkijännitettyjä puuseinärakenteita on toistaiseksi hyödynnetty melko vähän. Vetotankomenetelmää on hyödynnetty rakentamisessa pääsääntöisesti Pohjois-Amerikassa sekä maanjäristysherkillä alueilla, esimerkiksi Uudessa-Seelannissa. Laajamittaisemmin käytössä on ”Simpson Strong-Tie Strong Rod” -järjestelmä Pohjois-Amerikassa. Nykyisellään eurokoodeista ja kansallisista liitteistä puuttuvat suunnitteluohjeet jälkijännitettyjen seinämäisten puurakenteiden osalta.

Rakennejärjestelmän kuvaus

Lighthouse Joensuu -puukerrostalokohteessa ensimmäisen kerroksen holvi ja seinät on toteutettu teräsbetonirakenteisina, jotka on ankkuroitu teräspaaluin maaperään ja kallioon. Kerroksien 2-14 seinärakenteet, porraskäytävä ja hissikuilu on toteutettu LVL-X viilulevystä. Kerrannaisliimattujen viilupuulevyjen paksuudet vaihtelevat kerroksittain ja ovat 126 mm, 144 mm ja 162 mm. Kohteen välipohjarakenne on toteutettu pääasiallisesti CLT-laatoilla, jotka on kannateltu konsolilla seinärakenteisiin. Seinä ja lattiarakenteet on kiinnitetty teräskulmien ja itseporautuvien ruuvien avulla toisiinsa leikkausvoimien siirtämiseksi. CLT-tasorakenteen liitokset on toteutettu puolipontilla ja levysaumojen leikkausvoimia välittävät itseporautuvat ruuvit ponteissa.



Kuva 2 Detalji seinien liittymästä | Figure 2 Detail of a wall joint

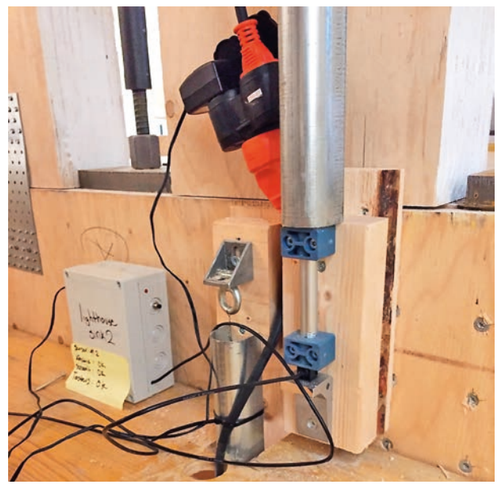
Rakennuksen kaatavat voimat on hallittu käyttämällä jälkijännitettyjä teräsjännetankoja (SAS 670/800 22TR), jotka estävät vedon syntymistä rakennuksen seinärakenteisiin sekä toimivat kaatavaa voimaa vastustavana virtuaalikuormana. Tällöin rakenne toimii pääasiassa puristettuna sekä kytkettynä rakenteena. Jännetangot ovat tartunnattomia tarkoittaen, että tangot pystyvät liikkumaan sekä elämään vapaasti niille tehdyissä rei’issä tai varauksissa. Jännetankojen vapaa liikkuminen on varmistettu testaamalla jännetankojen varaukset jo puuelementtien valmistusvaiheessa niin, että ne liikkuvat varauksessa vapaasti käsivoimin. Tällöin jännitysvoima kohdistuu seinäelementeille pääasiassa ankkurilevyjen kautta.

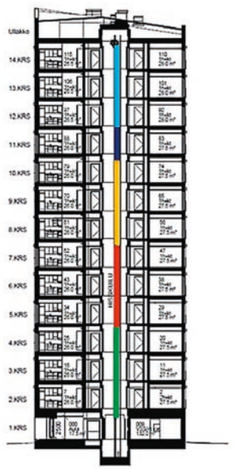
Teräsjännetangot on kiinnitetty rakennuksen 1. kerroksen teräsbetoniholviin sekä teräsbetonisiin seinärakenteisiin Peikko SUMO-seinäkengillä. Terästankoja sijoitettiin rakenteisiin seuraavasti: kerrokset 2-4 / 94 kpl, kerrokset 5-8 / 59 kpl, kerrokset 9-10 / 45 kpl, kerros 11 / 45 kpl ja kerrokset 12-14 / 34 kpl. Halutun lopputuloksen saavuttamiseksi terästangot päätettiin jälkijännittää aina kolmen kerroksen välein. Tässä tapauksessa kyseessä on ns. *”skipped floor system” -järjestelmä*, jonka erona *”continuous tie-down”* -järjestelmään on se, ettei tankoja jännitetä kerroksittain vaan jännitys tapahtuu vain halutuissa kerroksissa. Järjestelmien eroja ei kuitenkaan käsitellä tässä artikkelissa.

Painuman mittaus ja todentaminen

Joensuu Lighthouse -puukerrostalokohteessa suoritettiin mittauksia, joiden tavoitteena oli selvittää jälkijännityksen vaikutusta rakennuksen pystysuoraan painumaan. Painumamittaus suoritettiin mittatilaustyönä suunnitellun ja toteutetun mittalaitteiston avulla, joka oli asennettu rakennuksen rungon keskelle hissikuiluun. Käytännössä mittalinjat asennettiin jälkijännityssuunnitelman mukaisesti jännitettävien elementtien kohdalle (katso kuva 3). Mittaustyökaluna toimi potentiometrityyppinen siirtymäanturi. Mittaukset suoritettiin mittalinjalla kerran päivässä (klo 23.59), jolloin työmaa oli jo rauhoittunut eikä välittömistä työmaatoiminnoista tulisi tällöin aiheutumaan merkittäviä painumamuutoksia.

Mittauslinjan kohdalla sijaitsee kahdesta neljään kappaletta 22TR jännetankoja LVL-X seinäelementissä: alimmat kerrokset varausrei’issä ja ylimmät kerrokset varauskoloissa. ▶





Kuva 3 Vasemmalla puolella kuva mittalaitteistosta ja oikealla mittalinjan sijoitus hissikuilussa
| Figure 3 Picture of the measurement equipment (on the left) and the placement of the measuring lines in the elevator shaft (on the right)

Seinäelementti jännitetään kolmantena lohkona tasokohtaisen jännitystyön aikana. Kerroksissa 2-8 tankoja on 4 kpl ja kerroksesta 8 ylöspäin tankoja on 2 kpl seinälinjan molemmilla reunoilla. Tarkasteltava elementti liittyy viereisiin seinäelementteihin Rothoblaas TTN240 teräskulmalevyillä.

Mitattavalle seinälinjalle ei kohdistu merkittää omapainoa puurakenteilta vaan valtaosa pysyvistä kuormista muodostuu jännetankojen vallitsevista jännitysvoimista. Seinälinjalle kohdistuu kuitenkin muuttuvia kuormia, kuten tuuli, jotka välittyvät seinälinjalle välipohjarakenteen sekä ulko- ja väliseinien kautta. Tarkastelujakson vuoksi mittausten ulkopuolelle jäi osa myöhemmästä massan lisäyksestä aiheutuvasta painumasta seinärakenteissa. Merkittävin lisämassa kokonaisuuden kannalta aiheutui välipohjien kelluvasta maakosteasta betonivalusta (50 mm).

Tulokset

Lighthouse Joensuun tapauksessa painumiin vaikuttavat niin työtekniset, materiaalista johtuvat tekijät, kuin ulkoistenkin voimien vaikutuksesta aiheutuvat painumamuutokset. Lighthouse Joensuu -kohteessa suurimmat painumamuutokset aiheutuvat jännetankojen kiristyksestä sekä pysyvien kuormien lisääntymisestä. LVL-X seinärakenteiden kosteuselämisestä ei ole saatavilla mittaustuloksia, jolloin tieto kosteuselämisestä johtuvasta turpoamisesta ja kutistumisesta perustuu elementtien osalta ilmoitettuun kosteuspitoisuuteen, tehtaalla, työstössä sekä työmaalla. Saatujen kosteusmittaustuloksien perusteella LVL-X elementtien kosteuspitoisuuksissa ei havaittu merkittävää vaihtelua.

Painumaan vaikuttavat ilmiöt on alla olevassa listauksessa nimetty erillisillä tunnuksilla, joihin tullaan viittaamaan painumatuloksien tulkinnan yhteydessä.

Puurakennuksen painuma voidaan jakaa seuraaviin ilmiöihin puuelementtien osalta (A):

A1. Puun kosteuspitoisuuden muutoksista johtuva kutistuma sekä turpoama
A2. Kuormituksesta aiheutuva kokoonpuristuma (pysyvä: omapaino, pitkäaikainen: varastoitu kuorma, keskipitkä: hyötykuorma, hetkellinen: tuuli)
A3. Pitkäaikaisesta kuormituksesta johtuva puun viruma/hiipuma
A4. Työstöistä ja liitoksissa esiintyvistä huulloksista ja väleistä (etenkin seinäelementtien alareuna)
A5. Elementtien asettuminen yleensä asennuksen jälkeen
A6. Kuormien jakaantuminen elementissä sekä viereisille rakenteille: LVL-seinissä kuormanjakautumiskulma on n. 35 astetta ja CLT:llä n. 30 astetta

Jännetangosta johtuvat jännitysvoiman muutokset sekä painumaan vaikuttavat ilmiöt (B):

B1. Jännityksen aikaiset välittömät jännityshäviöt mm. jatkosmuhvien kierteelle asettuminen
B2. Jännetangon lämpölaajeneminen
B3. Jännetangon relaksaatio
B4. Ankkurointilevyn kiertyminen seinän yläpäässä
B5. Ankkurointilevyn painuminen seinärakenteeseen (leimapaine)
B6. Ankkurointilevyn taipuma ja siirtymät

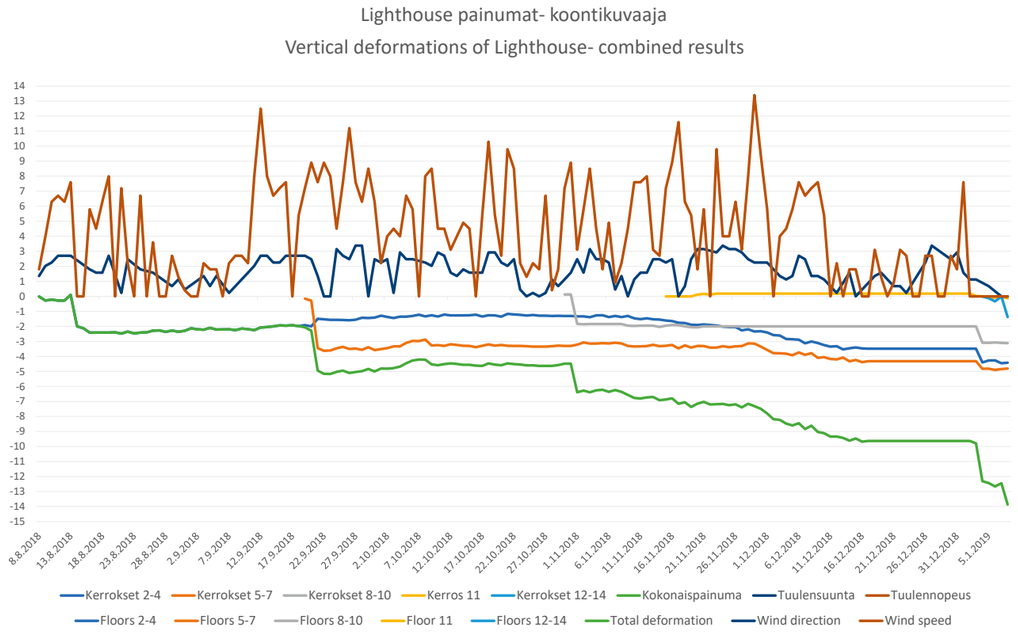
Lighthouse Joensuu -kohteessa ei ole käytössä kutistuman ja painuman kompensoivia ankkurointiosia vaan kolmen kerroksen välein jättövoimaan kiristetyt tangot voivat tällöin löystyä jännitystyön jälkeen. Tämä vaikuttaa osaltaan jännetangon jännityshäviöön sekä vallitsevaan jännitysvoimaan. Seinän alapään saama siirtymä onkin riippuvainen tällöin liitossiirtymistä, jännetangon yllämainitut ilmiöistä, seinärakenteen kutistumasta ja turpoamisesta sekä lämpöelämisestä (vetotanko ja LVL-X seinä).

Kerroskohtainen jännityksen jälkeinen painuma johtuu elementtien asettumisesta ja harjanteiden tasoittumisesta kuormituksessa. Harjanteilla tarkoitetaan työstöistä johtuvia epätasaisuuksia seinän ylä- ja alapäässä. Tämä jälkijännityksen jälkeinen painuma muuttuu myöhemmin rakennuksen hiipumaksi.

Tarkasteltaessa Lighthouse Joensuun painumatuloksia voidaan havaita (kuva 4.), kuinka rakennuksen painuma muuttuu tiettyinä tarkasteluajankohtina suhteellisen paljon. Tällöin on tapahtunut jälkijännitystyö: 13.8.2018, 20.9.2018, 31.10.2018 sekä 3.1.2019. Painumat jännitettyjen kerrosten osalta jännetangon jännitystyön jälkeisenä päivänä olivat: 1,9 mm, 2,65 mm, 1,90 mm ja 2,53 mm (keskiarvo 2,2 mm).

Tämä ei kuitenkaan kerro suoraan ajallisesti, kuinka nopeasti mitattu painuma on tapahtunut, koska mittaus tapahtui vain kerran päivässä. Tällöin voidaan olettaa vaikuttavien ilmiöiden olevan A4, A5, B1, B5 ja B6 välittömästi jännetangon jännityksen jälkeen sekä sitä seuraavana päivänä. Jännitystä seuraavan 5-7 päivän aikana painuman arvo on yleensä pienentynyt, jonka taustalla osaltaan vaikuttavat ilmiöt A6 ja B3. Kyseisen ajanjakson jälkeen painumaan vaikuttavat pääasiassa ilmiöt A1, A2, A3, B1, B2 ja B3. Hiipuman osavaikutus (A3) on havaittavissa etenkin 5.11.2018 jälkeen, jolloin kerroksien 2-4 painuma kasvaa tasaisesti. Tällöin mittauksen aloituksesta on kulunut kolme kuukautta ja ylempien kerroksien elementit on myös asennettu pois lukien kattorakenteet.

Painuma pienenee tarkastelulinjalla, kun ylempien kerroksien jännetankoja jännitetään. Tällöin lukitusmutteri nousee hieman ankkurointilevyn pinnasta ja seinärakenne pystyy palautumaan tai siirtymään juuri kyseisen lukitusmutterin ja ankkurointilevyn välisen raon verran. Järjestelmän kokonaissiirtymät myös kerääntyvät tällöin ylemmiltä kerroksilta. Samansuuntaisia tutkimustuloksia on myös saatu University of



Kuva 4 Kokoojakuvaaja painumamittausten tuloksista: miinusmerkkisellä lukemalla tarkoitetaan rakenteen kokoon painumista (painuma kasvaa) ja arvon lähestyessä nollaa tarkastelulinjalla painuma pienenee. Nolla-arvo kuvaa mittauksen alkamishetkellä olevaa referenssitasoa. Käytetty yksikkö painumille on millimetriä (mm). | Figure 4 Summary image of the vertical deformation measurement results: negative numbers indicate compression of the structure (the deformation increases), and as the value approaches zero the deformation at the inspection line reduces. Zero values represent the reference level at the initial moment the measurement was taken. The vertical deformation is measured in millimetres (mm).

Canterburyn, Aucklandin sekä Sydneyn yhteistutkimuksessa, jossa oli tarkasteltavana LVL pilari-palkkijärjestelmä sekä LVL seinäelementtejä. Jännetankojärjestelmälle näyttää olevan ominaista rakenteen palautumiskyky (self-centric) rasituksen jälkeen alkuperäiseen tilanteeseen.

Myös tuulikuormat voivat vaikuttaa painumaan, sillä rakennuksella on heikompi sekä vahvempi rakenteellinen suunta tuulta vastaan. Merkitsevää tuulen ja painuman keskinäisessä riippuvuussuhteessa ovat tuulen voimakkuus ja vallitseva suunta rakennukseen nähden (kuva 4.). Suoritettujen mittausten perusteella on kuitenkin mahdotonta arvioida tuulikuormien korrelaatiota suhteessa painumaan.

Lighthouse Joensuun kokonaispainumaksi saatiin mittausajanjaksolla (4 kk) noin 15 millimetriä, joka tarkoittaa kerroskohtaisena painumana noin 1 mm/kerros. Kohteen painumamittauksia tullaan jatkamaan rakennuksen hiipuman selvittämiseksi myös tulevaisuudessa. Lisäksi yhtenä tutkimustoimenpiteenä rakennuksen värähtelyä tullaan mittaamaan rakennukseen asennettujen kiihtyvyysantureiden avulla. Näin voidaan arvioida rakennuksen siirtymiä sekä tuulen aiheuttamaa värähtelyä. ■

Lähteet:

Coming Up with Tie-Downs Part II: ICC-ES Passes AC391 Providing Industry Guidance for Continuous Rod Tie-down System Design" by Bryan Wert, M.S., P.E., SECB
https://www.strongtie.com/resources/technical-topics/published-articles

Design Solutions for Wood-Frame Multi-Story Buildings – Resisting Uplift and Lateral Forces" by Randy Shackelford, P.E. and Steve Pryor, P.E., S.E., Simpson Strong-Tie
https://www.strongtie.com/resources/technical-topics/published-articles

FBinnovations.
https://www.fpinnovations.ca/

Ho, Tu Xuan; ym. 2016. Hybrid system of unbonded post-tensioned CLT panels and light-frame wood shear walls. Journal of Structural Engineering.
https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/53691

Leivo, Virpi. 2015. Puukerrostalon painuman arviointi. Rakennustekniikan laitos
Tutkimusselostus nro trt/2361/2015. Tampere.
https://www.hankeportaali.fi/assets/files/uploads/file-108.pdf

PresLam post-tensioned timber system, Canterbury.
http://pres-lam.com

Simpson Strong-Rod™ Systems.
https://www.strongtie.com/strongrodsystems_lateralsystems/landing

Yeoh, David; ym. 2012. Long-term performance of post-tensioned LVL frames and walls, Report no: STIC- 2012-XX. University of Canterbury
https://core.ac.uk/download/pdf/35472055.pdf

This article covers the nearly 48 metre tall Lighthouse Joensuu apartment building, which was built using post-tensioned wood structures. Commissioned by Opiskelija-asunnot Oy Joensuun Elli, the building was taken into use at the end of August 2019 This article was written as part of the Joensuu Lighthouse apartment building R&D project funded by the Finnish Ministry of the Environment and as part of the Towards Low Carbon Construction project of the Joensuu Wood City European Regional Development Fund (ERDF).

Post-tensioned wood wall structures have seldom been used in Europe and Finland. Continuous rod methods have mostly been leveraged in North America and in regions subject to earthquakes such as New Zealand, the most widely used approach being the North American "Simpson Strong-Tie Strong Rod" system. The Eurocodes and supplemental national appendices currently lack design guidelines for post-tensioned wall-like wood structures.

Description of the structure system

The vaulted ceiling and walls of the ground floor of the Lighthouse Joensuu apartment building site were built using reinforced concrete structures, which are anchored with steel pilings into the ground and rock. The wall structures on floors 1 through 13, the stairwell, and the elevator shaft were built using laminated veneer lumber (LVL) X sheets. The thickness of the LVL sheets varies by storey, ranging from 126 mm to 144 mm and 162 mm. The intermediate floors were constructed mostly from CLT panels, which are supported by brackets attached to the wall structures. The wall and floor structures are fastened to each other with steel angles and self-drilling screws to transfer the shear force. The joints of the CLT level structure use half-lapped joints. Self-tapping screws in the joint disseminate the shear force in the half-lap joint.

The forces destabilising the building are managed by using post-tensioned steel tension rods (SAS 670/800 22TR) that prevent tension from developing in the building's wall structures and act as a virtual load counteracting the destabilising forces. In this case, the structure acts mostly as a compressed and connected structure. The tension rods are unbonded, which means that the rods can move freely in the holes or grooves made for them. The free movement of the tension rods is tested during the manufacture of the wood elements by checking that the tension rods can be moved freely in the clearances by hand. This means that any tension forces act on the wall elements primarily through the anchor plates.

The steel tension rods are attached to the reinforced concrete ceiling vault and wall structures on the building's ground floor with Peikko SUMO wall shoes. The steel rods were placed in the structures as follows: storeys 1 to 3 / 94 rods, storeys 4 to 7 / 59 rods, storeys 8 to 9 / 45 rods, storey 10 / 45 rods and storeys 11 to 13 / 34 rods. To achieve the desired result, the decision was taken to post-tension the steel rods every three storeys. This approach is the so-called *"skipped floor system"*, which differs from the *"continuous tie-down"* system in that the rods are not tensioned by storey rather only on the desired storeys. Other differences in the systems are outside the scope of this article.

Measuring and verifying vertical deformations

Measurements were taken on site at the Joensuu Lighthouse apartment building with the aim of determining the effect of post-tensioning on the vertical deformation of the building. The deformation measurement was conducted with measuring equipment custom designed and made, which was then installed in the elevator shaft in the centre of the building core. In practice, the measuring lines were installed where the elements are under tension according to the post-tensioning plan (see figure 3). A potentiometer-style displacement sensor served as a measurement tool. To avoid any significant deformation changes caused by work site operations, the measurements were taken at the measurement lines once a day (at 11.59 pm) when the work site was quiet.

Between two and four 22TR tension rods are placed in the LVL X wall element at the measuring line: there are holes in place for the rods in the lower storeys and grooves for those in the upper storeys. The wall elements are tensioned in blocks of three during the storey-specific tensioning work. There are four rods on storeys 1-7 and 2 rods on both edges of the wall lines above floor 7. The inspected elements are attached to the adjoining wall elements with Rothoblaas TTN240 steel angle brackets.

The weight of the wood structure itself has no significant effect on the measured wall line. Rather, most of the permanent load comes from the tension force in the tension rods. However, the wall lines are subject to variable live loads, such as wind, which are transmitted to the wall lines through the intermediate floor structures and external and partitioning walls. Due to the inspection intervals, part of the deformation in the wall structures caused by the later added building mass was not included in the measurements. The most significant additional mass was caused by the floating wet concrete screed for the intermediate floors (50 mm).

Results

In the Joensuu Lighthouse case, the vertical deformation was affected by the technical approach and the materials as well as the deformation changes caused by external forces. The post-tensioning of the rods and the additions to the permanent load had the largest deformation effect at the Joensuu Lighthouse. There are no measurement results available for the moisture expansion and shrinkage of LVL X wall structures. The data on the swelling and shrinkage is based on the reported moisture content of the elements at the factory, during machining, and at the work site. No significant variation in the moisture content of the LVL X elements was detected in the moisture measurement results.

In the list below, the various phenomena affecting deformation are labelled with individual identifiers. These same identifiers are used in the interpretations of the vertical deformation results.

The vertical deformations in a wood building can be allocated to the following phenomena for wood elements (A):

A1. Shrinkage and swelling due to changes in the moisture content of wood
A2. Compression creep from the loads (permanent: self-weight, long-term: the stored load, medium-term: live load (occupants), short-term: wind)
A3. Wood creep from long-term load
A4. Machining effects and lips and gaps appearing on joints (particularly in the lower edge of wall elements)
A5. General settling of elements after installation
A6. Distribution of loads in the elements and to adjacent structures: The load distribution angle is about 35 degrees in LVL walls and about 30 degrees in CLT elements

Tension rod induced changes in tension force and other phenomena affecting deformation (B):

B1. Immediate tension losses during tensioning, including the settling of sleeve joint threads
B2. Tension rod thermal expansion
B3. Tension rod relaxation
B4. Anchor plate rotation at the top of the wall
B5. Anchor plate settling into the wall structure (stamp pressure)
B6. Anchor plate deflection and displacement

There are no anchoring components in the Joensuu Lighthouse to compensate for shrinkage and deformations. This means that the rods, tensioned to their designed tension force every three storeys, may eventually loosen. This has some effect on each rod's tension loss and on the prevailing tension force. This also means that the transfer to the lower part of the wall is dependent on joint transfer, the tension rod phenomena mentioned above as well as shrinkage and swelling due to moisture (wall structure) and heat (tension bar and LVL X wall).

Storey-specific post-tension deformations from the gradual settling of the installed elements and the levelling of ridges under load. The term ridge refers here to the unevenness on the tops and bottoms of walls that has been caused by machining. The post-tensioning vertical deformation eventually evolves into building creep.

Looking at the Joensuu Lighthouse deformation results, it is apparent (figure 4) that the building vertical deformation changed quite a bit at certain times. This is due to post-tensioning of rods, which occurred on August 13, 2018, September 20, 2018, October 31, 2018 and January 3, 2019. On the day immediately following the tensioning of rods, the deformation amounts of the storeys under tension were: 1.9 mm, 2.65 mm, 1.90 mm and 2.53 mm (average value 2.2 mm).

However, this does not directly indicate the timeline of how quickly the measured deformation has occurred because the measurement is only taken once a day. In this case, it can be assumed that phenomena A4, A5, B1, B5 and B6 are the ones in effect immediately after the tensioning of the tension rod and on the following day. The deformation value in the 5-7 days following the tensioning has generally declined, somewhat due to phenomena A6 and B3. Afterwards, the vertical deformation is mostly caused by phenomena A1, A2, A3, B1, B2, and B3. The partial effect of creep (A3) can be observed after November 5, 2018 when the vertical deformation in storeys 1-3 grew evenly. At this time, three (3) months had passed since the start of measurement, and the elements of the higher floors had also been installed, the roof structures notwithstanding.

The deformation decreased at the inspection lines when the tension work was done for the tension rods on the higher storeys. This is because the locking nut rises slightly from the anchor plate surface during tensioning. The resultant gap between the locking nut and anchor plate gives the wall structure room to recover or shift. This also means that the total shift of the system accumulates from the upper storeys. The University of Canterbury has also reached similar research results in a joint research project with Auckland and Sydney where an LVL post-and-beam system and LVL wall elements were investigated. It seems that the tension rod system is characterised by structural recoverability *(self-centric)* to the original condition after stress.

Wind load can also affect the deformation because the building has a structurally weaker and stronger side against the wind. The strength of the wind and the prevailing direction of the wind in relation to the building (figure 4) are significant factors in how much wind affects deformation. However, the correlation of the wind load to the vertical deformations cannot be evaluated on the basis of the measurements taken.

The total deformation of the Joensuu Lighthouse detected during the measurement period (4 months) was about 15 millimetres, which means a storey-specific deformation of about 1 mm/storey. Deformation measurements at the site will continue in future to detect building creep. In addition, acceleration sensors installed in the building will be used to measure vibration. This is to evaluate shifts in the building and vibrations caused by the wind. ■

Sources

Coming Up with Tie-Downs Part II: ICC-ES Passes AC391 Providing Industry Guidance for Continuous Rod Tie-down System Design" by Bryan Wert, M.S., P.E., SECB
https://www.strongtie.com/resources/technical-topics/published-articles

Design Solutions for Wood-Frame Multi-Story Buildings – Resisting Uplift and Lateral Forces" by Randy Shackelford, P.E. and Steve Pryor, P.E., S.E., Simpson Strong-Tie
https://www.strongtie.com/resources/technical-topics/published-articles

FBinnovations. *https://www.fpinnovations.ca/*

Ho, Tu Xuan; et al. 2016. Hybrid system of unbonded post-tensioned CLT panels and light-frame wood shear walls. Journal of Structural Engineering.
https://www.fs.usda.gov/treesearch/pubs/53691

Leivo, Virpi. 2015. Puukerrostalon painuman arviointi. (Assessing wood apartment building sag) Rakennustekniikan laitos. Tutkimusselostus nro trt/2361/2015. Tampere. *https://www.hankeportaali.fi/assets/files/uploads/file-108.pdf*

PresLam post-tensioned timber system, Canterbury. *http://pres-lam.com*

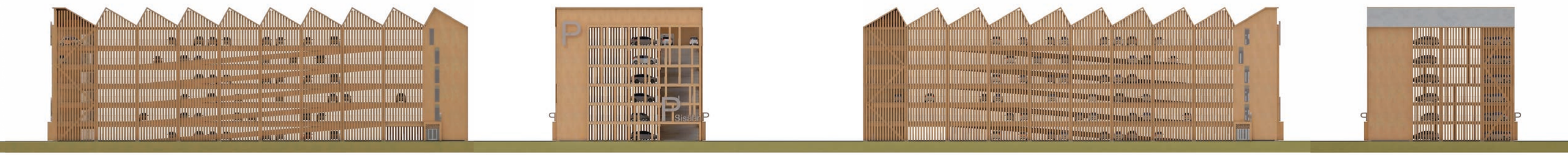
Simpson Strong-Rod™ Systems.
https://www.strongtie.com/strongrodsystems_lateralsystems/landing

Yeoh, David; et al. 2012. Long-term performance of post-tensioned LVL frames and walls, Report no: STIC- 2012-XX. University of Canterbury
https://core.ac.uk/download/pdf/35472055.pdf

Teksti | Text: **Mikko Viljakainen**
Kuvat | Photographs: **Mikko Viljakainen**

Puinen pysäköintitalo
A car park made of wood

Uusien asuinalueiden pysäköintipaikat sijoitetaan nykyisin yhä useammin alueelle rakennettavaan pysäköintitaloon. Tämä on herättänyt mielenkiintoa siihen, voisiko myös pysäköintitalot rakentaa puusta. Suunnittelimme ruotsalaisen esikuvan mukaisen pysäköintitalon herättämään keskustelua aiheesta.



Havainnekuva | Illustration

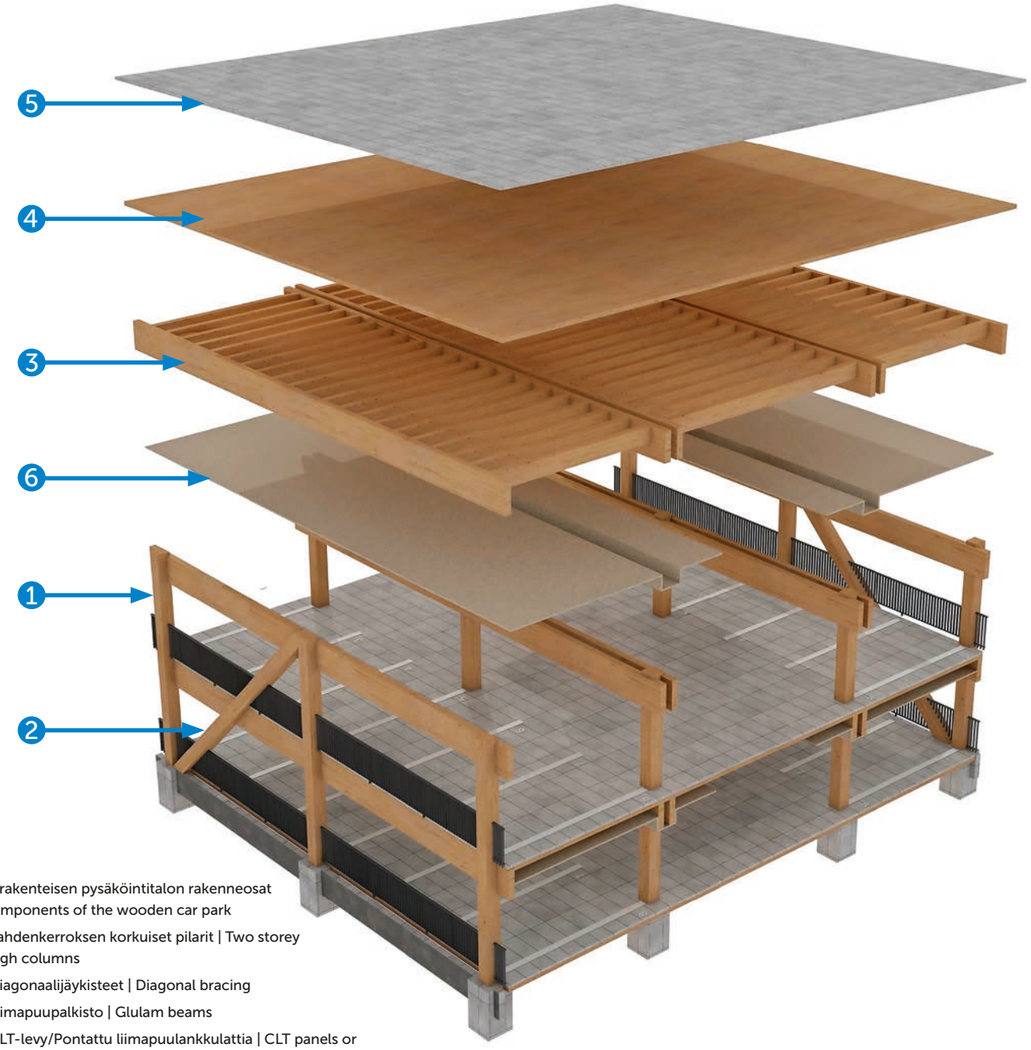
Lähin esimerkki puurakenteisesta pysäköintitalosta löytyy Ruotsin Skellefteåsta. Pysäköintitalo on neljäkerroksinen ja kokonaan puurakenteinen. Talossa ei ole automaattista sammutusjärjestelmää. Puurakenteet ovat pääosin näkyvissä. Vain autopaikkojen yllä puinen välipohjapalkisto on suojattu palosuojalevyillä. Julkisivuratkaisuna on harva puuritilä. Myös poistumistieportaat ovat puurakenteiset.

Pysäköintitalon paloturvallisuus perustuu siihen, että mahdollinen palo ei pääse aiheuttamaan tilassa niin sanottua lieskahdusta. Harva julkisivuritilä estää savukaasujen kertymisen, jolloin palo pysyy pistemäisenä. Katossa oleva suojaverhous estää palon leviämisen rakenteeseen. Raskaille kuormille mitoitetuissa puurakenteissa on runsaasti hiiltymävaraa palotilannetta ajatellen.

SUUNNITTELIMME ruotsalaisen esimerkin periaatteiden mukaisesti kotimaisen version puurakenteisesta modulaarisesta pysäköintitalosta. Modulaarisuuden vuoksi sen laajuutta ja kerroslukua voidaan varioida ▶

Ruotsin Skellefteån pysäköintitalo. | The car park in Skellefteå, Sweden.

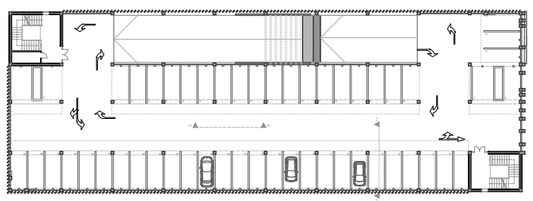
Leikkaus. Liimapuurakenteisen pysäköintitalon paloturvallisuus perustuu siihen, että mahdollinen palo ei pääse aiheuttamaan tilassa niin sanottua lieskahdusta. Harva julkisivuritilä estää savukaasujen kertymisen, jolloin palo pysyy pistemäisenä. Katossa oleva suojaverhous estää palon leviämisen rakenteeseen.
| Cross-section. The fire safety of the glulam building is based on the prevention of flashovers. The facade lattice is sparse to prevent the accumulation of flue gases, thus retaining an eventual fire at individual points. The roof cladding prevents the fire from spreading to the structure.

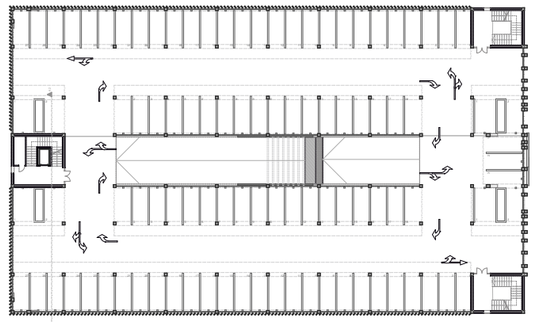


Puurakenteisen pysäköintitalon rakenneosat | Components of the wooden car park

1. Kahdenkerroksen korkuiset pilarit | Two storey high columns
2. Diagonaalijäykisteet | Diagonal bracing
3. Liimapuupalkisto | Glulam beams
4. CLT-levy/Pontattu liimapuulankkulattia | CLT panels or tongue and groove glulam elements
5. Kulutuskerros (betoni) | Wear surface (concrete)
6. Palkiston palosuojalevyt | Fire protection boards for beams

Pohjapiirustus. Modulaarisen pysäköintitalon kokoa voidaan muunnella. | Floor plan. The modular design means the building can be resized according to parking space demands.





autopaikkatarpeen mukaan. Mekaanisten liitosten vuoksi talo voidaan tarvittaessa purkaa ja siirtää toisaalle.

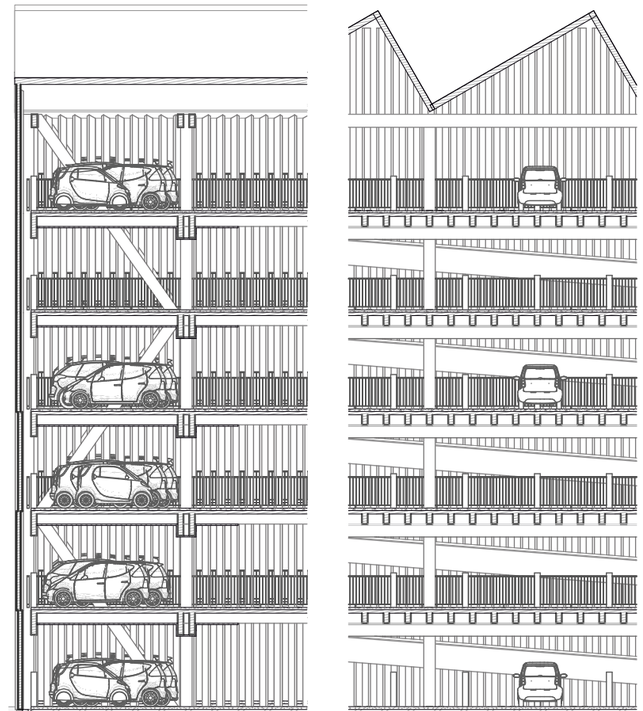
Pysäköintitalo on kuusikerroksinen. Rakennuksen runko on liimapuuta. Pilarit ovat kahden kerroksen korkuiset ja ne on jäykistetty diagonaalisauvoilla. Välipohjarakenne koostuu pääkannattajien varaan ripustetusta ripalaatasta, jonka kansi ja palkit ovat liimapuuta. Kannen päälle on valettu 80 mm kerros betonia liikenteen, erityisesti talvirenkaiden, kulutuskerrokseksi. Julkisivurakenne on toteutettu liimapuusauvoista. Periaatteessa julkisivurakenne voidaan muotoilla hyvinkin vapaasti, kunhan se on riittävän avoin eikä estä mahdollisten savukaasujen tuulettumista tilasta.

PYSÄKÖINTITALON TOTEUTTAMINEN Suomessa edellyttäisi paloturvallisuusratkaisujen turvallisuuden osoittamista tapauskohtaisella toiminnallisella palomitoituksella. Nykyinen taulukkomitoitus ei tähän taipuisi.

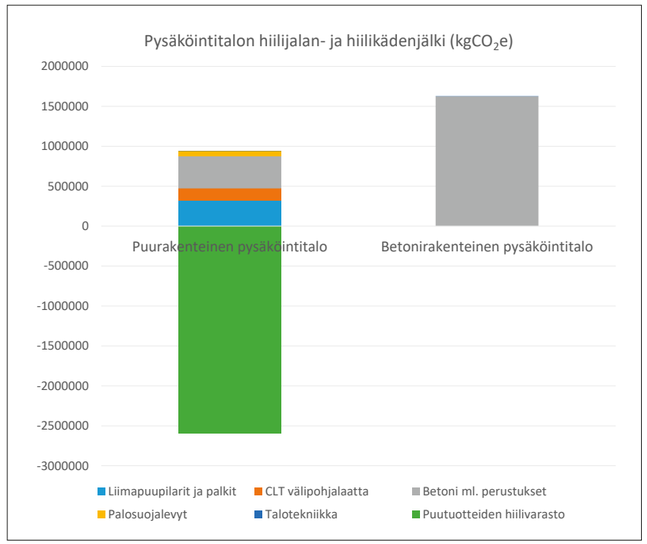
Pysäköintitalo on nollaenergiatalo. Rakennuksen valaistuksen, latauspistokkeiden ja porrashuoneiden ilmanvaihdon tarvitsema energia tuotetaan katolle sijoitetuilla aurinkopaneeleilla.

Rakennuksen pienemmän version rakentamiseen tarvittaisiin noin 3600 kuutiometriä ja laajempaan versioon noin 5000 kuutiometriä liimapuuta.

Hiilijalanjälkivertailu on toteutettu Ympäristöministeriön hiilijalanjäljen laskurilla. ■



Leikkausote | Section



Kaavio 1. Liimapuu- ja betonirakenteisen pysäköintitalon hiilijalan- ja hiilikädenjäljen vertailu. Laskelma on tehty Ympäristöministeriön hiilijalanjäljen laskurilla. | Figure 1. Comparison of the carbon footprints and handprints of a glulam car park vs. a concrete car park. The comparison uses the Ministry of the Environment's carbon footprint calculator.

In new residential areas, the issue of parking space is increasingly often solved by constructing a dedicated car park. This has raised interest in finding out whether such buildings could be built from wood. To further discussion on the topic, we followed the example of a Swedish multi-storey car park project and designed one of our own.

To find a wooden car park, one needs to look no further than Skellefteå, Sweden. The building comprises four storeys and is made entirely out of wood. It does not have an automatic fire extinguishing system. The wooden structures are mostly in plain sight, the only exception being the intermediate floor beams above the parking spaces, which have been covered with fire protection panels for safety reasons. A sparse wood lattice covers the facade. The exit stairs are also made of wood.

The building's fire safety is based on the prevention of flashovers. The facade lattice is sparse to prevent the accumulation of flue gases, thus retaining an eventual fire at individual points. The roof cladding prevents the fire from spreading to the structure. Heavy load-bearing timber structures improve fire resistance due to their high capacity for carbonaceous char.

USING THE PRINCIPLES of the Swedish example, we designed a Finnish version of a wooden multi-storey car park with a modular structure. Thanks to the modular design, the building's size and the number of floors can be customised according to the need for parking space. Mechanical joints mean that the building can be dismantled and relocated, if needed.

The car park has six floors. The frame is glulam with pillars two storeys high, stiffened by diagonal rods. The intermediate floor structure consists of a suspended Ripa slab with a glulam deck and beams. An 80 mm layer of concrete is cast on the deck as a wear layer for traffic and studded winter tyres in particular. The facade is made of glulam rods. In principle, the facade can be shaped with a relatively free hand as long as the end result is sufficiently open to allow eventual flue gases to exit the structure.

TO CONSTRUCT such parking buildings in Finland, the efficacy of the fire safety solutions would need to be demonstrated through case-specific functional fire design. The current dimensioning tables are not equipped to handle these types of projects.

The car park is a zero energy house. The energy needed for the building's lighting, charging plugs and staircase ventilation is provided by the solar panels on the roof.

Construction material consumption is about 3600 cubic metres of glulam for the building's smaller version and about 5000 cubic metres for the larger.

The carbon footprint comparison uses the Ministry of the Environment's carbon footprint calculator. ■

Honkatalot™

ARKKITEHTISUUNNITTELU: JANNE KANTEE
VALOKUVA: MARKO KALLIO, SKYFOX

DESIGN-RAKENTAMISEN EDELLÄKÄVIJÄ

WWW.HONKATALOT.FI

Teksti | Text: **Mikko Viljakainen, Tero Lahtela**
Kuvat | Photographs: **Mikko Viljakainen**

Hiilijalanjäljen laskenta – rakentamistapojen vertailu

Carbon footprint calculation – a comparison of construction methods

Ympäristöministeriö valmistelee parhaillaan säädöspohjaa hiilijalanjäljen huomioon ottamiseksi rakentamisen ohjaamisessa. Selvitimme lausunnolla olleen hiilijalanjäljen laskentatyökalun käytettävyyttä sekä sitä, miten materiaalivalinnat vaikuttavat hiilijalanjälkeen.

Vertailtavaksi kohteeksi valittiin viisikerroksinen asuinkerrostalo, joka on liikenteelliseltä ratkaisultaan pistetalo. Talossa on 27 asuntoa. Suunnittelun lähtökohtana oli modulaarinen tilaelementtijärjestelmä. Vaihtoehtoina tutkittiin betoni-, puuranka-, massiivipuu- ja hybridirakenteita.

Rakenneratkaisuja pyrittiin soveltamaan kunkin rakentamistavan yleisen käytännön mukaisesti. Talossa ei otettu kantaa rakennusosien esivalmistusasteeseen. Valinnoilla pyrittiin hyvään vertailtavuuteen ja siihen, että tulokset myös olisivat yleistettävissä.

Kohteeseen tehtiin määrälaskenta rakennusosapohjaisesti. Siinä otettiin huomioon kunkin rakennustavan erityispiirteet. Esimerkiksi betonitalossa huoneistojen sisäiset seinät oletettiin ei-kantaviksi, koska ontelolaattavälipohjilla saavutettavat jännemitat eivät edellytä niiden olevan kantavia kuten puuranka- ja CLT-rakenteisissa taloissa. Eroja syntyi myös perustusratkaisuissa. Talotekniikan osalla eri vaihtoehtoihin sovellettiin periaatteiltaan yhdenmukaisia ratkaisuja.

Elinkaaren aikaisen energian kulutuksen selvittämisessä hyödynnettiin useita eri laskentamalleja ja referenssitietoa. Laskennan rakennukset kuuluvat A-energialuokkaan (kulutus enintään 75 kWh/m²/vuosi). Laskelmat tehtiin sekä kaukolämpöön että bioenergiaan perustuvalla lämmityksellä.

Hiilijalanjäljen laskenta perustui ympäristöministeriön lausunnolla olleeseen kansalliseen hiilijalanjäljen laskentamenetelmään ja sen taustatietoihin. Kunkin rakennuksen tiedot syötettiin laskuriin erikseen.

Laskennan tulokset vedettiin yhteen erillisen yhteenvetotaulukon avulla. Vertailun perusskenaariona pidettiin kaukolämpöön kytkettyä betonirakenteista kerrostaloa (BES), jonka voitaneen katsoa vastaavan nykyistä asuntotuotantoa. Ympäristöministeriön laskuri olettaa asuinrakennuksen käyttöiäksi 75 vuotta ja muille rakennuksille 50 vuotta.

Havainnekuva. Vertailtava kohde on tyypillinen viisikerroksinen pistetalo, jossa on 27 asuntoa. | Illustrations. The property compared is a typical five-storey building with double-loaded single corridor access and 27 apartments.

TULOKSET

Koko elinkaaren päästöt

Rakentamisen ylivoimaisesti suurimman hiilijalanjäljen aiheuttaa edelleen lämmitysenergian tuotanto. Suoraviivaisin tapa vähentää rakentamisen aiheuttamia päästöjä olisi vähentää energiantuotannon päästöjä. Se myös vaikuttaisi koko rakennuskannan tasolla. Uudisrakennusten energiatehokkuuden parantaminen vaikuttaa vain pieneen osaan rakennuskantaa ja on hidas tapa alentaa koko rakennuskannan päästöjä.

On ristiriitaista, että uudisrakennusten energiatehokkuuteen kiinnitetään niin paljon huomiota ilmastoperustein, kun samaan aikaan esimerkiksi Helsinki tuottaa valtaosan koko rakennuskannan tarvitsemasta energiasta ja kaukolämmöstä hiilivoimalla. Kiinteistönpidon kannalta energiatehokkuus on tietysti hyvästä.

Rakennusmateriaalivalintojen merkitys korostuu koko elinkaaren aikaisessa tarkastelussa vasta, kun käytön aikaiset päästöt saadaan riittävän alas.

Pohjapiirustus - vertaillun talon tyypillinen kerros

Huoneistoalan suhde rakennusoikeuteen	0,80
Huoneistoalan suhde kokonaisalaan	0,63

Kohteen huoneistojakauma on seuraava:

H + K	35,4 hum²	9 kpl
2 H + K	52,8 hum²	5 kpl
2 - 3 H + K	53,9 hum²	9 kpl
3 - 4 H + K	71,5 hum²	4 kpl

Floor plan – a typical floor of the compared building

Residential ratio to the building volume	0.80
Residential ratio to the total area	0.63

The breakdown of the apartment types is as follows:

1 room + kitchen	35.4 m²	9 units
2 rooms + kitchen	52.8 m²	5 units
2-3 rooms + kitchen	53.9 m²	9 units
3-4 rooms + kitchen	71.5 m²	4 units

Päästöt ennen käyttöä

Merkittävimmät ennen käyttöä aiheutuvat päästöt syntyvät rakennuksen kantavien rakenteiden ja vaipan rakenteiden materiaalivalinnoista. Vertailulaskelmissa kannattaisi keskittyä niihin. Etenkin varhaisissa suunnitteluvaiheissa laskentamenettelyä kannattaisi edelleen yksinkertaistaa keskittyen vain niihin rakennusosiin, joilla on kokonaisuuden kannalta suurin merkitys ja joihin voidaan aidosti suunnitteluvalinnoilla vaikuttaa.

Sen sijaan esimerkiksi taloteknisten ratkaisujen vaikutus päästöihin on tämän laskennan perusteella melko pieni. Niiden välille ei käytännössä juurikaan synny eroja, koska ne toteutetaan usein samoin periaattein riippumatta siitä, mistä materiaalista talon rakenteet on tehty. Niille ei myöskään usein ole vaihtoehtoa. Ilmanvaihdossa tarvitaan metallikanavia, sähkönsiirrossa kuparijohtoja jne. Talotekniikan osalta hiilijalanjäljen laskentamenettely varsinkin varhaisissa suunnitteluvaiheissa voisi perustua esimerkiksi talotyyppikohtaisiin valmiisiin taulukkoarvoihin tai sen voisi jopa rajata tarkastelusta pois.

Rakennusmateriaalit

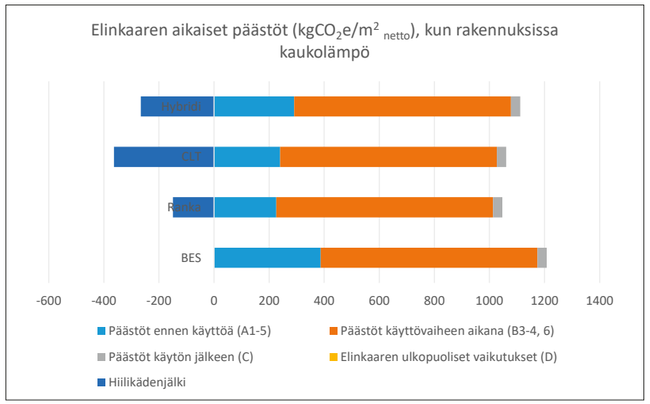
Materiaalien osalla huomattavin päästölähde on betoni. Myös puurakenteisissa taloissa betonin osuus hiilidioksidipäästöistä on merkittävä. Niissä betonia tarvitaan luonnollisesti perustuksissa, mutta usein myös askeläänieristeenä välipohjissa.

Porrashuone | Staircase

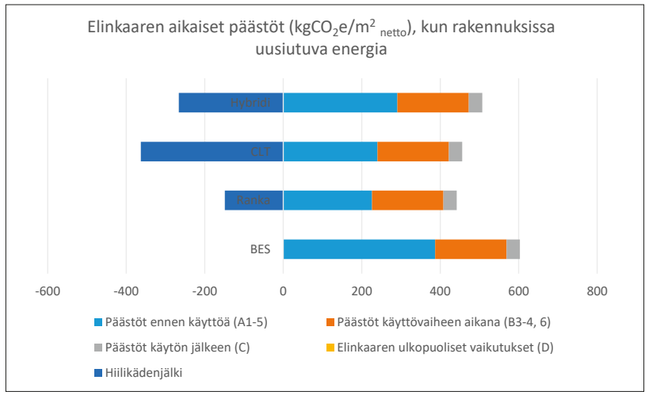
Betonin haasteena on, että vaikka sen tarvitsema sementti tuotettaisiin täysin päästöttömällä energialla, itse sementin valmistuksen kemiallisesta reaktiosta aiheutuu hiilidioksidipäästöjä. Käytännössä siis pitäisi keksiä ja kehittää täysin uudenlainen sementti, jonka valmistus ei aiheuta päästöjä. Lisäksi betonirakenteiden päästöjä korostaa materiaalin paino. Vaikka betonin päästöt kilogrammaa kohden ovat kohtuulliset, rakenteen tasolla päästöt kasvavat, koska betonirakenteista tulee painavia. Paino lisää myös kuljetuksen aiheuttamia päästöjä. Toisaalta betonin suuri massa saa rakenteissa aikaan paljon myönteisiä ominaisuuksia muun muassa ääneneristyksessä.

Puurakenteisten talojen päästöistä suuri osa muodostuu kipsilevyjen käytöstä. Niitä tarvitaan rakenteissa paloteknisinä suojaverhouksina ja ääneneristyksen vuoksi. Erilaisten kipsilevyjen hiilijalanjäljessä vaikuttaisi olevan suuria eroja.

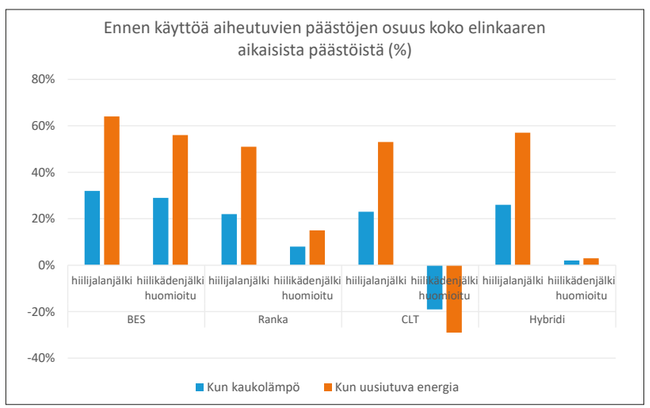
Puurakenteissa merkittävässä roolissa on puun sisältämä biogeeninen hiili. Mikäli ▶



Kaavio 1. Vertailutalojen elinkaaren aikaiset päästöt, kun rakennuksissa on kaukolämpö. | Figure 1. Life cycle emissions of the comparison buildings when district heating is used.



Kaavio 2. Vertailutalojen elinkaaren aikaiset päästöt, kun rakennuksissa on uusiutuvaan energiaan perustuva lämmitys. | Figure 2. Life cycle emissions of the comparison buildings when renewable energy is used for heating.



Kaavio 3. Ennen käyttöä aiheutuvien päästöjen osuus koko elinkaaresta, kun lämmitysmuoto on kaukolämpö tai uusiutuva energia (%). | Figure 3. Percentage of pre-use emissions of the whole lifecycle when district heating or renewable energy (%) is used.

tämä hiilikädenjälki laskettaisiin mukaan, puutalot ovat vertailussa ylivoimaiset. CLT-rakenteisen talon biogeenisen hiilen varasto on niin paljon rakentamisen aiheuttamia päästöjä suurempi, että rakennus on hiilineutraali vielä 12,7 vuoden lämmityksen jälkeen, jos lämmitys perustuu kaukolämpöön, ja 55 vuoden jälkeen, jos lämmitys tehdään uusiutuvilla energiamuodoilla. Tähän asti rakennus on hiilinegatiivinen.

Myös hybriditalo pärjää vertailussa hyvin. Myös siinä puun biogeeninen hiilivarasto on merkittävä massiivipuulevyjen ansiosta. Siitä johtuen hybriditalon rakentaminen on käytännössä hiilineutraalia. Hybriditalon suurimmat päästöt aiheuttaa rakenteissa oleva teräs. Toisaalta, ympäristöministeriön laskurissa ei vielä laskentahetkellä ollut mukana betonin ja teräksen hiilikädenjälkitietoa. Niiden mukaan tuominen parantanee edelleen hybridirakenteisen talon asemaa vertailussa.

Hiilijalanjäljen laskentatyökalu

Jotta hiilijalanjäljen laskennasta tulee tulevaisuudessa merkittävä suunnittelua ja rakennevalintoja ohjaava tekijä, sen tulee olla keskeinen osa normaalia suunnittelijan rutiinia jo hankkeen varhaisissa suunnitteluvaiheissa. Menetelmät eivät saa olla liian monimutkaisia eivätkä aikaa vieviä. Ympäristöministeriön julkaisema hiilijalanjäljen laskentatyökalu toimi hyvin. Se on yksinkertainen ja selkeä työkalu.

Laskentatiedon siirtäminen laskuriin osoittautui työmäärältään suurehkoksi, mutta mekaaniseksi työksi. Suurin työ oli määrälaskenta, jossa työtä puolestaan aiheutti materiaalien painotietojen hakeminen.

Useista tuotteista painotietojen saaminen on erittäin hankalaa. Vain harvassa tuotteessa painotieto löytyy ympäristöselosteessa. Osassa tuotteista se on saatavissa suoristustasoilmoituksesta. Osassa se on kysyttävä valmistajalta. On erittäin hyvä, että laskuriin on koottu valmiiksi suuri määrä hiilijalanjälkitietoa. Ilman tätä hiilijalanjälkivertailujen tekeminen olisi huomattavasti työläämpää.

Laskurissa olevat materiaalitiedot kattavat rakennuksen hiilijalanjäljen laskennassa tarvittavat materiaalit ja tuotteet hyvin. Materiaalitiedot eivät sisällä kaikkia rakennuksien osia, mutta näiden vaikutus kokonaisuuteen on pieni.

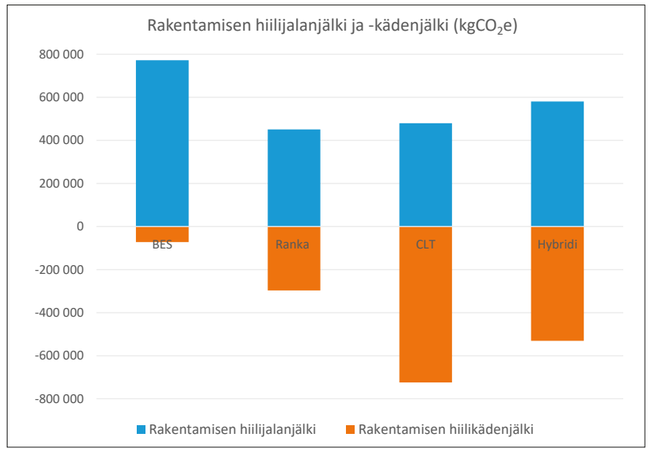
Laskuriin ei ole mahdollista lisätä materiaaleja ja tuotteita. Mahdollisuus parantaisi laskennan kattavuutta tilanteissa, jos jokin tuote tai materiaali puuttuu laskurista. Lisäksi se täsmentäisi laskentaa niissä tilanteissa, joissa käytettävästä tuotteesta on saatavissa laskuria tarkempaa tietoa. Toisaalta laskennan vakio-oletukset voivat parantaa laskennan luotettavuutta ja myös vertailtavuutta vähentämällä arvojen manipuloinnin mahdollisuutta.

Laskurissa käytettyjä mittayksiköitä voisi muuttaa vastaamaan niitä laskennallisia yksiköitä, joita kohteen määristä ensisijaisesti lasketaan. Esim. johdot ja putket on helpointa laskea juoksumetreinä, pistorasiat, venttiilit ja jakotukit kappalemäärinä jne. Laskuria myös voisi selkeyttää ohjeistamalla rakenneosien ja materiaalien luokittelua.

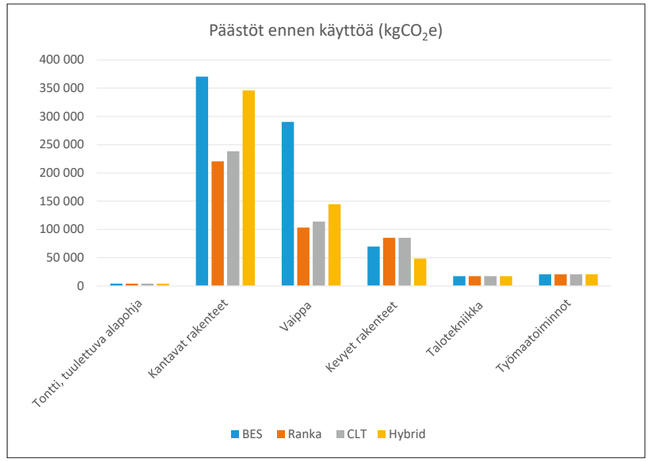
Laskurin tulosten esitystapaa voisi monipuolistaa. Nyt yhteenvetosivun tulos on esitetty muodossa kg CO_2e/m^{2}netto, jolloin rakennuksista saadaan keskenään vertailukelpoinen luku. Sen rinnalla olisi hyvä olla myös kokonaispäästöjä kuvaavat luvut. Suuressa hankkeessa pienetkin neliökohtaiset erot voivat aiheuttaa suuria muutoksia kokonaispäästöissä, vaikka ne neliökohtaisessa arvioinnissa tuntuisivat pieniltä. Samoin yhteenvetosivun tulokset voisi olla purettu hienojakoisemmin.

Lisätietoa hankkeesta:

- Lue koko raportti osoitteessa: puuinfo.fi
- Hanke toteutettiin tapaustutkimuksen keinoin. Näkökulmana pidettiin suunnittelijan näkökulmaa hankkeeseen. Tarkoituksena oli simuloida mahdollisimman hyvin tilannetta, jossa suunnittelija varhaisessa suunnitteluvaiheessa joutuu ottamaan kantaa hankkeen materiaali- ja runkovalintoihin ja hyödyntää työssään saatavilla olevaa aineistoa ja menetelmiä.
- Hankkeen laatimisen on rahoittanut Marjatta ja Eino Kollin säätiö. ■



Kaavio 4. Hiilijalanjäljen ja hiilikädenjäljen suhde eri vaihtoehdoissa. | Figure 4. The ratio of the carbon footprint to the carbon handprint in the different options.



KKaavio 5. Eri rakennusosien ennen käyttöä aiheuttamat päästöt vertailutalossa. | Figure 5. Emissions of different building components pre-use in the comparison building.

Rakennusten hiilijalanjäljen arvioinnin on tarkoitus tulla osaksi rakentamisen sääntelyä 2020 -luvulla. Ensimmäisessä vaiheessa 2019 otetaan käyttöön yhtenäinen hiilijalanjäljen laskentamenetelmä ja sen perusteet. Myöhemmin rakentamisen hiilijalanjäljelle voidaan alkaa asettaa enimmäisarvoja.

Rakennusten hiilijalanjäljen kansallinen laskentamenetelmä oli lausunnolla vuoden 2018/2019 vaihteessa. Menetelmä pohjautuu eurooppalaisiin standardeihin (mm. EN 15643 -sarja, EN 15978 ja EN 15804). Se laskee rakennuksen ilmastopäästöille sekä hiilijalanjäljen että hiilikädenjäljen.

JALANJÄLKI ottaa huomioon rakennusmateriaalien ja -osien valmistuksen, kuljetukset, rakentamisen työmaalla (ennen käyttöä), rakennuksen käytön (käytön aikana) ja käytöstä poiston (käytön jälkeen).

KÄDENJÄLKI kuvaa ympäristövaikutusten laajempaa vaikutusta. Siinä voidaan esittää esimerkiksi rakennusmateriaalien kierrätyksen, uudelleen hyödyntämisen, hiilen varastoinnin jne. tarjoamia etuja. Kädenjäljellä pyritään suunnittelu- ja rakennusratkaisujen ilmastovaikutusten yhdenmukaiseen raportointiin, mikä parantaa niiden vertailtavuutta.

The Finnish Ministry of the Environment is currently working on legislation that would use carbon footprints as a means to guide construction. We explored the usability of the carbon footprint tool proposed by the Ministry as well as the effects of material choices on a building's carbon footprint.

The comparison is based on a five-storey apartment building with double-loaded single corridor access and a total of 27 apartments, built using a modular system of volumetric elements. The compared structure types were concrete, wood frame, solid wood and hybrid.

The structural solutions were applied in accordance with the general practices of the construction method in question. The degree of prefabrication of the building components was not taken into account. These choices were made for good comparability and for the results to be applicable more generally.

Quantity calculations were done on a building component basis, taking into account the specific characteristics of each construction method. For example, the internal walls of apartments in the concrete building were assumed to be non-load-bearing. This is because hollow core slab floors have a long span that makes load-bearing internal walls unnecessary, unlike in a house built from wood or CLT. Foundation solutions also differed from one structure type to another, but building technology solutions were more or less the same.

Several different calculation models and a variety of reference data were used to determine the energy consumption of the building's entire lifecycle. Energy class A (consumption up to 75 kWh/m^2/year) was used in the calculation for all buildings, and both district heating and bioenergy heating were evaluated.

The calculation of the carbon footprint is based on the Ministry of the Environment's proposed national carbon footprint calculation method and its background information. The data for each building was entered into the calculator separately.

The results are summarised in a separate summary table. As a baseline, the comparison used a concrete apartment building (BES) with district heating, which is representative of current housing production. The Ministry of the Environment's calculator assumes a lifecycle of 75 years for residential buildings and 50 years for other building types.

RESULTS

Lifecycle emissions

By far the largest carbon footprint for construction continues to come from the production of heating energy. Reducing the emissions of energy production would be the most straightforward way to reduce construction emissions, and this approach would affect the entire building stock. The current approach of improving the energy efficiency of new buildings only affects a small part of the building stock and is a slow way to reduce the total emissions of all buildings.

It is paradoxical that so much attention is paid to the energy efficiency of new buildings under the umbrella of climate concerns, while at the same time Helsinki, for example, uses coal power to produce the majority of the energy and district heat it needs for its entire building stock. Energy efficiency is good for property management, of course, but the choice of building material is of importance at a lifecycle level only once the emissions created during a building's use are reduced sufficiently.

Emissions before use

The most significant emissions before a building's use stem from the choice of materials for load-bearing structures and envelope structures. These should be the focus of comparative calculations. Particularly in the early stages of design, it would be worthwhile to further simplify the calculation procedure by focusing only on those building components that are of major importance to the whole and which can be genuinely influenced by design choices.

On the other hand, building technology solutions have very little effect on emissions according to this calculation. In practice, there is little difference between them, as they are often added following the same principles, regardless of which material has been used to construct the building. Often there are no other options. Ventilation requires metal ducts, copper is needed for electrical wiring, etc. Particularly in the early stages of design, the calculation procedure for the carbon footprint of building technology could be based on building type-specific default values or even excluded completely.

Construction materials

When it comes to construction materials, the most significant source of emissions is concrete. It is even a significant contributor to the carbon dioxide emissions of wooden houses. Concrete is needed in the foundation, of course, but is also often used in intermediate floors to insulate impact noise.

The problem with concrete is that even if the cement need for its production is produced with zero emission energy, the chemical reaction of the cement itself produces carbon dioxide emissions. In practice, a completely new kind of cement would need to be invented and developed further - one that produces no emissions. It should also be kept in mind that the weight of the material emphasises the emissions of concrete structures. Although concrete's emissions per kilogram are reasonable, the emissions increase at the structural level because concrete structures are heavy. Weight also increases transport emissions. On the other hand, the high mass of concrete has a lot of positive effects in structures, for example, in sound insulation.

A large part of the emissions of wood houses comes from the use of gypsum boards. They are needed for fire protection cladding and sound insulation. There seem to be major differences in the carbon footprint of different gypsum boards.

The biogenic carbon contained in wood plays an important part in wood structures. Were this carbon handprint to be included in the calculations, wooden houses would by far fare best in comparison. A house with a CLT structure has so much biogenic carbon storage that it is carbon-neutral after construction for 12.7 years when district heating is used and for 55 years when renewable energy is used. Thus far, the building is carbon negative.

The hybrid building also does well in the comparison since the biogenic carbon storage is significant thanks to the solid wood panels. As a result, the construction of a hybrid building is practically carbon neutral, the largest emissions being from the steel in the structures. It is worth noting that the Ministry's calculator had no carbon handprint data for concrete and steel at the time of calculation. Once this information is included, the hybrid building is likely to fare even better in the comparison.

Carbon footprint calculator

In order for carbon footprint calculation to become a major driver of design and structural choices, it must become a key part of the normal designer routine early in the project design phase. The methods must not be too complicated or time consuming. The carbon footprint calculation tool published by the Ministry of the Environment worked well. It is simple and straightforward.

Transferring the calculation data to the calculator proved to be a large workload, but a mechanical one. Quantity calculations were the most laborious because of the difficulty of obtaining weight information for materials.

This information was hard to find for many products. Only a few products have their weight data displayed in the environmental declaration, and for some it is available in the performance level declaration. For others, the only option is to contact the manufacturer. Fortunately, the calculator already contains a large volume of carbon footprint information. Without this information, carbon footprint comparisons would be much more laborious.

The material information in the calculator covers the materials and products needed to calculate the building's carbon footprint. The material information does not include all building components, but the impact of the missing components on the whole is small.

It is not possible to add new materials or products to the calculator. This possibility would improve the applicability of the calculation in situations where a product or material is missing from the calculator. In addition, it would improve accuracy in situations where the calculator's information has less detail than what designers have available. On the other hand, standard default values can improve the reliability and comparability of the calculations by reducing the possibility of value manipulation.

The units of measurement used in the calculator could be changed to correspond to the units that are typically used for the different object quantities. For example, wires and pipes are easiest to count in terms of running meters, whereas sockets, valves and manifolds in units. The user friendliness of the calculator could also be improved by providing guidance on the classification of components and materials.

There could be more ways to present the calculation results. Currently, the result on the summary page is presented in kg CO_2e/m^2 net, which gives a comparable figure for the buildings. It would be good to have figures for total emissions, as well. In a large project, the smallest differences per square metre can add up to large changes in overall emissions, even if the numbers seem small in the square metre estimate. Similarly, the results on the summary page could be broken down in more detail.

Additional information on the project:

- Read the full report (in Finnish) at puuinfo.fi
- The project was conducted using a case study and approached from a designer's perspective. The aim was to simulate as closely as possible the situation where the designer has to make an early decision on a project's material and frame choices and utilise the materials and methods available at the time.
- The project was funded by the Marjatta and Eino Kolli Foundation. ■

The carbon footprint assessment of buildings is expected to become part of building regulations in the 2020s. In the first phase in 2019, a unified carbon footprint calculation method and its basic principles will be introduced. Later on, maximum values can be set for the carbon footprint for construction.

The national method for calculating the carbon footprint of buildings was issued at the end of 2018/early 2019. The method is based on European standards (including the EN 15643 series, EN 15978 and EN 15804). It calculates both the carbon footprint and the carbon handprint of a building's climate emissions.

THE FOOTPRINT takes into account the manufacture, transport, construction (before use), use (during use) and decommissioning (after use) of building materials and components.

THE HANDPRINT illustrates the wider impact of environmental effects. For example, it can show the benefits of recycling, building material re-use, coal storage, etc. The handprint aims to provide consistent reporting on the climate impact of design and construction solutions, which will improve their comparability.

Teksti | Text: **Puuinfo**

Massiivipuulevyt
Massive wood panels

Massiivipuulevyjen käyttö yleistyy maailmalla kovaa vauhtia. Ne mahdollistavat puun käytön myös niillä rakentamisen alueilla, joissa puuta ei tähän asti ole totuttu käyttämään. Kokosimme artikkeliin keskeisiä tietoja erilaisista massiivipuuratkaisuista.

Massiivipuulevyillä tarkoitetaan tässä artikkelissa liimaamalla tai mekaanisilla liittimillä koottuja suurikokoisia tasomaisia kokopuisia elementtejä. Massiivipuulevyjen tavanomaisia käyttökohteita ovat seinä- ja laattarakenteet. Osaa materiaaleista käytetään myös sauvamaisina rakenteina kuten pilarit ja palkit.

LIIMAAMALLA KOOTUT MASSIIVIPUULEVYT

Monikerroslevy CLT

CLT (Cross Laminated Timber) koostuu nimensä mukaisesti useista toisiinsa nähden ristikkäin laminoiduista lautalevyistä. Lautalevykerroksia on tavallisimmin kolme tai viisi, mutta niitä voi olla enemmänkin. Näin muodostuu luja ja jäykkä sekä ominaisuuksiinsa nähden kevyt rakennuslevy, jossa toisiinsa nähden ristikkäiset lautakerrokset tasaavat laminoidun rakenteen kosteuselämistä.

CLT-levyistä käytetään Suomessa yleisesti kirjainlyhennettä CLT. Nimi suomennetaan joskus ristiinliimatuksi monikerroslevyksi tai ristiinliimatuksi lautalevyksi. Muissa maissa se tunnetaan myös nimillä KL-trä (korslimmat trä), X-Lam, KLH (Kreuzlagenholz) ja BSP (Brettsperrholz).

Kuva: Stora Enso

Levyn dimensiot ja valmistustekniikka vaihtelevat valmistajakohtaisesti. Levyn paksuus voi olla 60-400 mm, leveys enintään 2,95-4,8 m ja pituus enintään 12-20 m valmistajasta riippuen.

CLT-levyn raaka-aine on tavallisimmin kuusta tai mäntyä. Näkyviin jääviin pintoihin voidaan käyttää myös muita puulajeja. Levyyn käytettävät laudat lujuuslajitellaan ja sormijatketaan.

CLT-levyjä valmistetaan kahdella liimaustavalla, jotka ovat syrjäliimattu ja syrjäliimaamaton. Syrjäliimatussa levyssä laudat liimataan syrjistään ensin ehyiksi levyiksi ja vasta sitten levyt liimataan päällekkäin ristiin ladottuna. Syrjäliimaamattomassa levyssä lautalevyt ladotaan irrallisista laudoista ja liimaa levitetään vain lautojen lappeelle lautakerrosten välissä. Liimauksen edellyttämä puristus voidaan tehdä vakuumiprässillä (tyhjiön avulla) tai hydraulisella prässillä.

Liimaustapa vaikuttaa levyn ominaisuuksiin. Syrjäliimattu levy on ilmatiiviimpi kuin syrjäliimaamaton. Syrjäliimatussa levyssä kuivuminen saattaa aiheuttaa lautojen halkeilua. Syrjäliimaamattomassa levyssä kosteuseläminen tapahtuu pääasiassa saumojen kohdilla.

CLT-levyn hiiltymisnopeus on valmistajakohtaisesti ilmoitettava asia. Se myös voi vaihdella levyn käyttötapauksesta johtuen, toisin sanoen onko levy vaakasuuntainen vai pystyssä.

CLT-levylle on ominaista sen delaminoituminen palotilanteessa, mikä tarkoittaa levyn palamisen vaiheittaisuutta. Levyn palaminen kiihtyy liimasauman jälkeen, koska hiiltyneen lamellikerroksen oletetaan putoavan pois.

CLT-levyn ääneneristävyys on sen keveydestä johtuen heikko. Ääneneristävyyttä voidaan parantaa kerroksellisilla rakenteilla lisäämällä rakenteeseen massaa ja ääntä vaimentavia eristekerroksia.

Liimauksen jälkeen levyt työstetään oikeaan kokoon ja muotoon CNC-jyrsimen avulla. Myös ikkuna- ja oviaukot sekä talotekniikan, kiinnitysten, nostojen yms. tarvitsemat lävistykset työstetään levyihin valmiiksi. Mittatarkkuus on ± 1 mm.

Levyn pintakäsittely ja viimeistely riippuu levyn käyttökohteesta. Näkyviin jäävät pinnat hiotaan ja pintakäsitellään valmiiksi tilauksen mukaisesti.

CLT -levyjä käytetään kantavina ja jäykistävinä rakenteina sekä seinissä että lattiarakenteissa. Niitä voidaan käyttää myös ei-kantavissa rakenteissa. Sisätiloissa levyt voidaan pinnoittaa tai palomääräysten niin salliessa jättää sellaisenaan näkyville tavoitellusta ilmeestä riippuen.

Levyn jäykkä rakenne mahdollistaa aukkojen sijoittamisen ja muotoilun melko vapaasti. Myös kulmaikkunat ovat mahdollisia, koska levyrakenne toimii tarvittaessa ulokkeina.

Ulkoseinärakenteessa CLT-levy tavallisesti eristetään ja pinnoitetaan. Eriste sijoitetaan CLT-levyn ulkopuolelle. Levyn ilmatiiviys tulee aina tarkistaa valmistajalta. Ilman- ja höyrynsulku voidaan sijoittaa CLT-levyn ja eristeen väliin.

Ilmatiiviistä CLT-levystä voidaan tehdä myös massiivinen ulkoseinärakenne, jolloin yksi levy muodostaa kantavan rakenteen, eristeen sekä valmiit pinnat sisällä ja ulkona. Myös tällöin on suositeltavaa sijoittaa 50 mm eristekerros ja erillinen ulkoverhous levyn ulkopintaan. Se parantaa olennaisesti rakenteen kosteusteknistä toimintaa antaen rakenteelle sääsuojan.

Välipohjissa levyjä voidaan käyttää joko sellaisenaan (lyhyet jännevälit), yhdessä puupalkiston kanssa ja/tai liittorakenteena betoni- tai kipsivalun kanssa. Rakenteen ääneneristävyyttä voidaan parantaa uivalla pintavalukerroksella sekä alapuolisella jousirankakatolla.

CLT sopii myös tilaelementtien runkorakenteeksi. Runkorakenteissa sen kilpailukyky paranee kerrosmäärän kasvaessa.

CLT-levylle ei ole toistaiseksi olemassa harmonisoitua eurooppalaista tuotestandardia, joten levyt voidaan CE-merkitä eurooppalaisen teknisen hyväksynnän mukaan. CLT-levyn tekniset ominaisuudet ja rakenteiden mitoitus ovat valmistajakohtaisia.

Rakenteellinen LVL

LVL (Laminated Veneer Lumber) eli suomalaisittain viilupuu on sorvatuista viiluista liimaamalla valmistettu rakenteellinen puutuote. Valmistettavien LVL-levyjen paksuus vaihtelee 27-75 mm välillä. LVL-levyn enimmäisleveys on 2,5 m ja pituus 24-25 m. Näistä LVL-levyistä voidaan kerrannaisliimaamalla valmistaa paksuja rakenteellisia levymäisiä rakennusosia.

Rakenteellista LVL:ää käytetään myös sauvamaisina pilareina ja palkkeina sekä ohuempina levyinä rankarakenteiden jäykistyksessä. LVL-levystä myös kootaan rakenteellisia elementtejä kuten väli- ja yläpohjien ripa- ja kotelolaatat.

Suomalainen viilupuu valmistetaan liimaamalla 3 mm paksuisia kuusiviiluja yhteen. Halutuista ominaisuuksista riippuen kaikkien viilujen syysuunta on pituussuuntaan tai osa viiluista on liimattu ristiin.

LVL-levyjen viilut ovat hiomattomia ja paikkaamattomia. Viilupuuta on saatavilla erilaisilla pintakäsittelyillä ja myös AB-luokkaan painekyllästettynä. Levyä ei yleensä ole tarkoitettu visuaaliseksi. Haluttaessa pintaviilut voidaan hioa.

Kerrannaisliimauksessa useita LVL-levyjä liimataan toisiinsa, jolloin saadaan aikaan paksuja ja suuria levymäisiä rakenteellisia elementtejä. Liimattavien levyjen suunnat valitaan rakenteelta haluttavien ominaisuuksien mukaan.

Palotilanteessa LVL-palkkien nimellinen hiiltymänopeus on 0,7 mm/min ja LVL-levyjen yksidimensionaalinen hiiltymänopeus 0,65 mm/min.

LVL-levy muodostaa rakenteeseen ilma- ja kosteustiiviin kerroksen. LVL-levyn ääneneristävyys on sen keveydestä johtuen heikko. Ääneneristävyyttä voidaan parantaa kerroksellisilla rakenteilla lisäämällä rakenteeseen massaa ja ääntä vaimentavia eristekerroksia.

Kuva: Metsä Wood

Kerrannaisliimauksen jälkeen LVL-levyt työstetään oikeaan kokoon ja muotoon CNC-jyrsimen avulla. Myös ikkuna- ja oviaukot sekä talotekniikan, kiinnitysten, nostojen yms. tarvitsemat lävistykset työstetään levyihin valmiiksi. Mittatarkkuus on ± 1 mm.

Kerrannaisliimattujen LVL-tuotteiden käyttökohteita ovat erilaiset pilari- ja palkkirakenteet, ala-, väli- ja yläpohjalaatat sekä rakennuksen levymäiset kantavat ja jäykistävät osat kuten ulko- ja väliseinät. LVL:n muita tavanomaisia käyttökohteita ovat aukkopalkit, ristikot, kehät, runkotolpat sekä ikkuna- ja oviteollisuuden komponentit.

Käytettäessä kerrannaisliimattua LVL-levyä kokonaisena seinärakenteena, levyn jäykkä rakenne mahdollistaa aukkojen sijoittamisen ja muotoilun melko vapaasti. Myös kulmaikkunat ovat mahdollisia, koska levyrakenne toimii tarvittaessa ulokkeina.

Sisätiloissa LVL-levy tavallisesti pinnoitetaan mutta palomääräysten niin salliessa LVL-pilareita ja palkkeja on saatettu jättää näkyviksi sellaisinaan tai pintakäsiteltyinä.

Vaakarakenteissa LVL-rakenteiden tyypillinen jännevälialue on 5-12 m. LVL:stä valmistettuja kotelo- ja ripalaattoja käytetään yleisesti ylä- ja välipohjarakenteina.

Ulkoseinärakenteessa LVL eristetään ja pinnoitetaan. Eriste sijoitetaan levyn ulkopuolelle. Mikäli rakenteeseen sijoitetaan erillinen ilman- ja höyrynsulku, se voidaan sijoittaa LVL-levyn ja eristeen väliin.

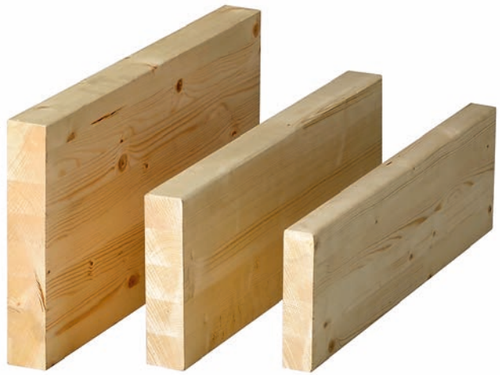
LVL sopii myös tilaelementtien runkorakenteeksi.

Rakenteellinen LVL määritellään SFSEN 14374 standardin mukaisesti eli levyt on aina CE-merkittävä.

Liimapuu GLT

Liimapuulla (GLT, Glue Laminated Timber) tarkoitetaan lamelleista liimaamalla valmistettua rakenteellista puutuotetta. Se koostuu vähintään kahdesta, enintään 45 mm paksusta sahatavaralamellista, joiden syysuunta on liimapuutuotteen pituussuuntainen. Liimapuukannatteet valmistetaan Suomessa männystä tai kuusesta. Painekyllästettävien rakenteiden valmistukseen kelpaa vain mänty.

Liimapuun enimmäiskorkeus on noin 2 m ja enimmäispituus noin 30 m. Enimmäismitat ovat valmistajakohtaisia. Lamellipaksuudet ovat yleensä 45 mm suorille kannatteille ja 33 mm taivutetuille. ▶



Kuva: Versowood Oy

Liimapuu voidaan koota saman lujuusluokan lamelleista, jolloin saadaan homogeenista liimapuuta. Yleensä liimapuupalkin uloimmille lamelleille kuitenkin tulee suurempi jännitys ja ne valmistetaan sen vuoksi parempaan lujuusluokkaan kuuluvasta puusta. Tällaista tuotetta kutsutaan yhdistetyksi liimapuuksi. Luokan tunnuksessa kirjain c tulee sanasta combined (liimapuu jonka valmistuksessa on käytetty kahden lujuusluokan lamelleja) ja h sanasta homogeneous (kaikki lamellit ovat samaa lujuusluokkaa).

Liimapuun valmistuksen päävaiheet ovat: puutavaran kuivaus, lujuuslajittelu ja sormijatkaminen; lamellien höyläys, liiman levitys ja liimaus, kannatteiden höyläys ja muotoilu; pintakäsittely ja pakkaus.

Lujuusluokan GL30c yhdistetty liimapuu valmistetaan siten, että poikkileikkauksesta vähintään uloimman kuudesosan lamellit ovat ulkolamelleja. Luokan GL30c liimapuun ulkolamellit ovat lujuusluokan T22 mukaisia lamelleja ja sisälamellit lujuusluokan T15 tai T14 mukaisia. Homogeenisen liimapuun GL30h kaikki lamellit kuuluvat samaan lujuusluokkaan T22 tai T21.

Liimapuu on tavallisesti ympärihöylättyä ja sitä on saatavilla erilaisilla pintakäsittelyillä sekä painekyllästettynä.

Liimapuun hiiltymisnopeus on noin 0,6 mm/min.

Liimapuun käyttökohteita ovat erikokoiset pilarit ja palkit ja yhteen rinnakkain liitettynä myös laattamaiset rakenteet. Tavallisia käyttökohteita ovat muun muassa teollisuus-, varasto-, liikunta- ja liiketilojen suuren mittakaavan erillisrungot mutta myös pientalojen ja maatalousrakennusten rakenteet.

Laattamaisiksi koottuja limapuurakenteita käytetään muun muassa silloissa ja välipohjissa. Poikittaisjännitetty syrjälankkukansi liimapuusta koottuna on yleisin puusiltatyyppi esimerkiksi Norjassa Ruotsissa. Liimapuulankuista koottua matalataajuuslattiaa (ominaistaajuus Suomessa alle 9 Hz) käytetään melko yleisesti Keski-Euroopassa.

Tyypillisessä matalataajuuslattiassa kantavan rakenteen muodostavat kyljellään toisissaan kiinni olevat liimapuupalkit, jotka siten muodostavat yhtenäisen puulevyn. Liimapuutason päälle laitetaan massaksi soramurskekerros, sen päälle kova mineraalivilla, jonka päälle valetaan betoni-/kuitubetonikerros. Sähkö- ja (pienet) vesi- ja viemäriputkivedot voidaan hoitaa sorakerroksessa. Lattialämmitysputket puolestaan voidaan sijoittaa betonikerrokseen. Lattiatyypin käyttö Suomessa on kuitenkin hankalaa, koska meiltä puuttuu matalataajuuslattioiden mitoitusmenetelmä.

Liimapuun ominaisuudet määritellään standardin SFS-EN 14080 mukaisesti. Edellä mainitut vaatimukset täyttävälle liimapuulle suositellaan käytettäväksi lujuusluokkaa GL30c.

MEKAANISILLA LIITTIMILLÄ KOOTUT MASSIIVIPUULEVYT

Massiivipuulevyjä valmistetaan myös ilman liimaa. Varsinkin Euroopassa tunnettuja ovat **Brettstapel** ja **Dübelholz**. Brettstapel tarkoittaa yleisesti ilman liimaa valmistettavia massiivipuulevyjä, joissa laudat kiinnitetään toisiinsa nauloilla tai puutapeilla. Puutapeilla kiinnitetystä massiivipuulevystä käytetään myös yleisesti nimeä Dübelholz tai DLT (Dowel Laminated Timber).

Nauloilla kootut tuotteet

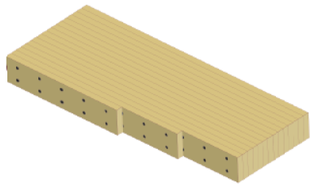
Nauloilla koottuja massiivipuulevyjä on kahta eri tyyppiä. Laudat voidaan pinota yhdensuuntaisesti vierekkäin (NLT) syrjälankkutekniikalla tai ristiin päällekkäin CLT:n tapaan (MHM - Massiv-Holz-Mauer®).

Mekaanisilla liittimillä kootuista massiivipuulevyistä vanhin on NLT (Nail Laminated Timber), jota on käytetty yli 150 vuoden ajan raskaissa seinä-, katto- ja lattiarakenteissa. Se on myös varhaisin muoto Brettstapelista.

MHM eli ristiinnaulattu massiivipuulevy on vielä suhteellisen uusi tuote, joka kehitettiin erityisesti kantavien seinien rakenteeksi.

NLT (Nail Laminated Timber)

NLT-levyt valmistetaan naulaamalla yhdensuuntaisesti syrjällään olevat laudat kiinni toisiinsa kerros kerrokselta. Valmistus voi tapahtua joko työmaalla tai tehtaalla. Erilaisten pintaprofiilien tekeminen onnistuu muuntelemalla puutavaran paksuuksia ja näkyviin jäävän syrjän profiilia. Levyn jäykistys voidaan tarvittaessa toteuttaa vaneri- tai lastulevyllä.



Perinteistä NLT:tä ei valmisteta enää kovin suuria määriä. Materiaali on kehittymässä siihen suuntaan, että tuotteessa käytetään puutappeja naulojen sijaan, mikä parantaa levyn työstettävyyttä.

MHM (Massiv-Holz-Mauer®)

MHM (Massiv-Holz-Mauer®) -elementti muodostuu ristikkäin ladotuista lautakerroksista, jotka kiinnitetään yhteen alumiininauloilla. MHM-elementin leveys voi olla 3-4 m, pituus enimmillään 6 m ja paksuus 11,5-34 cm. Valmistuksessa käytetään havupuuta.

MHM ei tarvitse erillistä jäykistystä. Yhdensuuntaisesti naulattu elementti ei ole ilmatiivis ja tarvitsee erillisen tiiviyden takaavan rakennekerroksen. Lautojen urituksen vuoksi MHM-rakenteen sisään jää ilmataskuja, jotka parantavat levyn lämmöneristävyyttä.

Kuvat: Massivholzmauer Entwicklungs GmbH

MHM-levyn valmistuksen ensimmäisessä vaiheessa lujuuslajitellut kuivatut laudat uritetaan pituussuunnassa ja niihin jyrsitään sivuttainen puolipontti, joka varmistaa lautojen paremman sivuttaisen yhteen sopivuuden. Laudan urat muodostavat valmiiseen levyyn ilmataskuja parantaen levyn lambda-arvoa. Urien enimmäissyvyys on 3 mm. Laudat ovat 24 mm paksuja. Levyssä voidaan käyttää eri levyisiä lautoja.

Toisessa vaiheessa varsinainen elementti valmistetaan automaattisella linjastolla. Ensin laudat puristetaan yhteen pituus- ja poikittaisuunnassa, jonka jälkeen lautakerrokset naulataan yhteen rihlatuilla alumiininauloilla kerros kerrokselta. Naulaus tehdään tähän erityisesti suunnitellulla laitteella.

Viimeistelyvaiheessa levy käsitellään asennusvalmiiksi elementiksi ja siihen tehdään tarvittavat CNC-työstöt ja rei'itykset. Mittatarkkuus on ± 1 mm. Alumiininaulat eivät haittaa CNC-työstämistä.

MHM-levyssä olevien ilmataskujen ja rakojen vuoksi levyä on hankala hiiltymämitoittaa. Mikäli rakenteille on esitetty palonkestovaatimus, MHM-levy on suositeltavaa suojaverhota täyteen minuuttiluokkaan.

MHM-levyn ääneneristävyys on muiden massiivipuulevyjen tapaan heikko. Lisäksi levyn raot heikentävät sen eristysomaisuuksia. Ääneneristävyyttä parannetaan kerroksellisilla tiiviillä rakenteilla lisäämällä rakenteeseen massaa ja ääntä vaimentavia eristekerroksia.

Mikäli levy jätetään näkyviin, käsittelemätön puu toimii periaatteessa sisäilman kosteuden tasaajana. MHM ei muodosta rakenteeseen ilma- ja kosteustiivistä rakennekerrosta ilman erillistä ilma- ja kosteussulkua.

MHM-elementtiä voidaan käyttää kantavana tai ei-kantavana seinärakenteena. MHM-levy ei sovellu laataksi väli- tai yläpohjiin eikä palkiksi.

Haluttu seinäpaksuus saadaan muuntelemalla lautakerrosten lukumäärää. Kerrosten lukumäärä on 5-15, kaikki rakennepaksuudet tuotetaan lautakerrosten parittomalla lukumäärällä. Tällöin seinäelementin ulko- ja sisäkerroksen laudat ovat samaan suuntaan eli pystysuoraan.

Koska MHM ei muodosta ilma- ja kosteustiivistä rakennekerrosta, siihen tarvitaan aina erillinen ilman- ja höyrynsulku. Mikäli seinärakenne tehdään massiivisena ilman ulkopuolista eristystä, ilman- ja höyrynsulku tulee sijoittaa levyn sisäpintaan.

MHM-ulkoseinäelementin voi myös tehdä ulkopuolelta eristettynä, jolloin levy mitoitetaan sen kantamien kuormien mukaan. Eristys sijoitetaan massiivisen puuelementin ulkopuolelle. Ilman- ja höyrynsulku voidaan sijoittaa levyn ja eristeen väliin.

Pintojen verhous on mahdollista ja usein myös toivottua. Sisäpuolella pinnat voidaan maalata, levyttää ja tasoittaa tai halutessa niihin voidaan asentaa sisustuspaneeli. Ulkopuolelle voidaan lisätä puuverhous tai muu ulkoverhous.

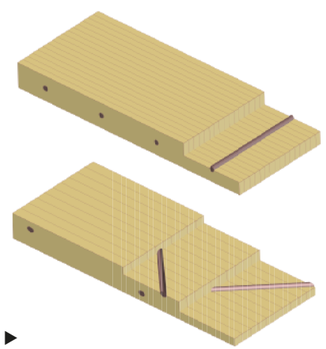
Puutapeilla kootut tuotteet
Vaarnattu massiivipuulevy DLT (Dowel Laminated Timber)

DLT-levy (DLT - Dowel Laminated Timber) on 2000-luvun alussa edelleen kehitetty versio naulatusta massiivipuulevystä eli NLT:stä. DLT-levyjen rakenteelliset periaatteet ovat vastaavat kuin NLT-levyissä, mutta metallinaulat on korvattu lehtipuutapeilla. Eri puulajien erilaisen kosteuselämisen ansiosta saadaan aikaiseksi luja liitos lautojen ja tappien välille.

DLT-levyjä voidaan levytyypistä riippuen käyttää sekä seinä- että laattarakenteissa. Korkein rakennus, jossa on käytetty DLT-levyjä, on seitsemänkerroksinen E3-rakennus Berliinissä.

Samansuuntainen DLT

Euroopassa samansuuntaista DLT-levyä valmistavat useat yritykset. Yleisimmässä rakennetyypissä vaarnat lävistävät laudat kohtisuoraan mutta myös diagonaalista vaarnausta käytetään.



Valmistuksessa hyödynnetään eri puulajien kosteuspitoisuuksien vaihtelua. Levyn laudat kuivataan 12-15 % kosteuteen ja tapit alhaisempaan 8 % kosteuteen. Laudat ovat yleensä joko kuusta tai mäntyä ja tapit pyökkiä. ▶

Kun kuivemmat tapit asennetaan kosteampiin lautoihin, ne imevät ympärillä olevasta puusta kosteutta itseensä ja turpoavat. Näin syntyy luja liitos tapin ja laudan välille.

DLT-levyjen osalla on huomioitava, että suuret lämpötilan- ja kosteudenvaihtelut esimerkiksi työmaalla voivat aiheuttaa levyssä muodonmuutoksia ja rakoja. Joskus tätä voidaan ennakoida lisäämällä mekaanisia kiinnittimiä tai liimoja.

Diagonaalisesti asennetut tapit myös poistavat tämän ongelman, sillä ne jäykistävät levyrakennetta vähentäen levyn vääntymistä ja rakoilua.

DLT-levyt ja elementit työstetään määrämittaan CNC-koneella.

Samansuuntainen DLT-levy soveltuu seiniin ja väli- ja yläpohjalaattoihin. Laattarakenteissa se voidaan jättää sellaisenaan näkyviin. Erilaisia akustisia ja visuaalisia pintoja saadaan esimerkiksi laudan erilaisilla leveyksillä ja syrjän profiloinnilla.

Ristiin ladottu DLT levy

Toinen tapa tehdä DLT-levyä on latoa lautakerrokset ristiin CLT:n ja MHM:n tapaan ja kiinnittää ne puuvaarnoilla. Itävaltalainen yritys Thoma valmistaa tällaista tuotetta Holz100 (Wood100) nimellä.

Elementin korkeus voi olla 3,05 m, pituus maksimissaan 8 m ja paksuus 120-364 mm. Lautakerrosten lukumäärä vaihtelee tuotteen käyttökohteen mukaan. Lautojen paksuus on 26-29 mm ytimen ollessa 40-80 mm paksu. Laudat ladotaan ristikkäin kolmessa eri kulmassa. Osa lautakerroksista on vaakasuoraan, osa pystysuoraan ja osa diagonaalisti 45° kulmassa. Osaan seinelementeissä laudat uritetaan, jotta levyn lämmöneristävyys paranee. Levyt suunnitellaan, mitoitetaan ja valmistetaan tapauskohtaisesti, jotta rakenne saadaan optimoiduksi kuhunkin käyttötarkoitukseen. ■

Kuvat: Ing. Erwin Thoma GmbH

Massive wood panel usage is spreading at a rapid pace across the globe. It is enabling developers to use wood for construction in areas where the use of wood is not customary. For this article, we have collected key information on various massive wood solutions.

In this article, the term massive wood panel refers to large flat elements made entirely of wood bonded together with adhesive or mechanical connectors. Massive wood panels are typically used for slabs and wall structures. Some of the materials are also used in pole-like structures such as posts and beams.

MASSIVE WOOD PANELS BONDED WITH ADHESIVE

Cross Laminated Timber (CLT)

As indicated by its name, Cross Laminated Timber (CLT) is made from a number of laminated wood panels that are bonded together crosswise. Most commonly, there are three or five layers of panels, but there can be more. This allows a stable and rigid structural panel that remains relatively light in relation to its characteristics, and the fact that the layers are bonded together crosswise evens out the effects of moisture.

The common term for these panels in Finland is the acronym CLT. The name is sometimes translated into Finnish as “ristiinliimattu monikerroslevy” or “ristiinliimattu lautalevy”. The panels are also knowns in other countries by the names KL-trä (korslimmat trä), X-Lam, KLH (Kreuzlagenholz) and BSP (Brettsperrholz).

The panel dimensions and manufacturing techniques vary by manufacturer. The panel thickness can be from 60 to 400 mm, the width can be a maximum of 2.95 to 4.8 metres and the length can be a maximum of 12 to 20 metres depending on the manufacturer.

The most commonly used material in CLT is spruce or pine. Other species of tree can also be used for surfaces that are left visible. The wood used for panels is sorted by strength and finger jointed.

CLT panels are manufactured using two bonding techniques: with edge-gluing and without edge-gluing. In edge-glued CLT, the boards are first glued at their edges to create a panel, and the panels are only then placed and glued crosswise on top of each other. In CLT without edge-gluing, wood panels are assembled from loose boards and the adhesive is only spread on the flat surface of the boards between the board layers. The compression required for bonding can be done with a vacuum press (by creating a vacuum) or with a hydraulic press.

The bonding technique affects the panel characteristics. Edge-glued CLT panels are more airtight than their non-edge-glued counterparts. As edge-glued CLT dries, however, cracking may appear in the panels. Moisture effects in CLT without edge-gluing mainly occur along the seams.

The CLT charring rate is something that manufacturers must declare. This can vary depending on how the panel used - in other words, on whether the panel is installed horizontally or vertically.

A characteristic of CLT panels is that they delaminate in fires, which means a panel burns in phases. The burning of a panel accelerates after the adhesive seam has burned because the charred layer is presumed to fall off.

The lightness of CLT panels makes them poor sound insulators. Sound insulation can be improved with layered structures by adding mass and sound-insulating layers.

After bonding, the panels are machined to the correct shape and form with CNC cutting machines. Window and door openings, and holes required for building technology, attachments, lifts and other features are also machined into the panels. The accuracy of the measurements is ± 1 mm.

The surface treatment and finishing of panels depends on the intended use of the panel. The surfaces that remain visible are sanded and surface treated as required for the order.

CLT panels are used as load-bearing and stiffening structures and in wall and floor structures. Panels can also be used in non load-bearing structures. Depending on the desired look, panels used in interiors can be coated or left visible as they are (if allowed by fire regulations).

The rigid structure of CLT panels enables the relatively free placement and design of openings. Corner windows are also possible because the panel structure can serve as an overhang when needed.

In exterior wall structures, CLT panels are usually insulated and coated. The insulation is placed on the exterior side of the CLT panel. The airtightness of panels should always be checked with the manufacturer. Air and vapour barriers can be placed between the CLT panel and the insulation.

Massive external wall structures can also be made from airtight CLT panels. In this case, one panel includes the load-bearing structure, the insulation, and the internal and external finished surfaces. The recommendation is to place a 50 mm insulation layer and separate external cladding on the panel’s external surface. This fundamentally improves the structure’s moisture stability by protecting the structure from the weather.

In the construction of intermediate floors, panels can either be used as such (for short spans), together with wood beams and/or as a joining structure with concrete or plaster casting. The structure’s sound insulation can be improved with a floating surface screed layer and with a spring mounted ceiling lining.

CLT is also suitable for use as a frame structure for volumetric elements. Its competitiveness in framework structures improves as the number of storeys increases.

There is no harmonised European product standard for CLT panels at the moment so panels can receive a CE mark with European technical approval. The technical features of CLT panels and the dimensions of the structures are manufacturer-specific.

Structural LVL

LVL (Laminated Veneer Lumber), known in Finnish as “viilupuu”, is a structural wood product manufactured from bonded rotary-peeled veneer. The thickness of the manufactured LVL panels varies from 27 to 75 mm. The maximum width of LVL panels is 2.5 m and the length is 24 to 25 m. Thick structural panel-style construction components can be made from these LVL panels using multiple gluing.

Structural LVL is also used in pole-like posts and beams, and as thinner panels for stiffening frame structures. LVL panels are also assembled into structural elements such as Ripa slabs and box slabs for intermediate floors and roofs.

Finnish LVL is manufactured by bonding 3 mm thick spruce veneer layers together. Depending on the desired characteristics, the grain is along the length or some of the veneer layers are bonded crosswise.

The veneer layers of LVL panels are not sanded or filled. LVL is available with different surface treatments and also in an AB class impregnation variant. The panels are generally not meant to be seen. When desired, the surface fibres can be sanded.

In multiple gluing, a number of LVL panels are bonded to each other creating thick and large panel-like structural elements. The glued panel grains are selected in accordance with the desired characteristics for the structure.

In fires, the nominal charring rate of LVL beams is 0.7 mm/min. The one-dimensional charring rate for LVL panels is 0.65 mm/min.

LVL panels create an airtight and moisture tight layer for the structure. The lightness of LVL panels makes them poor sound insulators. Sound insulation can be improved with layered structures by adding mass and sound-insulating layers.

After multiple gluing, the LVL panels are machined to the correct shape and form with CNC cutting machines. Window and door openings, and holes required for building technology, attachments, lifts and other features are also machined into the panels. The accuracy of the measurements is ± 1 mm.

Multiple glued LVL products are used in different post and beam structures, in floor, intermediate floor and roof slabs, and in panel-like load-bearing and stiffening components such as exterior and partitioning walls for buildings. Other common uses for LVL are as lintels, lattices, vaults, frame posts, and window and door industry components.

When multiple glued LVL panels are used as entire wall structures, the rigid structure of the panel enables openings to be placed and designed quite freely. Corner windows are also possible because the panel structure can serve as an overhang when needed.

When used in interior spaces, LVL panels are usually coated. But when allowed by fire regulations, LVL posts and beam may be left visible as they are or with surface treatment. ▶

The typical span of an LVL structure in horizontal structures is 5 to 12 m. Box slabs and Ripa slabs made from LVL are usually used in roof and intermediate floor structures.

In exterior wall structures, LVL is insulated and coated. The insulation is placed on the exterior side of the panel. If separate air and vapour barriers are placed in the structure, they can be located between the LVL panel and the insulation.

LVL is also suitable for use as a frame structure for volumetric elements.

Structural LVL is defined by the standard SFSEN 14374, which means the panels always have a CE mark.

Glulam GLT

The term Glue Laminated Timber (GLT) is applied to a structural wood product manufactured by gluing small pieces of lamella together. Glulam is composed of at least two pieces of lumber lamella of at most 45 mm thickness. The grain is along the length of the glued wood product. In Finland, glulam joists are manufactured from pine or spruce. Only pine is suited for manufacturing pressure-treated structures.

The maximum high of glulam is about 2 m and the maximum length is approximately 30 m. The maximum dimensions are manufacturer-specific. The thickness of the lamella is generally 45 mm for straight joists and 33 mm for curved joists.

Glulam can be assembled from lamella of the same strength class to produce a homogeneous glulam. However, the tension on the outer lamella of glulam beams tends to be larger, which is why a better strength class is typically used on the outer parts. These kinds of products are called combined glulam. The product class indicator distinguishes between the two types with letter c comes for the word “combined” (glulam that uses lamella from two strength classes) and the letter h for the word “homogeneous” (all the lamella are the same strength class).

The main phases in glulam manufacturing are: drying the lumber, strength classification and finger jointing; lamella planing, applying the adhesive and bonding, planing and forming the joists; surface treatment and packing.

In combined glulam with the strength class Gl30c, at least the outer sixth of the joist’s cross-section consists of external lamellas. These external lamellas of strength class Cl30c glulam are strength class T22, whereas internal lamellas are strength class T15 and T14. In GL30h homogeneous glulam, all the lamellas are in the same strength class T22 or T21.

The glulam is usually planed all around and is available with different surface treatments and pressure-treatment.

The charring rate for glulam is about 0.6 mm/min.

Glulam is used for different sized posts and beams and also for slab-like structures connected together side-by-side. Common uses include individual large-scale frames for industrial, warehouse, exercise and commercial facilities. It is also used in structures for single-family housing and agricultural buildings.

Glulam structures assembled into slabs are used in bridges and intermediate floors, for example. For example, cross-tensioned plank decks assembled from glulam are the most common type of wood bridge in Norway and Sweden. Low-frequency floors (natural frequency under 9 Hz in Finland) assembled from glulam board are quite common in central Europe.

A typical low-frequency floor has a load-bearing structure that consists of glulam beams on their sides, bonded to each other to make a solid wood board. A layer of screed is placed on the glulam to add mass. A hard mineral wool is added on top, onto which a layer of concrete/fibre-concrete is poured. Electrical and (small) water and drainage pipes can be run through the screed layer, and underfloor heating pipes can be placed in the concrete layer. However, this type of flooring is difficult to use in Finland because there are no national dimensioning methods for low-frequency flooring.

The glulam characteristics are specified by the standard SFS-EN 14080. It is recommended that strength class Gl30c be used for glulam that meet the requirements mentioned above.

MECHNICALLY LAMINATED MASSIVE WOOD PANELS

Massive wood panels are also manufactured without adhesive. **Brettstapel** and **Dübelholz** are well known examples, particularly in Europe. The term Brettstapel is generally used to indicate massive wood panels manufactured without adhesive where the panels are bonded to each other with nails or dowels. The name Dübelholz or Dowel Laminated Timber (DLT) is usually also used for massive wood panels bonded with dowels.

Nail laminated massive wood panels

There are two types of nail laminated massive wood panels. Boards can be stacked side-by-side in parallel (NLT) or crosswise like CLT in MHM - Massiv-Holz-Mauer®.

Of the mechanically-laminated massive wood panels, the oldest is Nail Laminated Timber (NLT), which has been used for over 150 years in heavy wall, roof and floor structures. It is also the earliest form of Brettstapel.

MHM, which is a massive wood panel nailed crosswise, is still a relatively new product, which was specifically developed as a structure for load-bearing walls.

NLT (Nail Laminated Timber)

NLT panels are manufactured by nailing boards to each other layer-by-layer in parallel on their edges. These panels can be manufactured either on site or at the factory. Different surface profiles can be made by altering the thickness of the lumber and the profile of the visible edge. Panels can be stiffened with veneer or chipboard when needed.

Traditional NLT is no longer manufactured in great amounts. The material is developing in the direction where dowels are used in the product in place of nails, which improves the machineability of the panels.

MHM (Massiv-Holz-Mauer®)

MHM (Massiv-Holz-Mauer®) elements are created by placing panel layers crosswise and bonding them together with aluminium nails. The width of an MHM element can be 3 to 4 m, the length may be 6 m at most and the thickness can be 11.5 to 34 cm. The wood comes from coniferous species.

MHM does not need separate stiffening. Elements nailed together in parallel are not airtight and need a separate structural layer to ensure tightness. Due to grooves in the boards, air pockets remain in the MHM structure, which improves the heat insulation of the panel.

In the first phase of MHM panel manufacturing, strength classified dried boards have grooves cut into them lengthwise and a lateral rabbet is milled into them to ensure a better fit sideways. The grooves in the board create air pockets in the final panel, which improves the lambda value of the panel. The maximum depth of the grooves is 3 mm. The boards are 24 mm thick. Boards of different widths can be used in the panels.

In the second phase, the actual element is manufactured on an automatic assembly line. First, the boards are pressed together lengthwise and crosswise. After this, the board layers are nailed together layer-by-layer with ridged aluminium nails. A specially designed machine is used to do the nailing.

In the finalising phase, the panel is processed into an installation-ready element with CNC machining and hole cutting is done as needed. The accuracy of the measurements is ± 1 mm. The aluminium nails are not a problem for CNC machining.

The air pockets and cracks in MHM panels make it difficult to measure the panels’ charring rate. If there is a fire resistance requirement for the structures, it is recommended that MHM panels have protective cladding to raise them to a full minute class.

The sound insulation qualities of MHM panels are poor much like other massive wood panels. In addition, cracks in the panels reduce the insulation properties. Sound insulation can be improved with sealed layered structures by adding mass and sound-insulating layers.

If panels are left visible, the untreated wood can balance out interior moisture. MHM does not create an airtight and moisture tight structural layer in the structure without a separate air and moisture barrier.

MHM elements can be used as load-bearing and non load-bearing wall structures. MHM panels are not recommend for use as slabs for intermediate floors and roofs or as beams.

The desired wall thickness can be achieved by altering the amount of board layers. The number of layers varies between 5 and 15. All thicknesses are produced with an odd number of board layers. This means that the boards in the exterior and interior layers of a wall element run in the same direction, meaning vertically.

Since MHM panels do not create an airtight and moisture tight structural layer, they always need a separate air and vapour barrier. If the wall structure is done as a massive element without external insulation, an air and vapour barrier must be placed on the interior side of the panel.

MHM exterior wall elements can also be insulated from the outside, in which case the panel is dimensioned according to the load it is bearing. The insulation is placed on the exterior side of the massive wood element. Air and vapour barriers can be placed between the panel and the insulation.

Surface cladding is also possible and often desired. The interior surfaces can be painted, evened out or covered with drywall or panel. Interior design panels can also be installed on top of MHM panel. Wood cladding or other external cladding can be added to the exterior.

Dowel laminated massive wood panels

Dowel Laminated Timber (DLT) is a more developed version of Nail-laminated timber (NLT) from the early 2000s. The structural principles of DLT panels are similar to NLT panels, but the metal nails are replaced with deciduous wood dowels. Due to the different moisture characteristics of the wood species used, a strong bond between boards and dowels can be achieved.

DLT panels can be used both in wall and in slab structures depending on the panel type. The tallest building that uses DLT panels is the seven-storey E3 building in Berlin.

Parallel DLT

A number of companies manufacture parallel DLT panels in Europe. The dowels in the most common type of structure are placed perpendicularly in the boards, but diagonal placement is also used.

Manufacturing leverages the variation in the moisture content of different wood species. The boards in the panel are dried to 12-15% moisture and the dowels to a lower 8% moisture. Generally, boards are either spruce or pine, and the dowels are beech.

When dowels with a lower moisture content are placed in boards with a higher moisture content, they pull the moisture from the wood around them into themselves and swell. This generates a strong bond between the dowel and board.

When it comes to DLT panels, it must be noted that large variations in heat and moisture, for example, at the work site, can cause cracks and distortions in the panels. Sometimes this can be anticipated by adding mechanical bindings or adhesive.

Dowels placed diagonally also eliminate this problem as they stiffen the panel structure by reducing the warping and cracking of the panel.

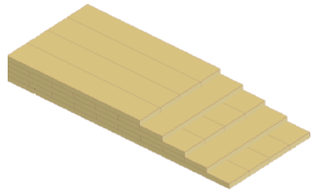
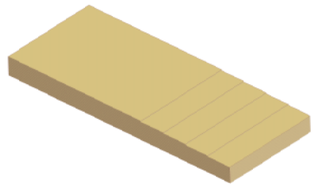
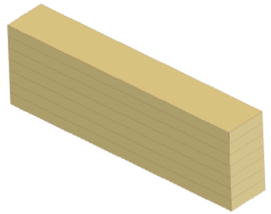
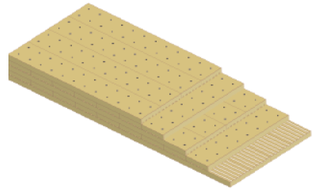
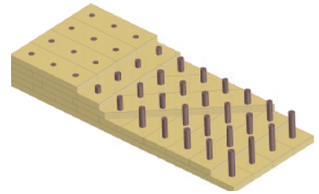
DLT panels and elements are machined to specification with CNC machining.

Parallel DLT panels are suited for walls, and intermediate floor and roof slabs. In slab structures, they can be left visible as is. Different acoustic and visual surfaces can be achieved with different board widths and edge profiles, for example.

Crosswise DLT panels

Another way to make DLT panels is to place the board layers crosswise as for CLT and MHM and to fasten them with wood dowels. The Austrian company Thoma manufacturers this kind of product under the name Holz100 (Wood100).

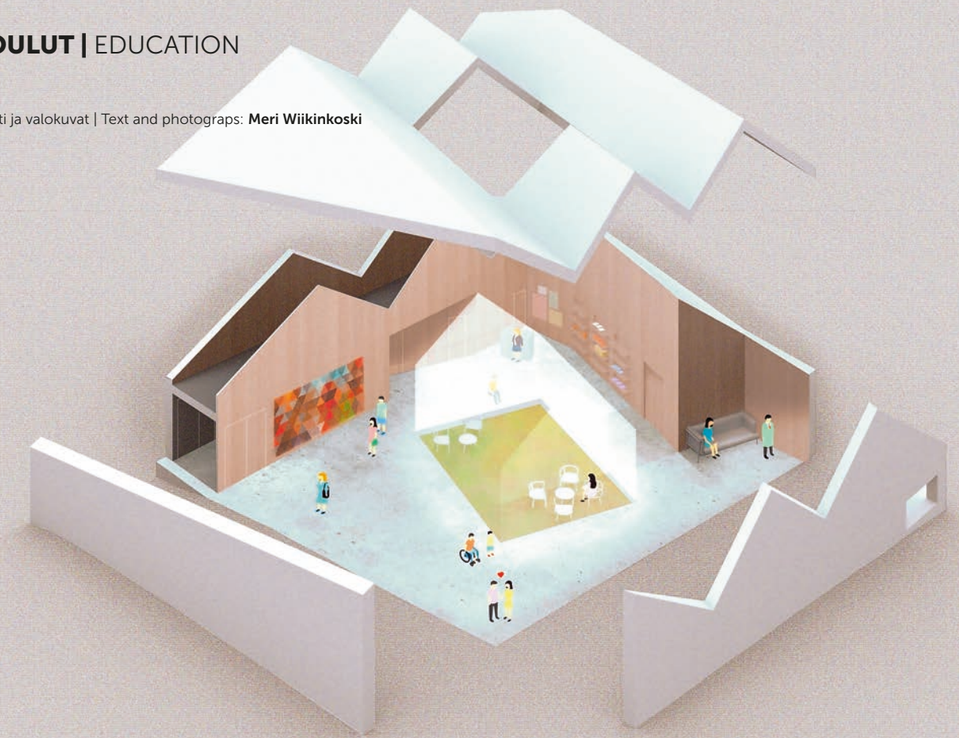
The height of the element can be 3.05 m, the length 8 m at its maximum and the thickness can be 120 to 364 mm. The number of board layers varies according to the use of the product. Board layers are 26 to 29 mm thick when the core is 40 to 80 mm. The boards are place crosswise from three different angles. Some of the board layers are horizontal some vertical and some at a 45° angle. Grooves are cut into the boards for some of the wall elements to improve heat insulation. The panels are designed, measured, and manufactured on a case-by-case basis to get the optimum result for each use case. ■

	CLT	Rakenteellinen LVL	Liimapuu	MHM	Vaarnattu massiivipuulevy, DLT
					
Rakenne	Ristiinliimatuista lautalevyistä valmistettu rakenteellinen levytuote. Kerrokset 90° kulmassa suhteessa toisiinsa. Kerrokset on valmistajasta riippuen, joko syrjäliimattu tai syrjäliimaamattomia.	Sorvatuista viiluista liimaamalla valmistettu rakenteellinen puutuote. Viilujen syysuunta pääsääntöisesti pituussuuntaan, tuotteesta riippuen osa viiluista poikittain.	Lamelleista liimaamalla valmistettu rakenteellinen puutuote. Lamellien syysuunta on liimapuutuotteen pituussuuntainen.	Ristikkäin ladotusta lujuuslajitellusta havupuusta naulaamalla valmistettu levy.	Puutapeilla vaarnattu yhdensuuntaisesti vierekkäin syrjälankkutekniikalla tai ristiin päällekkäin valmistettu puutuote (kuva).
Kerrosrakenne	3 - 10 kerrosta, riippuu valmistajasta ja tuotteen käyttökohteesta.	Viilukerrosten rakenne riippuu tuotteen paksuudesta ja halutuista ominaisuuksista.	Vähintään kaksi, enintään 45 mm paksua sahatavaralamellia. Lamellien määrä riippuu tuotteesta.	5 - 15 kerrosta, kantavissa elementeissä pariton kerrosmäärä.	Useita eri rakenteita riippuen valmistajasta ja tuotteen käyttökohteesta.
Kerrosten kiinnitys	Liimauksessa käytetään PUR-liimaa.	Liimauksessa käytetään yleensä fenoli-formaldehydiliimaa. [2]	Liimauksessa käytetään MUF-liimaa (liimatyyppi I). [3]	Kiinnitetään rihlatuilla alumiininauloilla. [5]	Kiinnitetään lehtipuutapeilla.
Käyttökohteet	Seinä- ja laattarakenteet	Seinä ja laattarakenteet sekä pilarit ja palkit	Pilareina ja palkkeina, yhteen liitettynä myös laattamaiset rakenteet	Seinärakenteet (HUOM: ei laattarakenteet)	Kantavat ja jäykistävät rakenteet seinä- ja lattiarakenteissa
Puulaji	Kuusi ja mänty	Kuusi	Kuusi tai mänty	Eurooppalaiset havupuut	Havupuut
Tiheys ($\rho_{g,k}$) (ρ_{mean})	350 kg/m³ (C24) [1] 420 kg/m³ (C24) [1]	480 kg/m³ (LVL 36 C, panel) [2] 510 kg/m³ (LVL 36 C, panel) [2]	390 kg/m3 (GL30c) [3] 430 kg/m3 (GL30c) [3]	450 kg/m³ [5]	Tiheys vaihtelee riippuen levyn valmistustekniikasta. Ristikkäin ladotun levyn tiheys 450 kg/m³. [6]
Pinnat	Pintaluokat riippuvat valmistajasta, yleensä luokkia on kolme: näkyvä, teollinen ja ei näkyvä. [1]	Peruspinta on hiomaton, näkyviin pintoihin suositellaan optista hiontaa. Kalibroivassa hionnassa pintaan saattaa jäädä tummia liimakohtia näkyviin. [2]	Pohjoismaissa valmistetulle liimapuulle on sovittu neljä ulkonäköluokkaa. Luokka valitaan käyttötarkoituksen ja ulkonäkövaatimusten mukaan. Riippuu valmistajasta. Pinnat yleensä höylätty. [3]	Hiottu pinta näkyvissä pinnoissa, pinnoitusta suositellaan (naulanpäät näkyvillä pinnassa).	Rakenteessa, jossa laudat yhdensuuntaisesti saadaan erilaisia akustisia- ja visuaalisia pintoja laudan erilaisilla leveyksillä ja syrjän profiloinnilla. Ristiin ladotussa rakenteessa peruspinnassa on näkyvissä puutappien päät.
Käyttöluokka	1 ja 2 [1]	1 ja 2 [2] 3 (painekyllästetty LVL) [2]	1-3 (liimatyyppi I) [3] 1-2 (iimatyyppi II) [3]	1 ja 2 [5]	1
Lämmönjohtokyky (λ)	0,13 W/(m °C) [1]	0,13 W/mK [2]	0,13 W/(m °C) [4]	0,11 W/(m*K) [5]	Ristiin ladottu levyrakenne: 0,105 - 0,12 W/mK [6]
Ilmantiiveys	Syrjäliimattu levy on ilmatiiviimpi kuin syrjäliimaamaton, valmistajakohtainen.	Ilmatiivis	Materiaalina ilmatiivis, levymäiseksi rakenteeksi koottuna riippuu rakenteesta.	Ilmatiivis, kun pinnat on levytetty.	Ilmatiivis, kun pinnat on levytetty.
Paloluokka	D-s2, d0 (ei palokäsitelty)	D-s2, d0 [2]	D-s2, d0 [3]	D-s2, d0 [5]	D-s2, d0 [6]
Hiiltymänopeus	0,6 – 1,1 mm/min [1] Tarkistettava valmistajakohtaisesti	0,7 mm/min [2]	0,7 mm/min [3]	Tarkistettava tapauskohtaisesti	Tarkistettava tapauskohtaisesti
Valmistajia	Stora Enso, CrossLam Kuhmo Oy, HOISKO, CLT Plant Oy	MetsäWood Stora Enso	Versowood Oy, Late-Rakenteet Oy, Pellopuu Oy, Kestopalkki LPJ Oy	Ei valmistusta Suomessa	Ei valmistusta Suomessa

Lähteet:

[1] KL-trähandbook, Svensk Trä https://www.svenskttra.se/publikationer_start/publikationer/kl-trahandbok
[2] LVL Handbook, Federation of the Finnish Woodworking Industries, http://proofer.faktor.fi/epaper/LVLHandbook
[3] Liimapuukäsikirja, Osat 1 ja 2, Suomen Liimapuuyhdistys ry ja Puuinfo Oy, https://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/liimapuukasikirja
[4] Limträhandbook, Del 1, Svensk Trä, https://www.svenskttra.se/publikationer_start/publikationer/limtrahandbok
[5] Massivholzmauer Entwicklungs GmbH, https://www.massivholzmauer.de
[5] Ing. Erwin Thoma Holz GmbH, https://www.thoma.at

Teksti ja valokuvat | Text and photographs: **Meri Wiikinkoski**



Galleriarakennus Albert Edelfeltin ateljeemuseolle

Valoateljee

A new gallery building at the Albert Edelfelt Studio Museum

Metsäisellä rantatontilla Porvoon Haikkoossa sijaitsee Albert Edelfeltin vanha ateljee. Ateljeemuseota ylläpitävän säätiön toive on kasvattaa pienestä museosta monipuolinen kulttuuritila. Diplomityöni on suunnitelma uudesta galleriarakennuksesta Edelfeltin vanhan ateljeen yhteyteen.

Suunnittelun suurin haaste oli löytää tasapaino uudisrakennuksen ja vanhan, vaatimattoman ateljeerakennuksen välille. Koin, että gallerian on oltava selkeästi alisteinen historiallisesti arvokkaalle ateljeelle, mutta lunastettava paikkansa kulttuurirakennuksena nykyarkkitehtuurin kentällä.

Gallerian arkkitehtoninen konsepti on esitellä vierailijoille Albert Edelfeltin ateljeen tila pelkistyneimmillään: uudisrakennuksen keskellä on täsmälleen vanhan ateljeen kokoinen ja samansuuntainen tyhjä tila, "Valoateljee", jonka ympärille gallerian toiminnot kietoutuvat. Vanhan ateljeen hahmon tuominen uudisrakennuksen kantavaksi teemaksi luo siteen kahden kulttuurirakennuksen välille.

Hahmoltaan puurakenteinen galleria on kuin tontille viskattu esine, joka ei tunnu välittäneen juurikaan siitä, mihin se on pudonnut. Todellisuudessa rakennuksen sijainti, suuntaukset ja etäisyydet sekä tontin rajoihin että vanhaan ateljeeseen perustuvat tarkkoihin analyyseihini eri vaihtoehtojen vaikutuksista.

Koska galleriarakennuksen massa on suhteellisen suuri verrattuna ateljeeseen, pilkoin sitä pienempiin osiin kattomuotoa veistämällä. Harjakattomuunnelma ottaa kantaa myös alueen historialliseen, pienipiirteisempään rakennuskantaan: ateljeelle päin julkisivu näyttäytyy kuin kolmena matalana, harjakattoisena aittana. Diagonaaliset kattomuodot jakavat myös gallerian yhtenäiset sisätilat visuaalisesti useammaksi tilaksi.

Rakennus on luonteeltaan vahvasti sisäänpäin kääntynyt. Suoraa valoa tilaan tulee vain vähän. Voimakas luonnonvalo ei sovi taiteen esittämiseen, mutta galleriarakennuksen monikäyttöisyyden vuoksi en halunnut jättää tilaa kokonaan keinovalaistuksen armoille. Luonnonvalon päälähteenä on keskelle jäävä atriumpiha, jonka kautta valo ohjautuu tilaan pehmeästi.

Korostaakseni valopihaa tilan ensisijaisena valonlähteenä jätin yleisötilasta pois aukotukset, nurkan näkymäikkunaa lukuun ottamatta. Kokemuksen voimistamiseksi sijoitin luonnonvaloelementin keskelle avointa yleisötilaa –galleriassa kuljetaan siis koko ajan valoateljeeta kiertäen. Paitsi että keskuspiha on itsessään kuin taideteos – installaatio, joka kertoo Albert Edelfeltin ateljee-elämän tilasta ja valosta – se on myös toiminnallisesti monipuolinen tilanjakaja. Avattavien lasiseinien ansiosta sisäpiha on myös mahdollista ottaa käyttöön osana näyttelyitä ja kulttuuritapahtumia. ■

Diplomityö arvioitiin vuoden ansiokkaimmaksi diplomityöksi, josta Meri Wiikinkoski sai Suomen Arkkitehtiliitto SAFAn vuoden 2019 Wuorio-palkinnon

piha
reitti ateljeelle

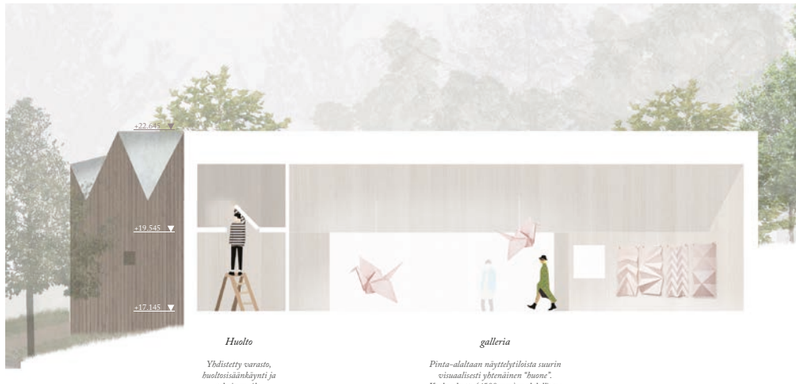
katettu sisäänkäynti
rakennuksen nimi kuparikirjaimin ja seinään upotettu ilmoitustaulu

"kuisti"
vanhan ateljeen kuistin kokoinen muistuma, erottuu muusta uudisrakennuksesta materiaalimaailmallaan

valoateljee
Ullottila, 300 mm lattiatason alapuolella, hevyttä metsämäistä kasvillisuutta – pieni pala luontoa.

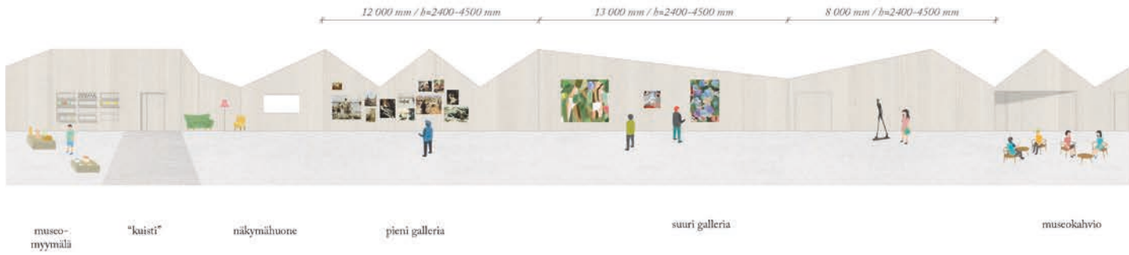
galleria
Pinta-alaltaan näyttelytiloista suurin visuaalisesti yhtenäinen "huone".

Leikkaukset | Sections



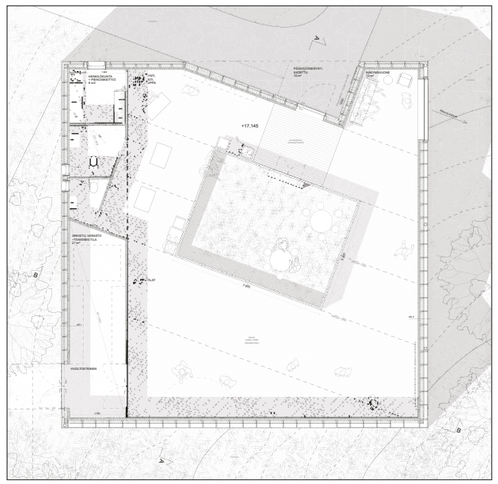
Huolto
Yhdistetty varasto, huoltosisäänkäynti ja tekninen tila.

galleria
Pinta-alaltaan näyttelytiloista suurin visuaalisesti yhtenäinen "huone". Korkea katto (4500 mm) mahdollistaa ripustukset ja suurikokoisemmat veistokset.

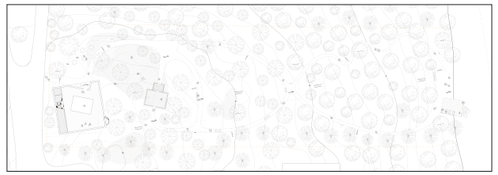


A wooded beachfront in Haikko, Porvoo is home to the former studio of renowned painter Albert Edelfelt. The foundation running the small Studio Museum is hoping to transform it into a more diverse cultural space. My Master's Thesis is a design for a new gallery building near Edelfelt's old studio.

The greatest challenge in the design was to find an appropriate balance between the new building and the original, more modest studio. I felt that the gallery needed to be clearly subordinate to the historically significant studio, yet worthy in itself as a cultural building and a work of contemporary architecture.



Pohjapiirustus | Floor plan



Asemapiirustus | Site plan

The architectural concept of the gallery is to present Albert Edelfelt's studio space in its simplest form to visitors: activities in the gallery are centered on a "Light Studio" at the heart of the building – an empty studio space exactly the same size as the old studio. Having the character of the old studio at the core of the new building links the two cultural buildings together.

Location wise, the tree-like gallery has the feel of an object that landed at a random location and didn't mind staying there. In reality, the building's location, opening angles and distances to the site boundaries and the old studio are based on my detailed analysis of the effects of the various options.

Because the gallery has a relatively large building mass compared to the studio, I split the mass into smaller sections by carving the roof. This intentional variation on the pitched roof theme pays homage to the area's historic, low-key building stock: when viewed from the studio, the facade has the appearance of three low-rise sheds with pitched roofs. The diagonal roof shapes also serve to visually divide the gallery's interior into several spaces.

The building is very introspective in character. There is very little direct light, for example. Art does not favour strong natural light, but as the gallery building has many potential uses, I did not want to leave the room entirely to the mercy of artificial lighting. The main source of natural light is the central atrium, which illuminates the space gently.

Since I wanted the light atrium to be the primary light source, I designed the public spaces to have no other openings than the panorama window in the corner. To enhance the experience, I placed the natural light element in the middle of the public gallery space, meaning that visitors circle around the Light Studio as they browse the gallery. The atrium is a work of art in itself - an installation piece on the space and light of Albert Edelfelt's studio life - but it also serves as a multifunctional space divider. The glass walls can be opened up to expand exhibitions and cultural events into the atrium area. ■

The Finnish Association of Architects awarded Meri Wiikinkoski the 2019 Wuorio Prize for her Master's Thesis, which they deemed the most meritorious Master's Thesis of the year

Puu taipuu moneksi

Tulevaisuuden materiaali

Me suomalaiset olemme osanneet hyödyntää puuta jo ammoiset ajat – rakentamisessa, työkaluissa ja viliseepähän kielemmekin metsäisiä ilmauksia.

Tulevaisuudessa voimme nousta kokoamme suuremmaksi toimijaksi ilmastonmuutoksen vastaisessa taistelussa, jos päätämme rakentaa puusta.

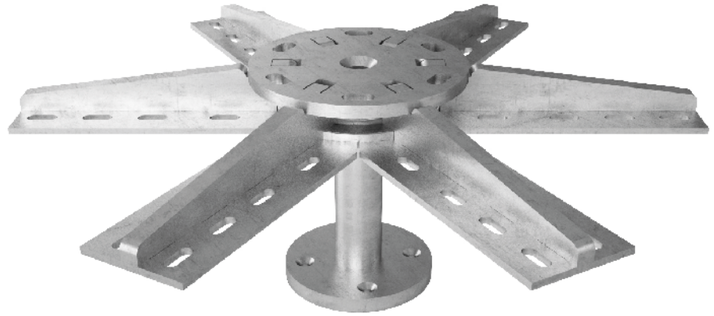
Tutustu modernin puurakentamisen mahdollisuuksiin:

www.versowood.fi

versowood

PUU CO2 LUONNOLLINEN HIILIVARASTO

STRUCTURAL TIMBER AWARDS
2019
WINNER
PRODUCT INNOVATION AWARD



SPIDER tuo puukerrostalorakentamisen aivan uudelle uniikille tasolle.

SPIDER brings multi-storey buildings on uniquely higher level.

Innovaation ydin on vaakatasoisten **CLT-levyjen yhteenliittäminen** yhdessä pisteessä, samalla kun tämä ylempi taso lepää pilareiden varassa alemman puurakenteen päällä. Tuote on kehitetty hyvässä yhteistyössä Rothoblaasin ja **Innsbruckin yliopiston** kanssa, SPIDER- kiinnike on läpikäynyt tarkan soveltuvuustestauksen. SPIDER kestää jopa **790 kN työntövoiman** (kun liitettynä kuusi-CLT levyyn, paksuudeltaan 160- 240 mm, kanssa) ja kestää yläpuolisen kuorman siirtymisen keskimäärin **5600 kN**. Kiinnike on parhaillaan **ETA-sertifioinnin** viimevaiheessa ja esitellään tärkeimmissä puurakentamisen tapahtumissa maailmanlaajuisesti.

SPIDER inspiroi monikerroksisen puurakentamisen vallankumousta. Saatavilla keväällä 2020.

The innovation lies in connecting flat **slabs on a single point** allowing floors to rest directly on the upright columns of the timber structure. Developed thanks to a close collaboration between Rothoblaas and the **University of Innsbruck**, the connector underwent strict lab testing. Spider can sustain up to **790 kN push-out forces** (standard CLT elements in spruce 160-240 mm) and allows load transfers from upper floors of averagely **5600 kN**. The connector is at the final stages of **ETA certification** and is being presented to the most important timber engineering events worldwide.

SPIDER inspires revolution for multi storey timber buildings. Available soon. Spring 2020.

INFORMATION
Pauli Paintola +358 406 574 442
pauli.paintola@rothoblaas.com | **www.rothoblaas.com**

rothoblaas
Solutions for Building Technology

WoodCity

Kuva: SRV

Puurakentamisessa askeleen edellä

Swecolla on pitkä kokemus ja vankkaa asiantuntijuutta puurakentamisen kehittämisestä. Kokemusta ovat kerryttäneet monet hankkeet niin Suomessa kuin koko Skandinavian alueella. Rakennusala muuttuu puurakentamisen myötä ja Sweco on eturintamassa tekemässä tätä kehitystä.

Swecolla työntekijöille annetaan mahdollisuus kasvaa niin yrityksen sisällä kuin osaajana. Eri urapolkujen myötä on mahdollisuus lisävastuun ottamiseen. Hannes Tähtinen ja Maija Tiainen toimivat maamme suurimmassa puurakennesuunnittelutiimissä. Hannes on ollut Swecon palveluksessa lähes yhdeksän vuotta ja Maijakin jo kuusi. Parasta työssä on arjen haasteen selättäminen ja teknisen ratkaisun löytyminen, Hannes kertoo. Työkavereiden merkitys työssä viihtymiseen on merkittävää ja se puoli on Swecolla kunnossa. ”Ja meillähän on ne parhaimmat projektit!”, Maija nauraa.

Mukana korkeatasoisissa, ilmastonmuutosta hillitsevissä puurakennushankkeissa

Wood City -kortteli Helsingin Jätkäsaaressa on ainutlaatuinen ja kansainvälisestikin kiinnostava puukortteli. Maija on tehnyt suunnittelutyötä alueelle ja toimii nyt projektipäällikkönä. Maija iloitsee mukanaolostaan yhdessä kaupungin kärkihankkeista. Tilaaja on ollut vaativa, mutta vaatimuksiin ja muutoksiin on kyetty vastaamaan. Projektipäällikkö on erityisen tyytyväinen siihen, että työmaalla asiat etenevät jouhevasti ja suunnittelun ja rakentamisen välinen viestintä on selkeää. Hankkeen laajuuteen nähden muun muassa elementtien asennukset runkoihin sujuivat sutjakkaasti ja poikkeamia oli vähän, Maija arvioi. Ja rakennuksen julkisivusta tulee upea!

Kuva: Satu Salmelin-Tikkala

Massiivista puurakentamista on ja sitä tehdään enenevissä määrin, toteavat Swecon puurakentamiseen erikoistuneet insinöörit osastopäällikkö Maija Tiainen ja puuteknologiapäällikkö Hannes Tähtinen.

Onnistumiseen ja aikataulun pitämiseen vaikuttivat hyvät suunnitelmat, järjestelmällinen yhteydenpito sidosryhmiin ja yksiselitteiset kuvat elementtitehtaalle. Yhteistyö alan eri toimijoiden ja loppukäyttäjien kanssa on yksi työn parhaista puolista.

Mansikkalan koulukeskus

Kuva: Tuomas Laitinen, Forecon Oy

”Sweco on ollut mukana Wood Cityn korttelissa alusta lähtien sekä päärakennesuunnittelun että puutuoteosasuunnittelun osalta. Yhteistyömme on ollut sujuvaa. Hyvässä hengessä on käyty läpi asioita, joissa on onnistuttu ja toisaalta kokemuksista on otettu oppia seuraavia hankkeita varten”, kommentoi SRV:n kehitysjohtaja Antti Aaltonen.

Antoisinta on positiivinen palaute asiakkaalta ja se, että käyttäjä saa sellaisen rakennuksen kuin tarvitsee, Swecon asiantuntijat toteavat. Tämän projektin onnistumisesta kertoo parhaiten se, että hanke poiki jo jatkoprojektin.

Imatralla sijaitseva Mansikkalan koulukeskus tulee toimimaan monitoimitalona ja rakennusta tullaan käyttämään mahdollisimman kattavasti myös varhaiskasvatuksen ja opetuksen ulkopuolisina aikoina. Koulukeskukseen sijoittuvaa päiväkotia, peruskoulua ja lukiota käyttää päivittäin noin 1350 lasta tai opiskelijaa. Uudisrakennus otetaan käyttöön elokuussa 2020.

”Vieraillessani Mansikkalan työmaalla oli ilo laittaa Swecon kypärä päähän. Ei ollut huolta negatiivisesta palautteesta, sillä tiesin rakennesuunnittelumme sujuneen hienosti ja aikataulussa ollaan pysytty”, puurakenneteknologiaa Swecolla vetävä Hannes kertoo.

Mansikkalan hankkeen erityispiirre oli elementtilohkoina toimitettu vesikatto. Katto siirrettiin ja asennettiin lohkoina. Valmista kattopinta-alaa syntyi nopeasti, koska lohkoissa oli huomioitu valmiiksi vaikeat kattomuodot ja jiirirakenteet. Osaaminen ja mittatarkat suunnitelmat punnittiin viimeistään siinä vaiheessa, kun isoja lohkoja asennettiin paikoilleen.

Puusta pitkään, uusin tavoin

Massiivipuun valitseminen materiaaliksi muuttaa rakentamisen totuttua tapaa. Uusien materiaalien lisäksi tulee uusia toimintamalleja. Sweco hallitsee kaikki käytössä olevat puurakentamisen toteutustavat.

Swecolla on johtava 3D osaaminen ja käytännössä kaikki uudishankkeet tehdään jo nyt tietomallintamalla. Tämä on Swecon yksi tärkeimmistä erottautumistekijöistä kilpailijoihin nähden. Mansikkalan hankkeessa tietomallia hyödynnettiin myös tuotannossa, jossa valmistettavaa elementtiä voitiin tarkastella kolmiulotteisena Swecon **SmartDrawings**™ -palvelussa. QR-koodien käyttö vähensi selkeästi puhelinsoittojen määrää, joissa selvitetään esimerkiksi mittoja tai muuta sellaista. Prosessin nopeutuminen toi lisähyötyjä hankkeen kaikille osapuolille.

”Puurakentaminen on siistiä rakentamista, työmailla esimerkiksi pölyn määrä on vähäisempää eikä esimerkiksi piikkausvasara ole koko ajan äänessä”, Maija huomauttaa. ”Myös puurakentamisen perinteellä on arvoa”, jatkaa Hannes ja viittaa maamme vanhaan hirsitalorakentamisen perinteeseen. Puu myös miellyttää silmää ja luo viihtyisää ympäristöä, asiantuntijat summaavat. ■

INFO:
Sweco Rakennetekniikka Oy
Ilmalanportti 2, 00240 Helsinki
0207393000
www.sweco.fi

SWECO

WoodCity välipohja

Kuva: SRV

Teksti | Text: **Markku Laukkanen**
Kuva | Photograph: **Ympäristöministeriö, Mikael Ahlfors**

Ympäristöministeri Krista Mikkonen: Tavoitteena puurakentamisen tuplaaminen tällä hallituskaudella

Minister of the Environment Krista Mikkonen: The aim is to double wood construction during this term

Ympäristöministeri **Krista Mikkonen**, vihr., on valmistautunut nykyiseen tehtäväänsä yli kahden vuosikymmenen ajan. Kun nuori partiolainen näki luonnossa tapahtuvat muutokset, hän hakeutui toimimaan ympäristöjärjestöissä, opiskelemaan biologiaa, tuli valituksi Joensuun kaupunginvaltuustoon vuonna 1996 ja sen myötä Vihreiden moniin luottamustehtäviin. Eduskuntaan puutalossa Joensuussa asuva Mikkonen valittiin ensi kerran vuoden 2015 vaaleissa.

– Kun lukioaikana vaihto-oppilaana Yhdysvalloissa ymmärsin kertakäyttökulttuurin vaarantavan maapallon kestokyvyn, halusin tulla vaikuttamaan kehitykseen politiikan keinoin. Minulle ympäristöasiat ovat kaiken politiikan keskiössä. Ilmastokeskustelu on havahduttanut ihmiset ymmärtämään sen, että täällä on elettävä ympäristön ehdoin ja luonnon monimuotoisuutta on varjeltava.

Metsistä ja puun käytöstä on tullut Mikkosen mukaan keskeinen osa ilmastokeskustelua siksi, koska puolet Suomen päästöistä sitoutuu metsiin. – Puu on uusiutuva luonnonvara ja kestävä erinomainen materiaali moneen käyttöön. Kannustankin siihen, että kehitetään edelleen hiilensidonnan kannalta pitkävaikutteisia tuotteita. Puurakentaminen on parasta puun käyttöä, kun se sitoo hiilen koko elinkaarensa ajan, sanoo Mikkonen.

– Hallitusohjelmaan kirjattujen puurakentamisen edistämiskeinojen keskeisin tavoite on puurakentamisen tuplaaminen tällä hallituskaudella. Kun puun käyttö pientalorakentamisessa on korkealla, merkittävä osa uusista päiväkodeista ja kouluista rakennetaan puusta, niin me tarvitsemme seuraavaksi läpimurron nimenomaan kerrostalorakentamisessa.

Yhteiskunnalla tulee olla aktiivinen rooli puurakentamisen edistämisessä

Mikkosen mukaan puurakentamisen edistämisohjelman tavoitteisiin pyritään muun muassa myöntämällä rakennuttajalle maankäytön, asumisen ja liikenteen MAL - sopimusten mukaisia korotettuja 20 prosentin käynnistysavustuksia, jos rakennus on puurakenteinen.

– Näitä sopimuksia pyritään tekemään nimenomaan isojen kaupunkien kanssa. Julkisen sektorin tulisi suosia puun käyttöä rakentamisessa esimerkiksi kaavoituksen keinoin. Samalla voidaan hyödyntää läheltä tulevia raaka-aineita ja rakentaa kunnalle hyvää ympäristöystävällistä imagoa ja brändiä.

– Yhteiskunnalla tulee olla aktiivinen rooli puurakentamisen edistämisessä. Puun käytöllä on monia hyviä puolia sen hiilen sidonnan lisäksi. Puurakennuksissa on hyvä sisäilma ja materiaali on helppo kierrättää elinkaaren lopussa.

Julkisen sektorin tulee tukea Mikkosen mielestä erityisesti rakentamisen uusia innovaatioita. – On tärkeää kehittää esimerkiksi kerrostalorakentamisen teknologiaa ja ratkaisuja. Esimerkiksi Ruotsissa teollinen puurakentaminen on jo ohittanut betonirakentamisen kilpailukyvyn. Tämä kaikki edellyttää puurakentamisen koulutuksen laaja-alaista tehostamista. Puurakentaminen tuleekin saada osaksi kaikkien rakentamisen alan korkeakoulujen opetussuunnitelmia.

– Myös rakentamisen säädösten kehittämisellä voidaan edistää puurakentamista. Nyt selvitetään, voidaanko puurakennusten sisäpintojen suojaverhousta keventää. Sen lisäksi tavoitteena on, että 2020-luvun puoliväliin mennessä rakennusten elinkaaren mittainen hiilijalanjälki tuodaan osaksi rakennussääntelyä. Tässä Suomi haluaa olla aktiivinen Euroopan tasolla ja edistää vähähiilisen rakentamisen pilottihankkeita.

Puurakentamisella saavutetaan merkittäviä ilmastovaikutuksia

Mikkonen muistuttaa, että kun rakentamisen ja asumisen osuus kaikista päästöistä on kolmanneksen luokkaa, rakentamisen ratkaisuilla on suuri merkitys. – Tutkimusten perusteella puurakentaminen vähentää betonirakentamiseen verrattuna 10–40 prosenttia elinkaaren aikaisia päästöjä. Puun käytöllä voidaan vähentää rakennusten päästöjä samalla kun se toimii hiilivarastona. Puurakentamisella saadaan siis merkittäviä ilmastovaikutuksia.

– Rakennukset tulee saada päästödieetille. Olen tavannut kansainvälisissä kokouksissa rakennusliikkeitä, joilla on uudenlaista valmiutta selvittää mistä päästöt tulevat ja puuttua niihin. Nyt tarvitaan työkaluja myös rakennussuunnitteluun, jotta löydetään vähäpäästöiset ratkaisut kuhunkin kohteeseen. ■

Minister of the Environment **Krista Mikkonen** of the Green Party has been preparing for her current role for over two decades. Having seen the changes occurring in nature firsthand as a young scout, she applied to work in environmental organisations, studied biology, and was elected to the Joensuu City Council in 1996, which then lead to many roles within the Green Party. Mikkonen, who lives in a wood house in Joensuu, was first elected to Parliament in 2015.

– When I realised as a high school exchange student in the United States that our disposable culture was endangering the Earth's sustainability, I wanted to influence development through policy. For me, environmental issues are at the heart of all politics. The climate debate has awakened people to the need to live in harmony with the environment and to protect biodiversity.

According to Mikkonen, forests and wood use have become a central part of the climate debate because forests are able to bind half of Finland's emissions. - Wood is a renewable resource and an excellent durable material for many uses. I therefore support the further development of products with long-term impacts on carbon capture. Wood construction is the best use of wood as it binds carbon throughout its lifecycle, says Mikkonen.

– The main goal of the wood construction promotion measures in the government program is to double wood construction during this term. As wood is used extensively in detached houses and a significant proportion of new day-care centres and schools are being built of wood, we need apartment building construction to be the next breakthrough.

Society needs to actively promote wood construction

According to Mikkonen, the objectives of the Wood Construction Promotion Program are pursued, among other ways, by providing the developer with an increased 20% start-up grant under the MAL program for land use, housing and transport, if the building is wood-based.

– We want to conclude these agreements with big cities in particular. The public sector should favour the use of wood in construction, for example by setting requirements in municipal zoning plans. At the same time, it is an opportunity to use nearby raw materials and build a good environmentally friendly image and brand for the municipality.

– Society needs to actively promote wood construction. Wood has many benefits in addition to carbon storage. Wood buildings have good indoor air, and the material is easy to recycle at the end of the building's lifecycle.

It is Mikkonen's view that the public sector should give particular support to new innovations in construction. – It is important to develop technology and solutions for apartment buildings, for example. In Sweden, industrial wood construction has already surpassed the competitiveness of concrete construction. All this demands wide ranging efficiency in wood construction education. Wood construction should therefore be included in the curricula of all higher education in construction.

– Building regulations can also be used to promote wood construction. We are now exploring whether the cladding of the interior surfaces of wooden buildings can be made less heavy. In addition, the aim is to include the carbon footprint of building lifecycles in building regulations by the mid-2020s. Finland wants to be active at a European level and promote low-carbon pilot projects.

Wood construction has significant climate impacts

Mikkonen points out that when construction and housing make up a third of all emissions, construction solutions play a big role. – Studies show that wood construction reduces lifecycle emissions by 10–40% compared to concrete construction. The use of wood can reduce emissions from buildings while acting as a carbon store. Wood construction thus has significant climatic effects.

– Buildings need to go on an emissions diet. At international meetings, I have met representatives of building companies who have shown a new kind of readiness to find out where the emissions come from and how to tackle them. Now we need tools for building design to find low-emission solutions for every site. ■

LIGHTHOUSE JOENSUU

ARCADIA Oy Architects founded in Joensuu 1970 is a nationwide operating architectural firm. Our wide section of services include housing, school, business and hospital design specializing in city structure and the latest wood building technology. We have solid experience in BIM coordination in projects of national significance.

Lighthouse Team: **Samuli Sallinen** (in picture), **Jesperi Vara**, **Heikki Toivanen**

DAS KELO

Aaro Artto is the founder of Arkkitehtityöhuone APRT Oy and its designer partner. He has worked on several completed land use plans and buildings as a partner of APRT, including the Rovaniemi RAILO spectator stand and multifunctional building as the project's Principal Designer (Architecture Finlandia Award 2016). Aaro Artto has worked as a part-time teacher at the Department of Architecture at Aalto University and given lectures in principal designer courses and seminars. Artto's designs have received rewards in several architectural competitions, and he has served as a member of the jury in architectural competitions as well. Articles in Arkkitehti magazine and SAFA blogs.

PAASITIEN KOLMOSET

Niilo Ikonen and Atte Aaltonen

Avarrus is a Helsinki-based architecture office founded in 2008 and we strive to design fresh, functional and sustainable architecture.

THE TAABORINVUORI SUMMER CAFÉ

Eeva Korhonen is an architect and a partner at Arkkitehdit LSV based in Tampere. The studio works on a wide range of projects varying from urban planning and public buildings to housing and interior design, especially concentrating on the sustainability and durability in the projects. They are part of the Green Building Council aspiring to sustainable and carbon neutral building processes and have experience in designing in historical contexts as well as in diverse natural surroundings. The studio was established in 1986, and it has been successful in various competitions, both national and international, the latest being Shaoxing City Museum design competition in China.

TIJ BIRD OBSERVATORY

Geometria Architecture Ltd is a Finnish architectural practice established in 2015 by architects Markus Wikar and Toni Österlund. Geometria works internationally on projects for public and private customers. Geometria also offer services to other architects, engineers and builders in the fields of parametric modelling, algorithm aided design and digital fabrication.

Toni Österlund has been teaching courses in algorithm-aided design in Finland at the University of Oulu, Tampere University of Technology and at the Aalto University, and held several international workshops in e.g. Denmark and Japan. He was awarded the 2012 Pietilä Award and the 2014 Bryggman award.

VALOATELJEE - A NEW GALLERY BUILDING AT THE ALBERT EDELFELT STUDIO MUSEUM

Meri Wiikinkoski is interested in the intersection of architecture and visual arts. She designs public buildings, teaches at Aalto University, holds exhibitions and designs exhibition architecture in various teams.

OIVA WOOD SOLUTIONS

Asunto Oy Tampereen Puolari lisäkerros

Puurakentamisen onnistumisia

Olemme puurakentamisen hankkeiden asiantuntija ja tarjoamme ratkaisuja ammattirakentamiseen. Monipuolisen osaamisemme ja jatkuvan tuotekehityksemme ansiosta olemme luotettava kumppani sekä puurakenteisten rakennusosien toimittaja. Haluamme toteuttaa asiakkaillemme kokonaisvaltaisia puurakentamisen onnistumisia, aina hankesuunnittelusta tuoteosatoimitukseen ja tarvittaessa asennukseen asti.

oivawood.com

Kuva: musta Retro-liukukisko ja musta Craft 101 massiivipeiliovi

Asiantuntijan oviratkaisut
koteihin ja projektikohteisiin

JELD-WENin ovien tyyli ja tekniset ominaisuudet täyttävät sekä määräykset että suunnittelijan tarpeet. Ammattilaiset luottavat meihin, sillä ovillamme voi luoda turvallisen, esteettisen ja esteettömän ympäristön asuntoihin ja julkisiin tiloihin.

Avaa ovi mahdollisuuksiin osoitteessa **www.jeld-wen.fi**

JELD-WEN
DOOR SOLUTIONS