

Liimapuukäsikirja

OSA 1



SUOMEN LIIMAPUUYHDISTYS RY JA PUUINFO OY

LIIMAPUUKÄSIKIRJA OSA 1

Suomen Liimapuuyhdistys ry ja Puuinfo Oy



KANNEN KUVA
Heinolan uimahalli.
(Ladec, Loma Graphics Oy).

Pohjoismainen liimapuukäsikirjaprojekti

Ensimmäinen ruotsalainen Limträhandboken julkaistiin 1979. Siitä tuli nopeasti puurakentajien arvostama suunnitteluopas, jonka myöhempiä painoksia käännettiin myös suomeksi ja norjaksi ja muokattiin vastaamaan paikallisia määräyksiä. Edellinen suomenkielinen Liimapuukäsikirja julkaistiin vuonna 2003.

Vuonna 2011 Arbio AB (Sveriges Skogsindustrier ja Svenskt Trä) Ruotsista, Norske Limtreproducenters Forening Norjasta ja Puuinfo Oy (Puuinfo Oy ja Suomen Liimapuuyhdistys ry) käynnistivät yhteishankkeen, missä Liimapuukäsikirjaa laajennettiin ja se uudistettiin vastaamaan eurokoodijärjestelmää. Yhteishankkeessa laadittiin seuraavat kolme englanninkielistä Liimapuukäsikirjan käsikirjoitusta, joita ei sellaisenaan julkaistu

- Glulam Handbook, Volume I, joka sisältää liimapuutietoutta ja opastaa suunnittelussa
- Glulam Handbook, Volume II, joka antaa perus- ja taustatiedot liimapuurakenteiden mitoituksesta
- Glulam Handbook, Volume III, joka esittää mitoitusmenetelmät suppeassa muodossa ja laskentaesimerkein selvennetynä.

Kukin osallistuva maa muokkasi englanninkielisistä käsikirjoituksesta oman kansallisen liimapuukäsikirjansa, joissa on otettu huomioon kunkin maan eurokoodien kansallisissa liitteissä määritellyt parametrit.

Suomen osallistumisen yhteishankkeeseen ja suomenkielisen Liimapuukäsikirjan laatimisen rahoittivat Rakennustuotteiden Laatu Säätiö, Puuinfo Oy, Suomen Liimapuuyhdistys ry ja sen jäsenyritykset, joita ovat:

- Anaika Wood Oy Ltd
- Finland Laminated Timber Oy Ltd
- Finnlamelli Oy
- Keitele Engineered Wood Oy
- Kestopalkki LPJ Oy
- Kohiwood Oy Ltd
- Lameco LHT Oy
- Late-Rakenteet Oy
- Metsä Wood, Kuningaspalkki
- Pölkky Oy
- Safewood Oy Ltd
- Stora Enso Wood Products Oy Ltd
- Versowood Oy

Projektin johtoryhmään ja toimitusneuvostoon kuuluivat

- Leif Cederlöf, Setra Trävaror AB, Ruotsi
- Roberto Crocetti, Lundin teknillinen korkeakoulu, Ruotsi
- Mikael Fonselius, Woodvalue, Suomi
- Johan Fröbel, Svenskt Trä, Ruotsi
- Holger Gross, Gross Production AB, Ruotsi
- Jouni Hakkarainen, Metsä Wood, Suomi
- Åge Holmestad, Moelven Limtre AS, Norja
- Thomas Johansson, Moelven Töreboda AB, Ruotsi
- Rune Karlsson, Rune Karlsson Byggprojektering i Hedemora, Ruotsi
- Tomi Koskeniemi, Versowood Oy, Suomi
- Greger Lindgren, Martinson Group AB, Ruotsi
- Harald Liven, Moelven Limtre AS, Norja.
- Päivi Myllylä, Suomen Liimapuu yhdistys ry, Suomi
- Gunnar Utskot, Vestlandske Limtre Industri AS, Norja
- Tero Vesänen, Suomen Liimapuu yhdistys ry, Suomi

Liimapuukäsikirjan kuvituksesta vastasivat

- Cornelia Thelander, Thelander Arkitektur & Design AB, Ruotsi
- Vendela Martinae, Thelander Arkitektur & Design AB, Ruotsi

Valokuvat

- Copyright ja kuvaaja ilmoitettu kunkin valokuvan yhteydessä

Graafisesta muotoilusta vastasivat

- Proservice Reklambyrå i Malmö AB, Ruotsi
- Julkaisuosakeyhtiö Elias Oy, Suomi

Painatus

- Libris Oy, Helsinki

Suomen osaprojektin johtoryhmään ja toimitusneuvostoon kuuluivat

- Tero Vesänen, Suomen Liimapuu yhdistys ry
- Päivi Myllylä, Suomen Liimapuu yhdistys ry
- Tomi Toratti, Rakennustuoteteollisuus RTT ry
- Mikael Fonselius, Woodvalue

Pohjoismaisen projektin tuloksena syntyneiden tiedostojen copyright on projektin osapuolilla

- Föreningen Sveriges Skogsindustrier
- Norske Limtreprodusenters Forening
- Puuinfo Oy ja Suomen Liimapuu yhdistys ry

GLULAM HANDBOOK, VOLUME I

Tämän kirjan pääasiallinen kohderyhmä on rakennuttajat, suunnittelijat, rakentajat ja opiskelijat. Kirjan tarkoitus on antaa perustiedot liimapuun ominaisuuksista, valmistuksesta ja käytöstä rakentamiseen.

Kirjan toimittaja ja pääasiallinen kirjoittaja on Holger Gross, Gross Produktion AB, Ruotsi. Prof. Emeritus Sture Samuelsson laati luvun "Liimapuun historia" käsikirjoituksen.

LIIMAPUUKÄSIKIRJA OSA 1

Suomenkielinen Liimapuukäsikirja Osa 1 on muokattu pohjoismaisessa projektissa laaditun englanninkielisen julkaisemattoman käsikirjoituksen Glulam Handbook, Volume I pohjalta. Suomenkielisen käännöksen ja asiasisällön muokkaamisen vastaamaan suomalaisia määräyksiä ja käytäntöjä tekivät

- Kirsti Riipola, Woodvalue
- Mikael Fonselius, Woodvalue
- Rune Karlsson, Rune Karlsson Byggprojektering i Hedemora
- Päivi Myllylä, Suomen Liimapuu yhdistys ry

Käsikirjoituksen ovat tarkistaneet Tero Vesänen, Päivi Myllylä, Tomi Toratti sekä Suomen Liimapuu yhdistys ry:n jäsenryitykset.

Julkaisija ja copyright

- Suomen Liimapuu yhdistys ry ja Puuinfo Oy

Suomen Liimapuu yhdistys ry toimii suomalaisen liimapuuteollisuuden kansallisena ja kansainvälisenä yhteistyöelimenä. Yhdistys ylläpitää liimapuun tuotanto- ja toimitustilastoja, osallistuu liimapuun eurooppalaiseen ja kansainväliseen standardisointiin, sekä edistää liimapuun menekkiä, tutkimusta ja kehitystä.

Puuinfon tehtävänä on luoda kysyntää puutuotteille rakentamisessa ja sisustamisessa. Päämääräänsä Puuinfo pyrkii välittämällä tutkittua ja puolueetonta tietoa puun käytöstä käyttäjävälillisessä muodossa. Puuinfon omistavat perustajaosakkaat Metsäteollisuus ry, Suomen Sahat ry ja Suomen Puutavara- ja Rakennustarvikekauppiasyhdistys SPY ry sekä Maa- ja Metsätaloustuottajain keskusliitto MTK ry.

Tämän kirjan kaikki oikeudet kuuluvat Suomen Liimapuu yhdistykselle ja Puuinfole. Sisältö on kansainvälisen tekijänoikeuslain suojaama. Näiden oikeuksien loukkaaminen on ankarasti kielletty.

Kaikki tekstit, kuvaukset, kuvat ja taulukot edustavat yleistä tasoa eivätkä toimi osana mitään sopimusta. Liimapuukäsikirjassa esitettyyn tietoon tai ratkaisuihin ei saa viitata osana sopimusasiakirjoja. Kirjassa voi esiintyä teknisiä virheitä tai kirjoitusvirheitä tai muun tyyppistä epätarkkuutta. Puuinfo ja Suomen Liimapuu yhdistys eivät ota yhdessä tai erikseen mitään vastuuta näistä mahdollisista virheistä. Annettujen tietojen soveltamisesta ja soveltuvuudesta aiottuun käyttökohteeseen vastaa aina tiedon käyttäjä.

Verkossa julkaistavia Liimapuukäsikirjan osia 1-3 voidaan päivittää ilman eri ilmoitusta, tieto päivityksestä löytyy verkkosivulta www.liimapuu.fi ja www.puuinfo.fi. Suomen Liimapuu yhdistys ja Puuinfo eivät takaa tietojen virheettömyyttä eivätkä vastaa minkäänlaisista vahingoista, jotka saattavat johtua Liimapuukäsikirjan käytöstä.

Helsinki, marrakuussa 2014

Tero Vesänen ja Mikko Viljakainen



441 014
Painotuote



PEFC
PEFC/02-31-150



KUVA 1

Liimapuuta toimistotilassa
(Moelven Töreboda AB,
Sören Håkanlind).



ALKUSANAT	2	Ristikot	49
JOHDANTO	7	Kolminivelkattotuoli	49
Liimapuu rakennusaineena	7	Kaaret	50
Kestävyys x suorituskyky x kauneus		Kehät	50
= puu ³ = liimapuu	7	Ulokkeet	51
Liimapuuta - totta kai	7	Kuorirakenteet	51
Liimapuun historiaa	8	Yhdistetyt rakennejärjestelmät	52
Liimapuun kehittäminen	8	Esisuunnittelu	53
Uusia mahdollisuuksia	8	Kattorakenteiden mitoituskuorma	53
Läpimurto	8	Mitoitustaulukot	54
Pohjoismainen liimapuu	11	Suorat kattopalkit	54
Tehdas Ruotsissa	11	Harjapalkit	55
Asemahalleja tarvitaan	11	Vetotangollinen kolminivelkattotuoli	56
Pohjoismaisen liimapuun markkinat kasvavat	12	Lattiapalkit	56
Arkkitehtuuri kehittyi	14	Katto-orret	57
LIIMAPUUTUOTTA	15	Pilarit	58
Liimapuu ja ympäristö	15	Mitoitusohjelmistot	59
Liimapuun elinkaari	15	Liitosdetaljeja	61
Sertifiointi ja valvonta	17	Liitostekniikka kehittyi	61
CE-merkintä	17	Pientalojen kiinnikkeet	61
Valmistuksen valvonta	17	Pilarin jalka	64
Ominaisuudet	19	Pilarin yläpää	66
Puulajit ja ulkonäkö	19	Harja	67
Liimat	19	Palkin jatkos	68
Mitat ja muoto	20	Sekundääripalkin kiinnitys	68
Lujuusominaisuudet	22	Vetotangon kiinnitys	69
Lämpötekniset ominaisuudet	22	Palomitoitus	70
Kosteuspitoisuus	24	Liimapuu ja palo	70
Kosteusliikkeet	24	Rakennusmääräysten palotekniset vaatimukset	71
Palotekniset ominaisuudet	24	Liimapuurakenteiden palonkestävyys	72
Säilyvyys	24	PINTAKÄSITTELY	75
Liimapuutuotteet	26	Liimapuun pintakäsittely ja huolto	75
Ulkonäkölaatu ja pinnan viimeistely	26	Pintakäsittely	75
Varastovalikoima	27	Huolto	78
Mittatoleranssit	28	Huollon suunnittelu	78
Suorat liimapuuosat	28	Huoltomaalaus	79
Kaarevat liimapuuosat	28	Kyllästetyistä lamelleista tehty ja kyllästetty liimapuu ..	80
Kuljetuksen aikainen suojaus	32	TARKISTUSLISTAT	80
Asennus	32	Tarkistuslista liimapuun kuvaamista	
SUUNNITTELU	35	ja tilaamista varten	80
Rakennustekniset edellytykset	36	Mittojen esittäminen piirustuksissa	80
Kantavien liimapuurakenteiden rakenteellisia näkökohtia	37	Tiluserittely	81
Liimapuurakenteiden jäykistäminen	40	Liimapuun käsittely - tarkistuslistoja	82
Ulkovaippa	41	Vastaanotettaessa	82
Suojaaminen kosteutta vastaan	43	Varastoitaessa	82
Rakennejärjestelmät	46	Asennettaessa	82
Pilari-palkkijärjestelmä	48	Muuta	82
Liimapuu kerrostaloissa	48	VIITTEET	83
Jatkuvat palkit	49		



Liimapuu rakennusaineena

Puu on ympäristöystävällinen, energiatehokas ja uusiutuva rakennusaine. Liimapuussa puuraaka-ainetta on käytetty tavallista sahatavaraa tehokkaammin. Puutavaraa kuluu vähemmän kun käytetään liimapuuta, siksi liimapuun käyttö on suositeltavaa. Liimapuu on uutta luovien ihmisten perinteinen puutuote. Yli sadan vuoden käyttökokemus on osoittanut sen pysyvän kestävyiden ja kauneuden.

Kestävyys x suorituskky x kauneus = puu³ = liimapuu

- Liimapuu ei aseta rajoituksia teknisen puurakentamisen mahdollisuuksille.
- Liimapuu on rakennusaine jossa uusiutuvan puuraaka-aineen tekniset ominaisuudet on optimoitu.
- Liimapuiset rakennusosat koostuvat yksittäisistä sahatavaramalleista, ja materiaali on niissä tehokkaasti hyödynnetty.
- Lamellit on sormijatkettu jotta saadaan suuria pituuksia, ja ne liitetään toisiinsa teollisesti liimaamalla halutun kokoiseksi poikkileikkauksiksi.
- Liimapuun valmistustavan ansiosta hyvin suuria liimapuurakenteita voidaan tehdä pienikokoisista puista.
- Liimapuun ansiosta rakennuttajat, määräysten laatijat, rakentajat ja käyttäjät voivat myös tulevaisuudessa nauttia suurten puurakenteiden kestävydestä, kauneudesta ja monipuolisuudesta ilman että niitä varten pitää käyttää vanhojen aarniometsien suurikasvuisia massiivipuita.
- Liimapuu on lujempaa ja jäykempää kuin vastaavan kokoinen rakennesahatavara.
- Omaan painoonsa nähden liimapuu on lujempaa kuin mikään muu rakennusaine. Sen vuoksi liimapuusta voidaan tehdä rakenteita joilla on pitkät jännevälit.
- Arkkitehdeilla ja rakennesuunnittelijoilla on käytännössä lähes vapaat kädet muotoilla liimapuuta, olipa kysymyksessä sitten asuintalon rakenne, julkisen tilan katto tai maantiesilta.

KUVA 2 (vasen sivu, yllä)
Liimapuusta valmistettu näkötorni, Stegastein, Norja. (Norske Limtreprodusenters Forening).

Liimapuuta - totta kai!

- **LUJUUS** – Painoonsa verrattuna liimapuu on yksi vahvimpia rakennusaineita.
- **YMPÄRISTÖ** – Raaka-aine on uusiutuvaa. Liimapuuta voidaan käyttää uudelleen tai uusiokäyttää.
- **KAUNEUSARVOT** – Liimapuu on tilan tunnelmaa luova tuote ja arkkitehdit käyttävät sitä sen vuoksi mielellään.
- **ENERGIATALOUS** – Energian kulutus liimapuun valmistuksessa on hyvin pieni muihin materiaaleihin verrattuna.
- **KESTÄVYYS** – Liimapuu toimii korroosioalittiassa ympäristössä paremmin kuin monet muut materiaalit.
- **MUOTOILTAVUUS** – Liimapuuta voidaan valmistaa lähes minkä muotoisena tahansa.
- **MUODON PYSYVYYS** – Liimapuu ei väännä eikä kierry.
- **PALONKESTÄVYYS** – Liimapuu kestää paloa paremmin kuin monet muut rakennusaineet.
- **TYÖSTETTÄVYYS** – Liimapuuta voi työstää sekä yksinkertaisilla käsityökaluilla että työstökoneilla.

KUVA 3 (vasen sivu, alla)
Liimapuuringon pystytys onnistuu talvellakin, Rovaniemen jalkapallohalli. (Late-Rakenteet Oy).

Liimapuun historiaa

Liimapuun kehittyminen antoi ainutlaatuiset mahdollisuudet rakenteiden ja arkkitehtuurin perusteelliseen uudistamiseen. Puun luontaiset mitta- ja muotorajoitukset voitettiin. Tämä oli tosin aikaisemminkin voitu toteuttaa mekaanisin liitoksien, mutta liimapuun kehittäminen teki mahdolliseksi kilpailla pitkien jännevälien rakenteista aikaisempien valtamateriaalien, teräksen ja teräsbetonin, kanssa.

Liimapuun kehittäminen

Liimapuun valmistaminen on nykyaikainen tapa liittää lautoja yhteen palkeiksi ja kaariksi. Liimapuu on edistysellinen rakennusaine, joka eroaa muista liimatuista puutuotteista. Näitä ovat esimerkiksi LVL, vaneri ja muut levymäiset tuotteet.

Weimarissa Saksassa syntynyt Otto Hetzer (1846–1911) osoitti ensimmäisenä, että palkkeja ja kaaria voitiin valmistaa teollisesti liimaamalla niin suurina poikkileikkauksina, että niitä kyettiin käyttämään pitkien jänneväliden vaativissa rakenteissa. Hetzer oli taitava puuseppä, hän omisti sahan ja oli myös lahjakas rakennesuunnittelija. Hetzer kehitti uusia puurakenteita ja haki patenteja monenlaisille yhdistetyille palkeille toimissaan perustamassaan yrityksessä, Otto Hetzer Holzpflege- und Holzbearbeitungs AG. Vuonna 1906 Hetzer sai patentin keksinnölle, jonka mukaan laudoista liimattiin kaarevia rakenteita. Patenttihakemuksessaan Hetzer oli käsitellyt useimpia liimapuun valmistukselle ja käytölle edelleenkin keskeisiä teknisiä näkökohtia.

Uusia mahdollisuuksia

Lautojen (lamellien) liimaamista yhteen perusteltiin sillä, että kantavan rakenteen muoto saatiin riippumattomaksi kasvavan puun mitoista, ja siten voitiin valmistaa erilaisia muotoja ja sopivia poikkileikkauksia. Tärkeä oivallus keksinnössä oli myös puun vikojen vaikutuksen tasaaminen. Lajittelun avulla voitiin poikkileikkauksen eri osissa käyttää sopivinta puuta. Tämä paransi rakennusosan puristettujen ja vedettyjen osien laatua.

Hetzer myös yhdisti eri puulajeja. Puristuslujuudeltaan hyvää pyökkiä voitiin käyttää poikkileikkauksen puristuspuolella ja kuusta vetopuolella. Eniten rasitetuissa ulkolamelleissa ei saanut olla jatkoksia, ja vähemmän rasitetuissa sai olla sopivasti jaksotettuja puskujatkoksia. Lamellien paksuus valittiin tarvittavan kaarevuuden mukaisesti. Kun koepalkkeja testattiin viime vuosisadan alussa Berliinin ja Dresdenin aineenkoe-laitoksissa niin huomattiin, että liimatuille palkeille voitiin käyttää suurempia sallittuja jännityksiä kuin sahatavaralle. Hetzer oli valmistaessaan hyvin tarkka ja tavoitteli palkkeja, joiden lujuus oli suuri ja elinikä pitkä.

Liimoitetut lamellit asetettiin päällekkäin ja puristettiin yhteen ruuvipuristimilla. Hän ei saanut hakemaansa patenttia käyttämälleen liimareseptille, ja se pysyi siksi salaisena myöhäiselle 1950-luvulle asti. Liima oli maidosta valmistettua kaseiiniliimaa, joka ei kestä vettä mutta kylläkin kosteutta. Liima ei täytä nykypäivän vaatimuksia, mutta kate- tuissa tiloissa olevat varhaiset liimapuurakenteet toimivat aivan erinomaisesti vieläkin, kuten Tukholman keskusrautatieaseman odotushallin katto.

Läpimurto

Liimapuun suuri läpimurto oli ns. Brysselin maailmannäyttelyn Reichseisenbahnhalle vuonna 1910. Vetotangollisten liimapuukaarien jänneväli oli peräti 43 m, poikkileikkauksen korkeus oli melkein 3 m ja leveys 30 cm. Liimatuille kaarille sallittu jännitys oli 136 kg/cm² (13,6 N/mm²). Tämä lujuusarvo on sopusuunnissa liimapuun nykyistenkin suunnitteluarvojen kanssa. Liimapuu antoi huomattavaa taloudellista hyötyä suurten rakenteiden materiaalina teräsbetoniin tai teräkseen verrattuna. Otto Hetzer keskittyi rakennuksiin, joilla oli suuri jänneväli, ja liimapuusta tuli aikaisin rautatierakennusten ja lentokonesuojien luonnollinen rakennusmateriaali.

Puu sopi paremmin korroosioalttiin ympäristöön kuin teräs. Kun puurakenteet olivat kuivia ja tulivat lähes valmiina tehtaalta, niin asennus sujui nopeasti. Jo ennen vuotta 1910 Otto Hetzer oli rakentanut noin 50 kattorakennetta, joilla oli varsin suuret jännevälit.

KUVA 4 (oikea sivu, yllä)
Tukholman keskusaseman
odotushalli.
(Moelven Töreboda AB).

KUVA 5 (oikea sivu, alla)
Asemalaiturin katos.
(Moelven Töreboda AB).





Muutamia vuosia myöhemmin toimitettiin ensimmäinen neljästä lentokonesuojasta Chileen. Vuosina 1908–1925 yli 20 yritystä eri maissa oli hankkinut oikeuden hyödyntää Hetzerin patenttia. Ensimmäisen maailmansodan aikana yritys eli nousukautta, mutta sodan jälkeen sopeutuminen oli vaikeaa, kun kilpailu koveni teräksen, betonin ja muiden tehokkaiden puurakenteiden kanssa. Otto Hetzer AG meni konkurssiin 1927.

Pohjoismainen liimapuu

Hetzerin suunnittelema rakenne tuli varsin aikaisin käyttöön Norjassa. Drammenilainen Guttorm Brekke (1885–1980) opiskeli Charlottenburgin teknillisessä korkeakoulussa Berliinin ulkopuolella. Kun teräksestä tuli pulaa 1900-luvun alussa, niin Brekke muisti Otto Hetzerin ja tämän liimatut puurakenteet. Keskellä soittaa hän matkusti Weimariin, ja oltuaan jonkin aikaa tehtaalla opissa hän palasi kotiin mukanaan patentin käyttöoikeus. Brekke maksoi silloisessa rahassa suuren 60 000 NOK kertakorvauksen, jota vastaan hän sai yksinoikeuden valmistaa Norjassa, Ruotsissa ja Suomessa niin sanottuja Hetzer kannattajia.

Valmistus aloitettiin Norjassa Mysenissä Östfoldissa, ja vuonna 1918 muodostettiin yritys A/S Trekonstruktioner Kristianiassa, nykyisessä Oslossa. Brekke ja tekninen johtaja Atle Thune hankkivat ”know-howta” käymällä Saksassa opiskelemissa valmistusta ja salaisen liimareseptin. Tehtaan omistajana ja toimitusjohtajana toimi Erik B Aaby, joka vuodesta 1917 lähtien omisti Ryholmin tilan Törebodassa Ruotsissa Viken-järven ja Götan kanavan rannalla.

Tehdas Ruotsissa

Kun yritys A/S Trekonstruktioner vuonna 1919 perusti tytäryhtiön Ruotsiin, niin oli luonnollista valita sijoituspaikaksi Töreboda. Ryholmin tilalta saatava puutavara pystyttiin kuljettamaan vesitse Törebodaan ja valmiit tuotteet rautateitse; Tukholman ja Göteborgin välinen rautatie kulkee Törebodan kautta. Myös liiman raaka-aine saatiin paikallisista meijereistä. Ruotsissa yrityksen nimeksi tuli AB Träkonstruktioner ja osakkaina oli Brekken ja Aabyn lisäksi muiden muassa tukkukauppias Monrad. Hän osti suuren määrän osakkeita toivossa, että olisi voinut myöhemmin myydä niistä osan paikallisille kiinnostuneille tahoille. Jotkut hankkivatkin pieniä määriä osakkeita, mutta Monrad pysyi suuromistajana yrityksessä. Yritys teki suuria investointeja.

Norjalainen yhtiö halusi 100 000 NOK patenttioikeuksista ja ”know-howsta” ja ruotsalainen yhtiö oli velvoitettu käyttämään markkinoinnissa Hetzerin nimeä, esimerkiksi muodossa ”Hetzer-kannattaja”, ”Hetzer-kattotuoli” ja niin edelleen. Ruotsin ensimmäinen liimapuuhalli oli yrityksen tehdasrakennus, joka rakennettiin Hetzerin kolminivelkaarista. Vuonna 1920 toimitettiin liimapuuraakenteita muun muassa Törebodassa olevaan elokuvateatteriin ja vuonna 1921 rautatien yli menevään kävelysiltaan Älvängenissä Göteborgin ulkopuolella. Volyyymi oli kuitenkin liian pieni, ja yrityksen oli pakko valmistaa täytteinä puutaloja.

Asemahalleja tarvitaan

Seuraavien vuosien aikana AB Träkonstruktioner kamppaili olemassaolostaan. Kuten Manner-Euroopassakin, liimapuu sai läpimurtonsa rautateiden rakentamisessa tarvittujen suurien kantavien rakenteiden ansiosta. Ola Grundtista tuli vuonna 1922 uusi johtaja, ja samana vuonna palkattiin David Tenning (1888–1956) suunnitteluinsinööriksi.

Neuvoteltuaan pitkään Ruotsin valtionrautateiden kanssa yritys pääsi toimittamaan rakenteita Malmön uutta keskusasemaa varten. Malmön keskusasema oli alun perin otettu käyttöön vuonna 1856 yhtä aikaa kuin rautatie Lundiin. Sen jälkeen asemaa laa-



KUVA 8 (yllä)
Ruotsissa vuonna 1906 myönnetty patentti Hetzerin liimapuulle. (Sören Håkanlind).

KUVA 6 (vasen sivu, yllä)
Liimapuun valmistusta Turussa 1950-luvulla. (Late-Rakenteet Oy).

KUVA 7 (vasen sivu, alla)
Ison liimapuukaaren kuljetus 1980-luvulla. (Late-Rakenteet Oy)

jennettiin ja muutettiin useaan otteeseen. Vielä nykyisinkin käytössä oleva asemahalli on arkkitehti Folke Zettervallin (1862–1955) piirtämä. Malmön keskusasema on katettu suunnanvaihtoasema, jonne raiteet päättyvät. Vuonna 1923 Ruotsin rautatielaitos SJ tilasi liimapuuta tätä hallia varten, ja rakennustyöt aloitettiin samana vuonna. Kolmasosa kauppasummasta pidätettiin kahden vuoden takuuajaksi, mikä oli kohtalokasta yrityksen taloudelle. Vielä tänäkin päivänä nämä tyylikkääät liimapuukaaret kannattavat kattoa, ja rakennus julistettiin vuonna 1986 suojelukohteeksi.

Vuonna 1923 toimitettiin Malmön asemahallin lisäksi useita muitakin halleja, jotka saivat myönteistä julkisuutta. Hyvästä tilauskannasta huolimatta talous oli tiukoilla. Kuten Malmössäkin, saatavat oli jaksotettu, ja loppumaksu tuli myöhään. Myös yrityksen puutalovalmistus oli varsin kannattamatonta. Lisäksi työmarkkinoilla oli levottomuutta. Likviditeetin mentyä liian huonoksi yritys joutui konkurssiin vuonna 1924.

Pohjoismaisen liimapuun markkinat kasvavat

Vuonna 1925 muodostettiin uusi yhtiö, AB Fribärände träkonstruktioner, jonka johtajaksi tuli David Tenning. Entiset työläiset ja virkailijat ostivat useimmat osakkeet. Tehdas kokonaisuudessaan koneineen ja irtaimistoineen ostettiin hintaan 30 000 SEK. Toimitukset Tukholman keskusaseman suunniteltujen muutostöiden rakenteisiin olivat näköpiirissä, mutta kun yrityksen osakepääoma oli vain 30 000 SEK, niin Ruotsin Rautatiehallitus vaati erityisiä vakuuksia, ennen kuin hanke annettiin pienelle yritykselle.

Tukholman asemarakennuksen piirsi alun perin Adolf W. Edelsvärd (1824–1919), ja se rakennettiin vuosina 1867–1871. Silloin junat ajoivat sisään viisiraitteiseen asemahalliin. Muutostöiden yhteydessä raidealue siirrettiin lännemmäksi, ja asemahalli muutettiin odotushalliksi, jonka pituus oli 119 m, leveys 28 m ja korkeus 13 m. Liimapuukaaret ovat elliptisiä, ja niiden poikkileikkaus on I:n muotoinen. Määrävälein on teräsvantein tehtyjä uumavahvistuksia. Ehkä se oli osoituksena siitä, että liiman kestävyys ei täysin luotettu.

Tukholman keskusaseman odotushallista tuli suuri menestys ja arvokas referenssikoh-

KUVA 9

Malmön keskusaseman vuonna 1923 rakennettu halli. Ruotsin suurimpia varhaisia liimapuutoimituksia. Asemahalli on edelleen käytössä. (Sören Håkanlind).



de liimapuuvalmistajalle. Uusia liimapuukuranteisia asemahalleja rakennettiin Göteborgiin ja Sundsvalliin, ja liimapuu oli nyt vakiintunut kantavien rakenteiden materiaali. Myös arkkitehdit kiinnostuivat liimapuusta, kuten Gunnar Asplund (1885-1940) ja Sigurd Lewerentz (1885-1975).

Malmön ja Tukholman asemahallien kantavien rakenteiden liimaukseen käytettiin kaseiniiliimaa, ja nämä rakenteet ovat toimivia vielä tänäänkin. 1930-luvulla alettiin ulkomailla käyttää fenolihartsiin perustuvia liimoja, ja vuonna 1942 alkoi myös AB Fribärände Träkonstruktioner käyttää tällaista liimaa. Liima on erinomainen säälle alttiina oleviin rakenteisiin, mutta sen haittana ovat tummat saumat. Sama koskee myöhemmin käytettyä fenoli-resorsinoliimaa. Nykyisin käytetään pääasiassa vaalean sauman muodostavia melamiinipohjaisia liimoja, jotka asettavat erityisvaatimuksia kovettumiselle ja joiden ympäristövaikutukset ovat pienemmät. Pohjoismaiden ulkopuolella, kuten Saksassa, käytetään usein polyuretaaniiliimaa.

Insinööri David Tenning johti yritystä AB Fribärände Träkonstruktioner vuoden vaihteeseen 1955/56 asti. Hänen seuraajakseen tuli hänen poikansa Kurt Tenning (1920-2008), joka johti tehdasta menestyksellä useiden vuosien ajan. 1940-luvulla rakennettiin muun muassa liimapuukurante, jonka jänneväli 66 m oli silloin maailman suurin. Törebodan liimapuutehdas on luultavasti maailman vanhin edelleenkin toiminnassa oleva liimapuutehdas. Yrityksen omistus on viime vuosina vaihtunut, ja se kuuluu nyt norjalaiseen Moelven-yhtymään – Moelven Töreboda AB.

Toisen maailmansodan jälkeen Ruotsiin perustettiin useita muitakin liimapuutehtaita. Näistä on nykyään kolme jäljellä, Martinsons Trä AB, Setra Trävaror AB ja Glulam of Sweden AB. Suurin näistä, Martinsons, kehittyi sahalaitoksesta joka vuonna 1965 aloitti liimapuun valmistuksen Bygdsiljumissa. Vuonna 1970 rakennettiin erikoistunut tehdas, joka tuottaa liimapuuta pääasiassa vientiin. Setra Trävaror AB:n liimapuun valmistus Långshyttanissa alkoi myös 1965. Yritys on erikoistunut suorien vakiopalkkien ja pilarien valmistukseen. Myös Setra tekee suuren osan liimapuutuotannostaan vientiin. Kolmas valmistaja, Glulam of Sweden AB Ljungaverkissä, valmistaa suorja palkkeja, pilareita, välipohjaelementtejä ja lamellihirsiiä. Ruotsin liimapuuvalmistajat ovat organisoituneet yhdistykseen Limträkommittén joka on osa Skogsindustrierna yhteenliittymää.

Mitä sitten tapahtui Guttorm Brekken norjalaiselle yritykselle? Ensimmäisen maailmansodan jälkeen tehtaalla oli niin vähän töitä että se suljettiin. Kun rakennukset sittemmin paloivat, niin Brekke päätti olla rakentamatta tehdasta uudelleen. Moelvenin tehdas, joka nykyisin valmistaa liimapuuta Norjassa, on saanut alkunsa vanhasta vuonna 1899 perustetusta teollisuusyrityksestä. 1950-luvun lopulla yrityksen johto uskoi liimapuun valmistuksesta tulevan kannattavaa liiketoimintaa, ja tuotanto aloitettiin 1960. Yritysostojen myötä Moelvenistä on tullut yksi Skandinavian suurimpia puualan yrityksiä. Norjassa on Moelven AS:n lisäksi vielä kaksi valmistajaa, Sør laminering AS ja Vestlandske Limtre Industri AS. Norjalaiset valmistajat ovat organisoituneet yhdistykseksi Norska Limtreprodusenters Forening.

Suomessa liimapuun valmistus alkoi 1945, kun Laivateollisuus Oy valmisti ensimmäiset liimapuiset laivarungot. Liimapuuta käytettiin laivan rungon lisäksi kansipalkkeihin ja mastoihin. Laivat toimitettiin sotakorvauksena Neuvostoliitolle, ja toimituksia oli noin vuosikymmenen ajan. Suunnilleen samoihin aikoihin kun nämä toimitukset päättyivät, alettiin valmistaa halleja kääntämällä laivan kaaret ylösalaisin. Suomessa liimapuuta on käytetty rakennusteollisuudessa vuodesta 1958 lähtien. Suomessa tuotetaan liimapuuta noin 300 000 m³ vuodessa, josta käytetään noin 50 000 m³ kotimaassa. Suomessa toimii kymmenkunta valmistajaa jotka ovat organisoituneet Suomen Liimapuuyhdistykseksi, <http://www.liimapuu.fi>.

Moelven Industrier AS sai paljon julkisuutta vuoden 1994 talviolympialaisia varten rakennettujen Lillehammerin ja Hamarin urheiluhallien rakenteista. Rakennusten edistyksellisissä ristikkorakenteissa nurkkaliitosten voimat siirretään tappivaarnaliitoksilla. Tappivaarnaliitoksessa liimapuuhun tehtyihin uriin asennetaan teräslevyt, jotka kiinnitetään paikoilleen terästappien avulla. Tämä liitostapa perustuu sveitsiläisen Hermann Blumerin (1943-) kehittämään BSB-järjestelmään. Moelven käytti suunnilleen samaa ideaa, mutta kehitti oman, enemmän käsityötä vaativan muunnoksen. Myös ruotsalaisista ja suomalaisista kehittyneistä liimapuukuranteista on hyviä esimerkkejä, kuten Shanghain maailmannäyttelyn Ruotsin paviljonki ja Lahden Sibeliustalo.



KUVA 10

Liitos Malmön keskusaseaman hallista. (Sören Håkanlind).



KUVA 11

Liimapuusta valmistettu Gardermoen lentokentän laajennuksen pääpalkki, Norja. (Moelven AS).

KUVA 12

Liimapuurakenteinen uimahalli, Kangasala. (Stora Enso Oyj).

Arkkitehtuuri kehittyy

Tappivaarnaliitosten käyttäminen on antanut mahdollisuuden valmistaa uudenlaisia liimapuurakenteita. Tietokoneohjatussa valmistamisessa sekä levyjen että sauvojen valmistaminen automatisoidaan, ja puusauvoja voidaan näin liittää helposti tasomaisiksi tai kolmiulotteisiksi puuristikoina. Erityisesti Keski-Euroopassa arkkitehdit ja rakennesuunnittelijat käyttävät tätä uutta mahdollisuutta hyvin monimutkaisten rakenteiden suunnitteluun. Esimerkkinä voidaan mainita antroposofien rakennus Maulbronnissa ja Bad Dürrenheimin ja Sindelfingenin kylpylät.

Vaikka Pohjoismaat ovat ”puumaita”, niin emme ole läheskään maailman suurimpia yksittäisiä liimapuun tuottajia. Pohjoismaiden lisäksi Euroopan merkittävimmät valmistajat ovat Itävalta ja Saksa, joissa valmistetaan asukasta kohti melkein 10 kertaa niin paljon liimapuuta

kuin Ruotsissa. Pesthitossa, Wisconsinissa sijaitseva yritys Unit Structures Inc rakensi USAn ensimmäisen liimapuuhallin vuonna 1936. Liimapuun vakiintunut runkorakenteiden materiaali Pohjois-Amerikassa, missä puurakentamisperinne on vahva. Siellä on myös Washingtonin osavaltiossa maailman suurin puurakenne Tacoman suuri verkkokupoli, jonka jänneväli on 160 m.

Liimapuusta on tullut kolmas merkittävä pitkien jännevälien materiaali teräksen ja betonin rinnalle. Uudet lähisukuiset tuotteet kuten ristiinliimattu massiivipuulevy (CLT) ja LVL voivat liimapuuhun yhdistettyinä nostaa arkkitehtuurin uudelle tasolle. Näitä jaostettuja puutuotteita kutsutaan usein yhteisnimellä ”Engineered Wood”.



LIIMAPUUTUOTTA

Liimapuu on ensisijaisesti kantaviin rakenteisiin tarkoitettu jalostettu puutuote. Paino-osa nähdessä liimapuu on yksi lujimmista rakennusaineista. Sen lisäksi sillä on hyvät ympäristöominaisuudet, ja sen esteettinen arvo säilyy – siksi liimapuurakenteet jätetäänkin tilan tunnelmaa luovana rakennusaineena usein näkyviin. Liimapuuta voidaan myös käyttää ei-kantaviin rakenteisiin, huonekaluihin ja sisustukseen.

Hallirakennuksista ja julkisista rakennuksista on erinomaisia esimerkkejä; liimapuurunkoisia liikuntarakennuksia, katsomoita, jäähalleja, kirjastoja, päiväkoteja, kouluja, kauppakeskuksia. Viime vuosina on rakennettu useita liimapuurunkoisia kerrostaloja. Myös siltarakenteet, meluaidat ja muu infrarakentaminen on tärkeä käyttöalue.

Liimapuu ja ympäristö

Liimapuu on luonnonmateriaali. Se valmistetaan hyvin valvotussa teollisessa prosessissa puulamelleista, jotka liimataan yhteen määrämuotoisiksi kappaleiksi. Luonnon tuottamia raaka-aineita pitää voida käyttää uudelleen ja uudelleen, uusiokäyttää muiksi tuotteiksi ja lopulta poistaa käytöstä kuluttamatta turhaan luonnonvaroja ja vahingoittamatta luontoa. Liimapuu ei elinkaarensa aikana rasita ympäristöä epäedullisesti, ja sitä voidaan helposti käyttää uudelleen liimapuuna, muiden tuotteiden raaka-aineena tai energiaraaka-aineena. Liimapuu sitoo yli 700 kg hiilidioksidia kuutiometriä kohti, mikä vaikuttaa ympäristön pitkäaikaiseen hiilitasapainoon.

Liimapuun elinkaari

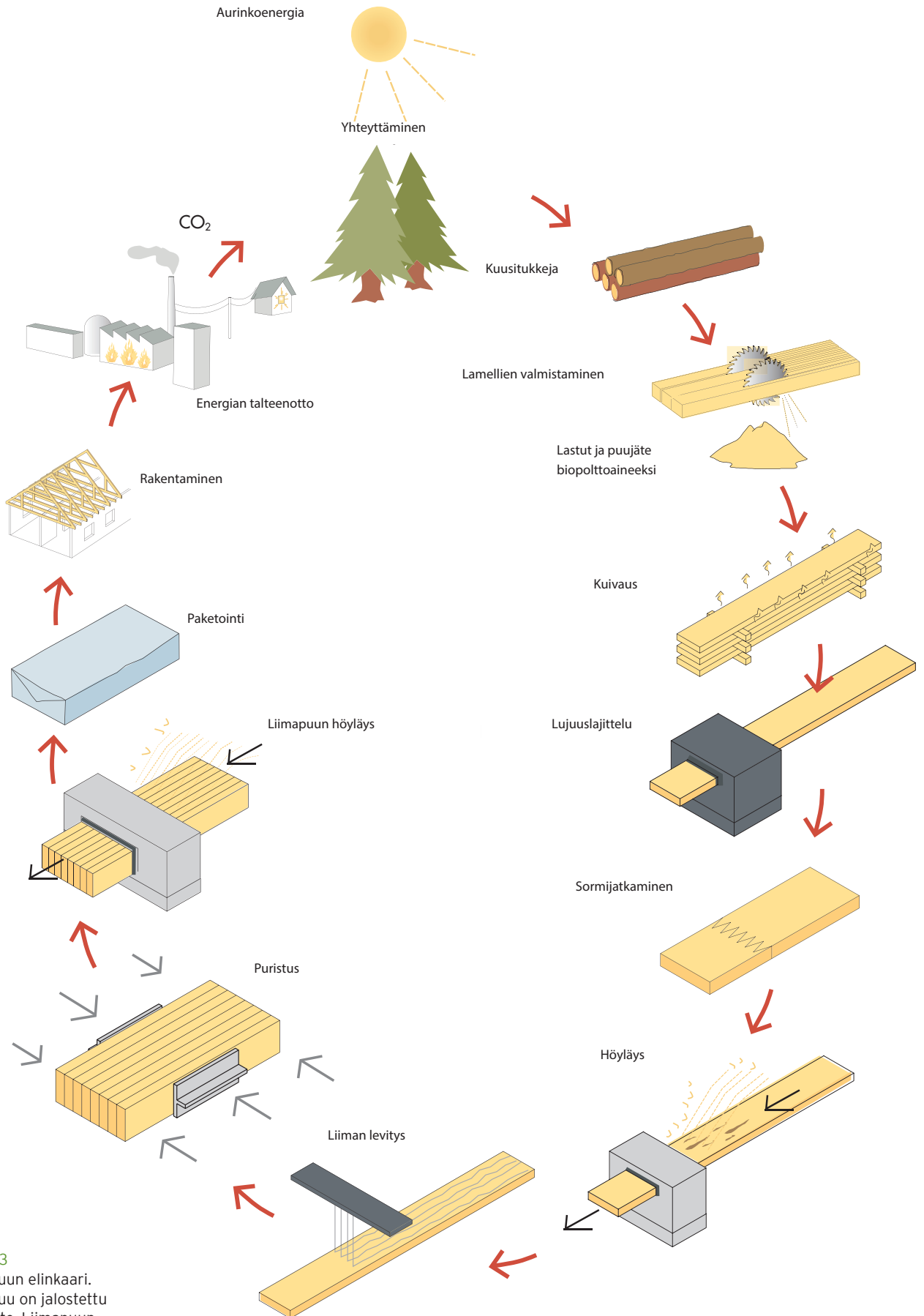
Liimapuun valmistus on energiataloudellinen prosessi. Raaka-aineena käytetään pohjoismaista havupuuta (pääasiassa kuusta mutta myös mäntyä ja lehtikuusta) ja verrattain vähän liimaa. Valmiit liimapuutuotteet toimitetaan kuivattuina 12 prosentin kosteuspitoisuuteen. Kuivaamiseen käytetään polttoaineena mahdollisimman paljon sivutuotteita kuten biomassaa.

Liimapuusta ei synny merkittävästi jätettä työmaalla, sillä se on jalostettu puutuote ja usein asiakkaalle räätälöity. Pakkausmateriaali voidaan uusiokäyttää energiaraaka-aineena. Liimapuulla ei ole käyttöaikanaan mitään merkittäviä ympäristöhaittoja. Liimasta tulee ilmaan hyvin vähän ympäristöön vaikuttavia aineita – sitä paitsi liiman määrä on vähäinen, noin yksi painoprosentti. Valmistajat voivat eurooppalaisen standardin EN 14080 mukaisella testillä osoittaa, että tuotteiden formaldehydiluokka on E1.

Liimapuuta voidaan pintakäsittellä ja huoltaa perinteisin menetelmin. Korjattavuus on hyvä – liimapuusta valmistetun rakennusosan osia voidaan tarvittaessa vaihtaa. Liimapuuta voidaan tarvittaessa jälkikäteen työstää eri tavoin, kuten puhdistaa tai hioa sen pintoja. Rakennesuunnitelmien salliessa voidaan tehdä erillisiä pieniä reikiä ja loveuksia.

Liimapuuta voidaan käyttää uudelleen liimapuuna, kunhan tiedetään rakennustekniset edellytykset. Vastaavan työnjohtajan tai muun asiantuntevan henkilön pitää silloin tarkastaa liimapuu ja arvioida jokaisessa yksittäistapauksessa uudelleenkäytön edellytykset. Liimapuu palaa kuten muukin puu, ja sen energiasisältö on samanarvoinen kuin massiivisen havupuun. Liimapuu voi sopimattomissa käyttöolosuhteissa tai virheellisesti toteutetuissa rakenteissa tuhoutua biologisesti.

Pohjoismaisten liimapuutuotteiden kehitystyössä elinkaariajattelu on ollut keskeinen lähtökohta. Se koskee liimapuutuotteiden koko elinkaarta – raaka-ainevalinnasta uudelleenkäyttöön tai uusiokäyttöön asti. Valmistajat pyrkivät aktiivisesti vähentämään energiaa vaativia kuljetuksia, joiden osuus energiankulutuksesta on merkittävä. Liimapuun valmistajilla on yksityiskohtaisia ympäristöselosteita, joista käy ilmi valmistuksen ja käytön ympäristövaikutukset.



KUVA 13
 Liimapuun elinkaari.
 Liimapuu on jalostettu
 puutuote. Liimapuun
 valmistusprosessi kuluttaa
 vain vähän luonnonvaroja.

Sertifiointi ja valvonta

Liimapuiset rakennusosat valmistetaan teollisesti, ja niiden valmistusta valvotaan. Sormijatkostekniikalla voidaan valmistaa hyvin pitkiä liimapuuosia. Valmistusperiaate on yksinkertainen – puulamelleja pinotaan ja liimataan toisiaan vasten suuriksi rakennusosiksi. Kokoa rajoittaa pääasiassa valmistajan tilat ja laitteet ja toissijaisesti kuljetusmahdollisuudet.

Pohjoismaissa on jo kauan ollut liimapuun vakiintunutta valmistusta. Kaikissa Pohjoismaissa on yksi tai useampia viranomaisten hyväksymiä ilmoitettuja laitoksia, jotka suorittavat liimapuutuotteiden sertifiointia, valvontaa ja testausta. Liimapuun käyttö lisääntyy Pohjoismaissa jatkuvasti hyvien käyttökokemusten ansiosta.

CE-merkintä


Liimapuun CE-merkintä ja valmistajan suoritusasoilmoitus tehdään rakennustuoteasetuksen mukaisesti standardia EN 14080 noudattaen, <http://www.henhelpdesk.fi>.

Pohjoismaissa käytetään tavallisesti liimapuuta jonka lujuusluokkaa on GL30c tai GL30h. Kaksi- ja kolmilamellisten palkkien luokka on GL30h. Halkaistut palkit valmistetaan luokan GL30c tai GL30h palkeista. Kun GL30c halkaistaan kahteen osaan niin saadaan lujuusluokan GL30cs palkki, joka täyttää GL24c luokan vaatimukset. Kun GL30h halkaistaan kahteen osaan niin saadaan lujuusluokan GL30hs palkki, joka täyttää GL28h luokan vaatimukset. Halkaistun liimapuun lujuusominaisuudet on yksityiskohtaisesti esitetty Suomen liimapuuyhdistyksen verkkosivuilla, <http://www.liimapuu.fi>.

Valmistuksen valvonta

Liimapuun valmistuksessa vaaditaan suurta huolellisuutta sormijatkosten jyrkimisessä, liiman sekoituksessa ja levityksessä sekä puristuspaineen ja -ajan valinnassa ja ylläpitämisessä. Prosessia valvotaan jatkuvasti tuotannon sisäisessä laadunvalvonnassa, jotta liimapuisten rakennusosien laatu pysyy hyvänä. Lujuuden ja kestävyuden tutkimiseksi otetaan säännöllisesti koekappaleita.

Ilmoitettu laitos seuraa tuotannon sisäistä laadunvalvontaa ja tekee tarkastuskäyntejä valmistuspaikoissa. Liimapuun valmistajat ovat valvontaelimen jatkuvassa seurannassa.

 14 NB: CPR/2345
Yritys ABC, Katu 1, FI-00110, Helsinki DoP: 001ABC
EN 14080 Liimapuu GL 30h Leveys 90-250 mm, korkeus 180-1215 mm, pituus 5-25 m Aiottu käyttötarkoitus: Kantava rakenne Liimauksen laatu: I Palokäyttäytyminen: D-s2,d0 Muut tiedot: www.yritysabc.fi/DoP

KUVA 14
 Standardin EN 14080 mukainen liimapuisen rakennusosan CE-merkintä.



Ominaisuudet

Liimapuun tärkeimmät käyttöominaisuudet rakennusaineena ovat lujuus, jäykkyys ja kestävyys. Sen vuoksi liimapuutuotteilla ei yleensä ole sisäverhoustuotteita tai huonekaluja vastaavaa puun ulkonäkölaatua ja pinnan viimeistelyä. Useimmissa tapauksissa vakiotuotteiden ulkonäkö täyttää kuitenkin tavanomaiset ulkonäkövaatimukset.

Puulajit ja ulkonäkö

Liimapuun valmistuksessa käytetään Pohjoismaissa pääasiassa kuusta (*Picea abies*) mutta myös mäntyä (*Pinus silvestris*) ja harvemmin lehtikuusta (*Larix decidua*).

Pohjoismainen kuusi on väriltään kellanvalkoista. Kuusen sydänpuu ja pintapuueivät eroa väriltään. Männyn sydänpuu erottuu pintapuusta selkeästi tumman punaruskeana. Kuusen ja männyn puuainekselle on tunnusomaista vaalean kevätpuun ja tummemman kesäpuun muodostavat vuosirenkaat. Männyn puuainekes on yleensä hiukan tummempaa kuin kuusen, lisäksi se tummuu ajan myötä.

Kuusen oksat ovat verrattain pieniä eivätkä ne yleensä ole pihkajuovien ympäröimiä kuten männyllä. Lujuuslajittelussa kaikkien puulajien oksakokoa tosin rajoitetaan. Lujuuslajin puussa voi kuitenkin olla varsin suuria oksia.

Haluttaessa liimapuuta voidaan valmistaa kyllästetystä männystä. Kyllästetty mänty on toimitettaessa väriltään ruskeaa tai vihreää. Tämä väri, niin kuin liimapuun väri yleensäkin, ei ole pysyvä, mutta sitä voidaan haluttaessa ylläpitää pintakäsittelyllä. Kyllästetystä lamelleista tehdyn liimapuun käytöstä enemmän sivulla 80.

Kuten muutakaan puuta, käsittelemätöntä liimapuuta ei saa käyttää ulkoilmassa sääle alttiina. Vaikka liimaukseen käytetty liima kestää sään vaikutusta, niin lamellien puuainekes lahoaa pitkäaikaisessa kosteusrasituksessa. Sen lisäksi liimapuue harmaantuu tai tummuu ruskeanharmaaksi ajan myötä. Tämä johtuu pinnan ligniinin hajoamisesta.

Valmistuksen yhteydessä liimapuun rakennusosan pinta viimeistellään, katso. luvussa Ulkonäkölaatu, sivu 26.

Liimapuutuotteita voidaan rakennuspaikalla käsitellä kuten tavallistakin puuta peittomaalilla, kuullotteella, lakalla tai puuöljyllä, katso. lisää luvussa Pintakäsittely, sivu 75

Liimat

Liimapuun valmistuksessa käytetään vain liimoja, joilla on tutkitusti suuri lujuus ja kestävyys pitkäaikaisesti kuormitettuina. Vaatimukset on annettu standardissa EN 14080 ja sen viitestandardissa EN 301, jossa on määritelty kaksi liimatyyppiä, liimatyyppi I ja liimatyyppi II. Vaihtoehtoisesti voidaan käyttää EN 15425 vaatimukset täyttävää yksikomponenttista polyuretaaniliimaa.

Kun valmistuksessa on käytetty liimatyyppi I mukaista liimaa, niin liimapuuta voidaan käyttää kaikissa käyttöluokissa (eurokoodi 5:n mukaisissa käyttöluokissa 1-3). Jos on käytetty liimatyyppi II mukaista liimaa, niin liimapuuta voidaan käyttää vain säältä suojatuissa olosuhteissa (eurokoodi 5:n mukaisissa käyttöluokissa 1-2). Liimapuue on kuitenkin suojattava kosteuden, sateen ja auringonvalon pitkäaikaiselta vaikutukselta, jotta se kestäisi. Hyväksytyjen liimojen luettelo on saatavissa kunkin maan ilmoitetuilta laitoksilta.

Nykyisin käytetään ympäristösyistä lähes yksinomaan melamiini-urea-formaldehydiliimaa; yleensä puhutaan melamiiniliimasta tai MUF-liimasta; joka on liimatyyppin I mukainen liima. Nykyisiä melamiiniliimoja käytettäessä saumat pysyvät vaaleina, mutta vanhemmissa palkeissa saumat ovat mahdollisesti ajan myötä jonkin verran tummuneet.

Lamellien sormijatkoksiin käytetään lähes yksinomaan vaaleaa melamiiniliimaa. Sormijatkokset näkyvät sen ansiosta vain ohuina viivoina rakennusosan pinnassa. Sormijatkamiseen voidaan myös käyttää polyuretaaniliimaa (PUR-liimaa).

Liimapuun merkinnästä pitää näkyä valmistuksessa käytetty liimatyyppi (standardin EN 301 mukainen liimatyyppi I tai liimatyyppi II).

Aikaisemmin käytettiin valmistuksessa yleisesti kaksikomponenttista fenoli-resorsinoli-formaldehydiliimaa (PRF-liimaa). PRF-liima on liimatyyppin I mukainen liima, ja

KUVA 15

Liimapuun teollista valmistusta valvotuissa olosuhteissa. Valokuvassa liimapuupalkkia jälkityöstetään. (Martinson Group AB, Patrick Degerman).

KUVA 16

Universeumin kattorakenne, Göteborg. (Åke E:son Lindman).

liimasaumat ovat tumman punaruskeat. PRF-liimaa käytetään nykyisin vain joihinkin tiettyihin maihin vietäviin tuotteisiin.

Rakenneliimoja kehitetään jatkuvasti. Tarkoituksena on saada yhä parempia ja ympäristöystävällisempiä liimoja.

Mitat ja muoto

Liimapuutekniikan ansiosta rakennusosien poikkileikkausta ja muotoa voidaan laajoissa rajoissa vaihdella. Rajoitukset tulevat käytännön olosuhteista; kuljetusmahdollisuuksista sekä valmistajan tiloista ja laitteista.

Poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisella pitkänomaisella liimapuuosalla on – kuten sahatulla ja höylätyllä sahatavarallakin – leveys, korkeus ja pituus. Käytännössä liimapuista rakennusosaa merkitään mittaluvuilla b , h ja L .

Mittalukujen merkitys vaihtelee tapauksen mukaan. Kun rakennusosaa käytetään palkkina, mittaluku b tarkoittaa leveyttä, h korkeutta ja L pituutta. Jos rakennusosaa käytetään pilarina niin mittaluku b tarkoittaa leveyttä, h syvyyttä ja L pilarin korkeutta.

KUVA 17

Suoria liimapuisia rakennusosia saa lähes kaiken kokoisina, ja niitä käytetään ennen kaikkea palkkeina ja pilareina. (Norske Limtreprodusenters Forening).

Mitta h

Suorilla rakennusosilla mitta h on yleensä lamellipaksuuden 45 mm kerrannainen; siis 180, 225, 270, 315 mm jne.

Kaarevilla rakennusosilla mitta h on yleensä lamellipaksuuden 33 mm kerrannainen; siis 266, 300, 333, 366 mm jne. Kaarevuussäteen ollessa pienempi kuin 6,6 m on käytettävä ohuempia lamelleja.



Poikkileikkauksen muoto

Liimapuun poikkileikkaus on tavallisesti suorakaiteen muotoinen, mutta muitakin poikkileikkauksia on mahdollista valmistaa, kuten I- T- ja L-poikkileikkauksia tai useammas- ta liimapuuosasta yhdistettyjä suorakulmaisia ontelopoikkileikkauksia.

Suurin poikkileikkausmitta

Liimapuuisen rakennusosan mittaluvun b suurin arvo on riippuvainen lamelleiksi saatan puutavaran leveydestä. Saatavuus vaihtelee eri Pohjoismaissa eri aikoina. Tavallisesti on vaikeaa saada sahatavaraa joka on leveämpää kuin 225 mm, mutta joskus voi saada puutavaraa jonka leveys on jopa 275 mm. Höyläyksen jälkeen nämä vastaavat leveyksiä 215 mm ja 265 mm. Jos lamelleja liimataan yhteen syrjittäin tai useampi liimapuinen rakennusosa liimataan yhteen sivuittain, voidaan saada jopa 500 mm leveitä liimapuusia.

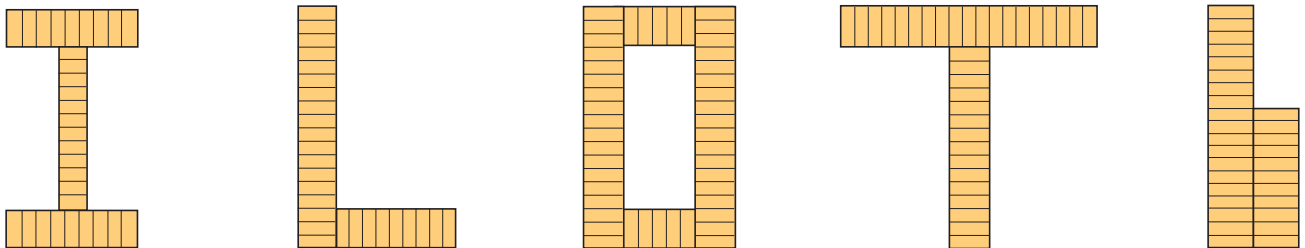
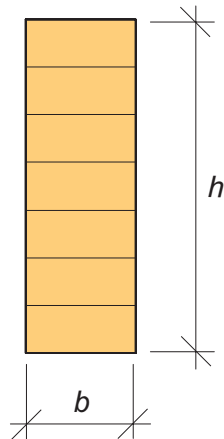
Liimapuuisen rakennusosan mittaluvun h suurin arvo on riippuvainen käytössä olevasta laitteistosta, ja se on yleensä noin 2 m. Erilaisin toimenpitein, kuten esim. liimamalla harjapalkin harjaosa myöhäisemmässä vaiheessa, saadaan korkeampia palkkeja. Näin voidaan valmistaa jopa 3 m korkeita liimapuusia.

Suurin pituus

Liimapuisten rakennusosien valmistuspituus on tavallisesti enintään 30 m. Erikoistilauksesta voidaan valmistaa jopa 40 m pitkiä rakennusosia. Käytännössä kuljetusmahdollisuudet rajoittavat pituuden.

KUVA 18

Liimapuun poikkileikkaus merkitään yleensä mittalukujen b ja h mukaisesti.



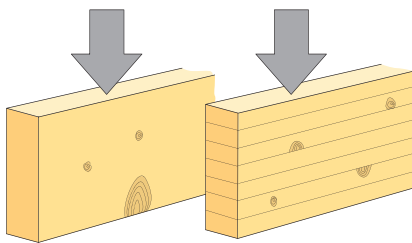
KUVA 19

Esimerkkejä mahdollisista poikkileikkausmuodoista.

Kuljetukset tapahtuvat pääasiassa maanteitse. 30 m pitkät liimapuiset rakennusosat voivat vaatia viranomaisten luvan. Ajoneuvoyhdistelmän pituuden ylittäessä 25 m vaaditaan tieviranomaisilta yleensä erillinen lupa jokaisessa maassa, minkä kautta rakennusosaa kuljetetaan. EU:ssa on yhteisiä sääntöjä, mutta eri jäsenvaltioissa voi olla tämän lisäksi erilaisia yksityiskohtaisia säännöksiä.

Suomessa tehtäviä erikoiskuljetuksia koskevat säännöt löytyvät ELY-keskusten internetsivuilta ja ELY-keskukset myös myöntävät erikoiskuljetusluvut kirjallisten hakemusten perusteella. Isoja liimapuukurakenteita ja muita rakennusosia kuljetettaessa pitää tarkistaa, tarvitaanko erikoiskuljetuslupaa. Lupa tarvitaan kuorman leveyden ylittäessä auton normaalileveyden tai korkeuden, mikä voi tapahtua kehä- ja kaarirakenteita kuljetettaessa. Myös erittäin pitkät liimapuupalkit voivat edellyttää erikoiskuljetuslupaa.

Rautatie ja merikuljetuksilla on omat mittarajansa. Usein kuljetusongelma voidaan ratkaista siten, että rakenne jaetaan sopiviin kuljetusyksiköihin, jotka sitten yhdistetään toisiinsa rakennuspaikalla. Eri valmistajien käyttämät suurimmat mitat on syytä selvittää jo varhaisessa suunnitteluvaiheessa.



KUVA 20

Laminointivaikutus. Liimapuu on lujempaa kuin samansuuruinen yksittäinen sahatavarakappale. On hyvin epätodennäköistä että liimapuun kaikissa lamelleissa viat olisivat samassa kohdassa.

Lujuusominaisuudet

Liimapuu on painoonsa nähden yksi lujimmista materiaaleista, mikä tekee mahdolliseksi suurien vapaiden jännevälien käytön.

Yksittäisen rakennesahatavarakappaleen lujuuden määrää heikoin poikkileikkaus – tavallisesti kohta missä on suuri oksa, sormijatkos tai syyhäiriö. Eri sahatavarakappaleiden lujuuksissa on suuria eroja. Liimapuiset rakennusosat ovat keskimäärin sekä lujempia että jäykempiä kuin samankokoiset tavalliset sahatavarakappaleet. Tämä johtuu niin sanotusta laminointivaikutuksesta, joka voidaan yksinkertaistetusti selittää seuraavasti:

Liimapuinen rakennusosa koostuu useista sahatavaramalleista. On hyvin epätodennäköistä, että saman poikkileikkauksen kaikissa lamelleissa olisi yhtä aikaa lamellin heikoin poikkileikkaus. Lamellien puutavara on lisäksi lujuuslajiteltu, mikä pienentää lamelleissa olevien vikojen kokoa. Tämän vuoksi liimapuisilla rakennusosilla on paremman keskimääräisen lujuuden lisäksi myös pienempi lujuusominaisuuksien hajonta, kuin vastaavilla sahatavarasta valmistetuilla osilla.

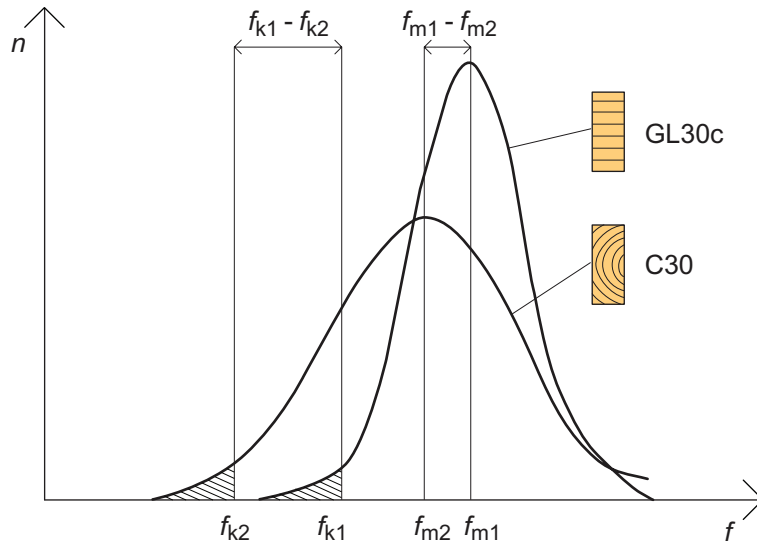
Liimapuukurakenteiden ja puurakenteiden lujuusmitoituksessa käytetään yleisesti ominaislujuutta, joka määritetään suuresta määrästä laboratorio-olosuhteissa tehdyistä koe-kuormituksista. Ominaislujuus kasvaa, kun lujuuden keskiarvo kasvaa ja hajonta pienenee. Liimapuiselle rakennusosalle voidaankin rakenteen turvallisuutta heikentämättä yleisesti käyttää suurempaa ominaislujuutta kuin niille yksittäisille lamelleille, mistä se on tehty. Kun tiedetään ominaislujuus, voidaan kussakin yksittäistapauksessa määrittää lujuuden mitoitusarvo erilaisten niin sanottujen osavarmuuskertoimien ja korjauskerroimien avulla; katso Liimapuukäsikirjan osa 2.

Yhdistetyssä liimapuussa lujempi puutavara on sijoitettu ulkolamelleiksi, joiden rasitus on yleensä suurin. Lujuusluokan GL30c yhdistetty liimapuu valmistetaan siten että 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. Luokan tunnuksessa kirjain c tulee sanasta combined (liimapuu jonka valmistuksessa on käytetty kahdenlaisia lamelleja), h sanasta homogeneous (tasa-aineinen liimapuu).

Lämpötekniset ominaisuudet

Puulla on metalleihin verrattuna hyvin pienet lämpöliikkeet. Siksi liimapuun lämpöjännityksistä ei yleensä aiheudu mitään haittaa.

Liimapuun ja sahatavaran lämmönjohtavuus ja lämmönvarauskyky ovat samanlaiset. Liimapuulla on, kuten muillakin puutuotteilla, verrattain hyvä lämmöneristyskyky. Lämmönjohtavuus, niin sanottu λ -arvo, jonka yksikkö on $W/(m^{\circ}C)$, on vertailukelpoinen kevytbetonin vastaavan arvon kanssa ja huomattavasti pienempi kuin betonilla tai teräksellä. Havupuun lämmönjohtavuus on $0,11 W/(m^{\circ}C)$ syitä vastaan kohtisuoraan ja $0,24 W/(m^{\circ}C)$ syiden suunnassa.



KUVA 21

Liimapuisella rakennusosalla on suurempi keskimääräinen lujuus ja pienempi lujuuden hajonta kuin vastaavalla rakennesahatavarasta tehdyllä rakennusosalla.

$f_{k1} - f_{k2}$ = ominaislujuuksien ero.
 $f_{m1} - f_{m2}$ = lujuuksien keskiarvojen ero.

Kuvan tarkoittamassa liimapuussa on useita lamelleja.



KUVA 22

Yhdistetyn liimapuun ulkolamellit ovat lujempia kuin sisälamellit. Pohjoismaisen yhdistetyn liimapuun poikkileikkauksesta vähintään $1/6 + 1/6$ pitää olla ulkolamelleja. Tämä tarkoittaa että 6-lamellisessa liimapuussa voi olla 1 + 1 ulkolamellia, mutta 7-lamellisessa niitä pitää olla useampi.

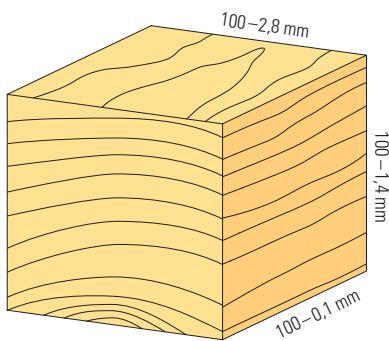
Liimapuulla on verrattain suuri lämmönvarauskyky (lämpöhitaus). Yleensä sen arvoksi annetaan noin 1 300 J/(kg °C). Vertailun vuoksi mainittakoon että betonin arvo on noin 880 J/(kg °C). Koska liimapuuta on rakennuksissa kuitenkin yleensä varsin vähän, niin sitä ei yleensä voi käyttää lämpötilaa tasaavana rakennusosana. Liimapuun lämpöteknisten ominaisuuksien ansiosta käsittelemätön liimapuupinta tuntuu miellyttävältä kosketettaessa.

Kosteuspitoisuus

Liimapuun kosteuspitoisuus määritellään siinä olevan veden painon suhteena puun kuivapainoon. Käsite ”vertailukosteuspitoisuus” on määritelty standardissa EN 14080 siksi kosteuspitoisuudeksi, missä liimapuun poikkileikkausmitat annetaan. Vertailukosteuspitoisuus on 12 %, ellei tilaajan ja valmistajan välillä toisin sovita.

Käsitettä ”pinnan kosteuspitoisuus” käytetään usein tarkastettaessa puutavaraa, joka jää rakenteen sisään. Pinnan kosteuspitoisuudella on ratkaiseva merkitys mikrobien kasvulle, ja siitä voidaan päätellä onko pinta esimerkiksi joutunut sateelle alttiiksi.

Liimapuun kosteuspitoisuus saa pystytettäessä ja rakenteita suljettaessa olla enintään 16 %. Maalattavaksi aiotun liimapuun pinnan kosteuspitoisuus ei saa ylittää 16 % maalaustyötä tehtäessä.



KUVA 23 Havupuukuution kutistuminen eri suunnissa puun kuivuessa 20 % kosteuspitoisuudesta 10 % kosteuspitoisuuteen. Muutos on suurin tangentin suunnassa (enimmillään 8 %). Liimapuun kosteusmuodonmuutos on käytännössä pienempi.

Kosteusliikkeet

Liimapuuta valmistettaessa lamellien kosteuspitoisuuden pitää olla 6 – 15 %. Yhteen liimattavien lamellien kosteuspitoisuuksien ero saa olla enintään 5 %.

Liimapuisten rakennusosien kosteuspitoisuus on toimitettaessa enintään 15 %. Vähitellen kosteuspitoisuus alkaa muuttua, niin että se on tasapainossa ympärillä olevan ilman suhteellisen kosteuden kanssa ja seuraa sen vuotuista vaihtelua. Tavallisesti puun kosteuspitoisuus vaihtelee vuodenaikojen mukaan 4-5 %:

- lämmitetyissä tiloissa missä ei ole kostutusta, talvella 7 % ja kesällä 12 %
- lämmittämättömissä tiloissa ulkosalla katon alla kesällä 13 % ja talvella 17 %.

Liimapuu, kuten muukin puu, turpooa kun kosteuspitoisuus kasvaa ja kutistuu kun kosteuspitoisuus pienenee. Sen sijaan liimapuun taipumus vääntyä ja käyristyä on pienempi kuin tavallisella sahatavaralla. Tämä johtuu lamellien kosteuspitoisuuden tasaisuudesta ja liimapuun lamellien suuntauksesta.

Palotekniset ominaisuudet

Suuren homogeenisen poikkileikkauksensa ansiosta liimapuurakenteilla on verrattain hyvä suojavaikutus palotilanteessa. Mitä suurempi liimapuupoikkileikkaus, sen parempi kestävyys palossa.

Liimapuu on palavaa ainetta, mutta kun poikkileikkaukset ovat suuria ja tasa-aineisia niin niiden kestävyys palon alkuvaiheessa on hyvä. Syttyminen tapahtuu hitaasti ja liimapuu palaa hitaasti. Palamisen aiheuttama lämmöntuotto on usein ratkaisevaa sille, kehittykö palo edelleen vai sammuuko se. Liimapuun pinnalle palaessa muodostuva hiiltynyt kerros suojaa sisäosia ja auttaa liimapuuta säilyttämään kantokykynsä palon jatkuessa. Hiiltymisnopeus on tavallisesti 0,6 – 1,0 mm/min. Paloturvallisuutta voidaan parantaa pintakäsittelemällä tai suojaverhouksella, katso edelleen luku Palomitoitus, sivu 70, ja Liimapuukäsikirja osa 2

Säilyvyys

Kuten muukin puu, liimapuu on orgaaninen tuote, joka oikein käytettynä kestää hyvin mikro-organismien lahottavaa vaikutusta. Mikro-organismit voivat olla väriä muuttavia (sinistäjä- tai homesienet) tai puuta tuhoavia (lahottajasienet). Lahoamista voidaan pitää haittana, mutta ekologiselta kannalta se on yksi materiaalin suuria etuja.

Rakennuksen aiottuna käyttöaikana on huolehdittava puun suojauksesta mikro-organismeja vastaan. Erityisesti suojattavia ovat kantavat rakenteet ja turvallisuuteen vaikuttavat rakenteet, kuten portaat ja kaiteet, sekä rakenteet joita on vaikea korvata.

Paras tapa suojata puuta on suunnitella puurakenteet siten, ettei lahoa voi syntyä. Rakenteellisen puunsuojauksen tavoitteena on pitää puu kuivana tai tehdä se kostumisen jälkeen nopeasti kuivuvaksi. Kuiva puu tai vain tilapäisesti kostea puu eivät voi lahota. Vain pitkäaikaisesti märkä puu lahoaa. Erityisen alttiissa olosuhteissa voi olla perusteltua käyttää painekyllästettyjä lamelleja, katso edelleen luku kyllästetty liimapuu, sivu 80, tai Liimapuukäsikirja osa 2.

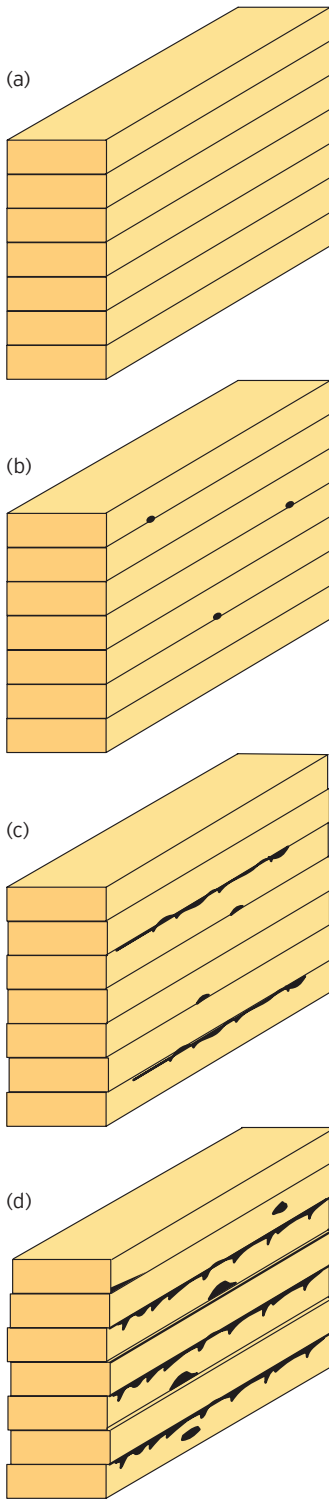
Hyönteisten toukatkin voivat vaurioittaa liimapuuta, ja niiden mahdollinen esiintyvyys on kohdekohtaisesti selvitettävä. Terveeseen, kuivaan puuhun voi tulla Euroopassa esiintyvä tupajäärä (*Hylotrupes bajulus*), jota esiintyy myös Ruotsin kaakkoisosissa. Tupajumi (*Anobium punctatum*) voi tulla liimapuurakenteisiin, jos ne jostain syystä ovat päässeet pitkäaikaisesti kostumaan. Toukat kuitenkin kuolevat -25° pakkasessa, joten näiden levinneisyys rajoittuu Etelä ja Lounais-Suomeen. Etelä ja Keski-Suomessa elävä hirsijumi (*Hadrobregmus confusus*) esiintyy yleisimmin lahon vaurioittamassa puussa, kuten myös kuolemankello (*Hadrobregmus pertinax*). Hevosmuurahainen (*Camponotus herculeanus*) ei syö puuta, mutta se voi pesää rakentaessaan kaivaa lahovaurion pehmentämää puuta ja kevätpuuta ja aiheuttaa siten vakaviakin vaurioita. Erilaisia termiittejä esiintyy subtrooppisessa ja trooppisessa vyöhykkeessä.

Suomessa ei käytännössä esiinny hyönteisiä liimapuurakenteissa, jotka on suunniteltu niin, että ne pysyvät kuivina ja lahovaurioitta.

KUVA 24

Liimapuinen riippuanssilta,
Virserum, Ruotsi
(Svenskt Trä, Per Bergkvist).





Kuva 25

Liimapuutuotteiden ulkonäköluokat ovat:
 a) Puhtaasihöylätyt, viimeistellyt pinnat (vakiolaatu).
 b) Puhtaasihöylätyt, viimeistelemättömät pinnat.
 c) Höylätyt pinnat.
 d) Mitallistetut pinnat.

Liimapuutuotteet

Liimapuusta valmistetaan suoria tai kaarevia rakennusosia. Tavallisin poikkileikkausmuoto on suorakaide, mutta muitakin poikkileikkauksia voidaan valmistaa.

Ulkonäkölaatu ja pinnan viimeistely

Valmistaja viimeistelee liimapuisten rakennusosien pinnan aina jollain tavalla. Pohjoismaissa valmistetulle liimapuulle on sovittu neljä ulkonäköluokkaa. Luokka valitaan käyttötarkoituksen ja ulkonäkövaatimusten mukaan.

Puhtaasihöylätyt, viimeistellyt pinnat

Sivujen pitää olla käsitelty höylällä tai vastaavasti. Näkyviin jäävien pintojen pitää olla siten viimeistellyt, että niissä ei ole lähes lainkaan suurehkoja halkeamia, oksanreikiä, lohkeamia tai liimatahroja. Pienehköjä pihkataskuja, oksan reikiä, lohkeamia ja liimatahroja voi kuitenkin esiintyä. Näkyviin jäävien syrjien pitää olla viistettyjä.

Puhtaasihöylätyitä, viimeistellyitä pintoja suositellaan, kun rakennusosa jää näkyviin ja ulkonäkövaatimukset ovat erityisen suuret, esim. asunnoissa, kouluissa ja vastaavissa.

Tämä on yleensä käytössä oleva laatu Suomessa.

Puhtaasihöylätyt, viimeistelemättömät pinnat

Sivujen pitää olla käsitelty höylällä tai vastaavasti. Pienehköjä pihkataskuja, oksan reikiä, lohkeamia ja liimatahroja voi esiintyä. Näkyviin jäävien syrjien pitää olla viistettyjä.

Puhtaasihöylätyitä, viimeistelemättömiä pintoja suositellaan, kun rakennusosa jää näkyviin, esimerkiksi urheiluhallien kattopalkeissa, liiketiloissa, omakotitaloissa ja vastaavissa.

Höylätyt pinnat

Pintojen pitää olla käsitelty höylällä tai vastaavasti. Yksittäiset lamellit voivat olla paikoitellen työstämättömiä. Pienehköjä liimatahroja voi esiintyä. Pienehköjä pihkataskuja, oksan reikiä ja lohkeamia voi esiintyä. Höylätyt pinnat voi olla riittävä ulkonäköluokka rakennusosille, jotka ovat yli 4 m päässä katsojasta.

Höylätyt pinnat on suositeltava luokka näkyville pinnoille, kun ei aseteta suuria vaatimuksia, esimerkiksi urheiluhallien tai liiketilojen kattopalkit, tai kun toiminnallisuudelle ja kantokyvyille asetetaan suuria vaatimuksia mutta liimapuuta halutaan kuitenkin käyttää tilan tuntua luovana rakennusosana, kuten teollisuushalleissa.

Mitallistetut pinnat

Pinnat saavat olla suurimmaksi osaksi höyläämättömiä. Toinen sivu saa olla sahattu jos rakennusosan leveys on alle 90 mm (nimellismitta). Liimatahroja saa olla kaikilla sivuilla ja lamelleissa voi esiintyä vajaasärmää. Pihkataskuja, oksan reikiä ja lohkeamia saa esiintyä.

Mitallistettuja pintoja suositellaan piiloon jääviin rakennusosiin tai näkyviin rakennusosiin silloin kun ulkonäkövaatimukset ovat vähäiset, kuten varastotiloissa.



Halkaistu palkki

Liimapuutuotteet joiden nimellisleveys b on pienempi kuin 90 mm valmistetaan tavallisesti leveämmästä liimapuusta sahalla halkaisemalla. Sahauspinta voi tällöin kulkea avoimien tai liiman täyttämien halkeamien kautta, mistä voi aiheutua lohkeilua ja näkyviä liimatahroja halkaistulle pinnalle. Tämä koskee kaikkia ulkonäköluokkia. Jos rakenteen ulkonäkö on tärkeä, pitää halkaistuja palkkeja välttää sekä valita ulkonäköluokka puhtaaksihöylätyt, viimeistellyt pinnat.

KUVA 26
Liimapuinen maantiesilta,
Vihantasalmi. (Puuinfo Oy).

Varastovalikoima

Liimapuupalkkien varastopituus vaihtelee, ja se on enintään 12 m. Pinnan laatu on puhtaaksihöylätyt, viimeistelemättömät pinnat. Poikkileikkauskoot, katso taulukot 1a ja 1b. Jos liimapuun korkeus on alle 180 mm (vähemmän kuin neljä lamellia) niin lujuusluokka on tavallisesti GL30h, kun taas jos korkeus on suurempi (vähintään neljä lamellia) niin lujuusluokka on tavallisesti GL30c, mutta myös luokkaa GL30h esiintyy.

Rakennusosat joiden leveys b on alle 90 mm, niin sanotut halkaistut palkit, valmistetaan palkeista joiden luokka on alkuaan GL30c tai GL30h. Vannesahalla tehdyn halkaisun jälkeen GL30cs täyttää GL24c-luokan vaatimukset ja GL30ch täyttää GL28h-luokan vaatimukset.

Muita poikkileikkauskokoja, lujuusluokkia tai ulkonäköluokkia tai suurempia pituuksia voidaan tilata.

Liimausluokka on yleisimmin liimatyyppi I, mikä tarkoittaa että varastotuotteita voidaan käyttää ympäristöolosuhteista riippumatta, ei kuitenkaan sateelta ja voimakkaalta auringonsäteilyltä suojaamattomina.

Toimittajilla voi olla varastossa useita muitakin kokoja, ja niitä voi myös tilata. Suorien poikkileikkauksien korkeus on 45 mm kerrannainen. Vientimarkkinoille voidaan valmistaa liimapuuta muistakin lamellipaksuuksista kuin 45 mm.

Halkaistujen liimapuupoikkileikkauksien korkeuden pitäisi olla enintään 8 kertaa leveys. Jos tämän vaatimuksen täyttävä poikkileikkaus on lujuuden puolesta riittävä, niin korkeutta voi tarvittaessa kasvattaa, niin että se on enintään 10 kertaa leveys. Jos esimerkiksi

TAULUKKO 1A

Liimapuu; Varastopalkkien mitat.
Varastopalkkien lisäksi saatavissa myös muita kokoja.

Leveys	Korkeus									
	90	115	140	225	270	315	360	405	450	495
90	•			•	•	•	•	•		
115		•		•	•	•	•	•	•	•
140			•		•	•	•	•		
165							•		•	

TAULUKKO 1B

Halkaistu liimapuu; varastopalkkien mitat.

Leveys	Korkeus						
	225	270	280*	300*	315	360	405
42	•	•	•	•	•	•	
56	•	•			•	•	•
66					•	•	•

* Toimitetaan erikoistilauksesta.

halkaistu palkki 42 x 315 kestää lujuuden puolesta, mutta eristyspaksuuden vuoksi tarvitaan enemmän rakennekorkeutta, niin palkin korkeutta voidaan kasvattaa 405 mm:ksi. Käyttörajoitukset tarkasteluissa voidaan hyödyntää palkin koko korkeus.

Mittatoleranssit

Liimapuun mittatoleranssit määräytyvät standardista EN 14080. Toleranssivaatimukset on annettu vertailukosteuspitoisuutta vastaavista nimellismitoista. Jos liimapuun todellinen kosteuspitoisuus poikkeaa vertailukosteuspitoisuudesta, niin mitat on laskettava uudelleen standardin EN 14080 mukaisesti.

TAULUKKO 2

Liimapuun mittatoleranssit.

Mittaluku <i>b</i>	± 2mm	
Mittaluku <i>h</i>	≤ 400 mm	+ 4 mm / - 2 mm
	> 400 mm	+ 1% / - 0,5 %
Pituus <i>L</i>	≤ 2,0 m	± 2 mm
	2,0 ... 20 m	± 0,1 %
	> 20 m	± 20 mm
Kulmat	Poikkileikkaus saa poiketa suorakulmaisesta enintään 1:50 (noin 1 °)	
Suoran palkin suoruus	Millä tahansa palkin syrjällä 2 m matkalla nuolikorkeus saa olla enintään ± 4 mm. Ei koske esikorotettuja palkkeja.	

Suorat liimapuuosat

Tavallisimmin liimapuiset rakennusosat ovat suoria. Ne valmistetaan yleensä 45 mm paksuista puulamelleista, ja niitä käytetään lattiapalkkeina, kattopalkkeina ja pilareina. Suorat liimapuuosat ovat usein erilaisten rakennejärjestelmien komponentteja, katso edelleen osa Rakennejärjestelmät, sivu 46.

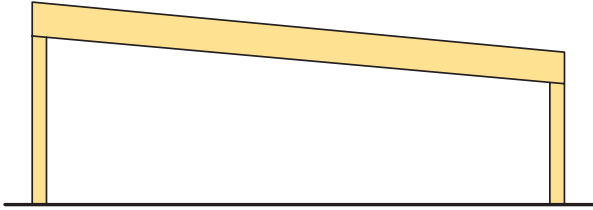
Suurilla jänneväleillä voi olla tarpeen esikorottaa vapaasti tuetuja palkkeja, jotta välttyttäisiin näkyviltä taipumilta. Tällaisia palkkeja voidaan tehdä tilauksesta.

Kaarevat liimapuuosat

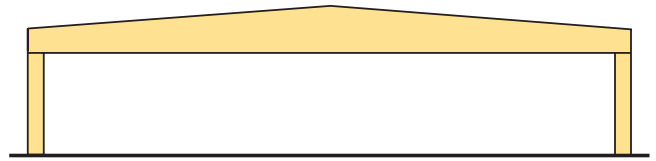
Kaarevia liimapuuosia käytetään ennen kaikkea kehä- ja kaarirakenteissa, mutta myös kaarevina palkkeina kuten esim. kaarevina harjapalkkeina.

TAULUKKO 3

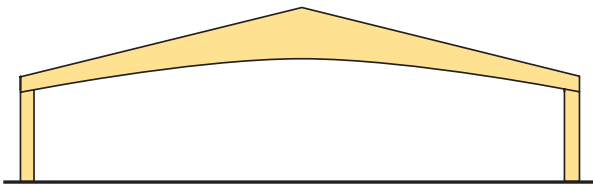
Esimerkkejä liimapuun käytöstä hallirakenteisiin.



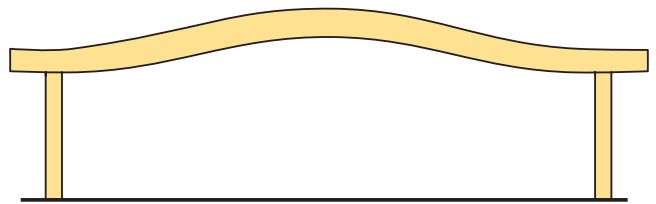
Pilareiden varassa oleva suora palkki 10 - 30 m



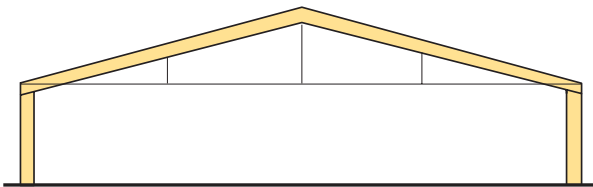
Pilareiden varassa oleva harjapalkki 10 - 30 m



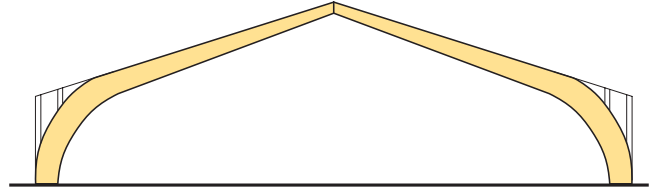
Pilareiden varassa oleva kaareva harjapalkki, bumerangipalkki, 10 - 30 m



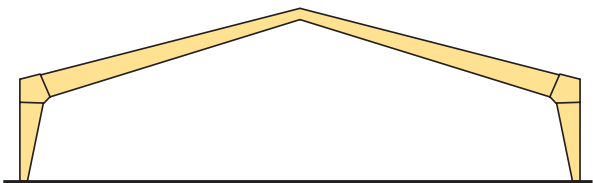
Pilareiden varassa oleva kaareva palkki 10 - 20 m



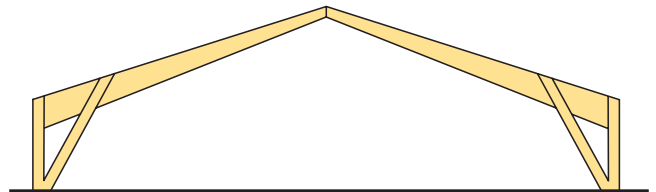
Pilareiden varassa oleva vetotangollinen kattotuoli 15 - 40 m



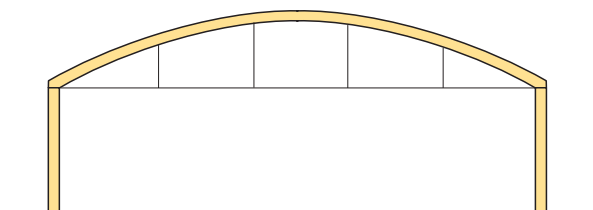
Kaarevanurkkainen kolminivelkehä 10 - 50 m



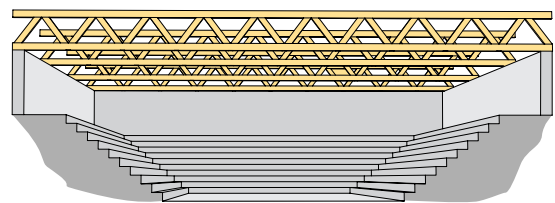
Nurkistaan sormijatkettu kolminivelkehä 15 - 25 m



Useammasta osasta koostuva kolminivelkehä 15 - 30 m



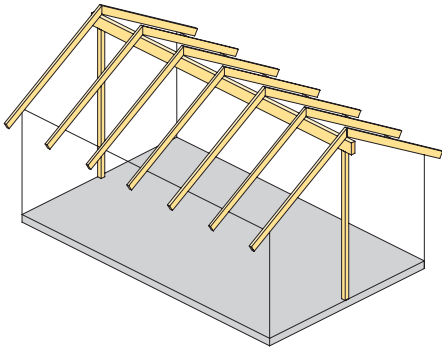
Pilareiden varassa oleva kaari 20 - 60 m



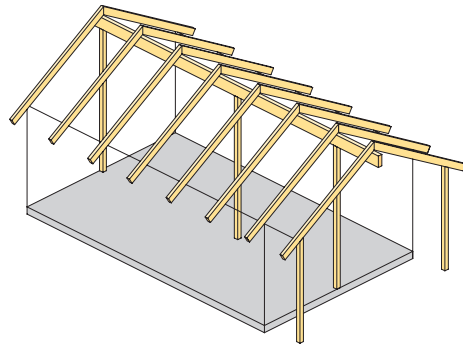
Ristikkokannatin 30 - 80 m

TAULUKKO 4

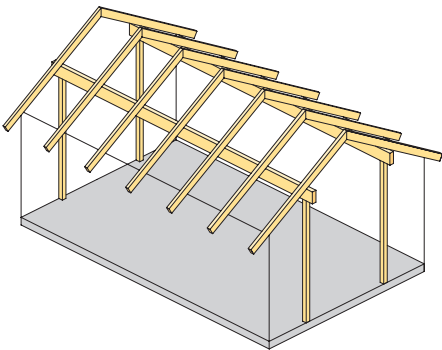
Esimerkkejä liimapuun käytöstä pientalojen rakenteisiin.



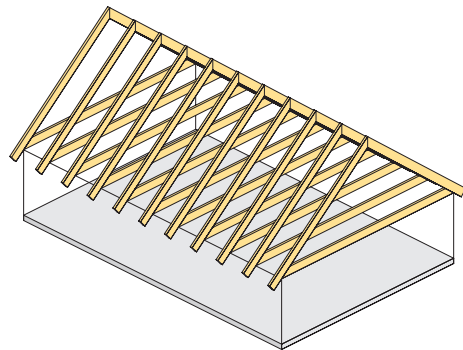
Yksi- tai useampiauukkoinen kurkipalkki



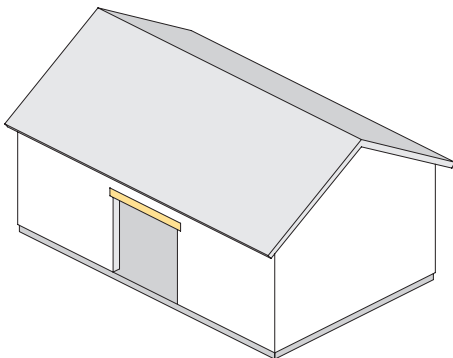
Kurkipalkilla tuetut yksinkertaiset kattovasat



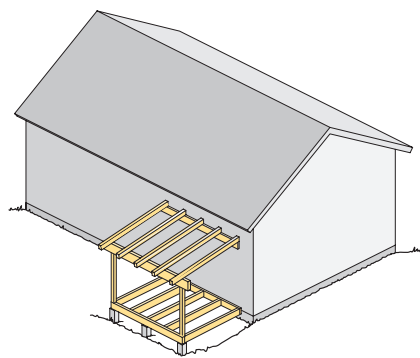
Kahdella pääpalkilla tuetut yksinkertaiset kattovasat



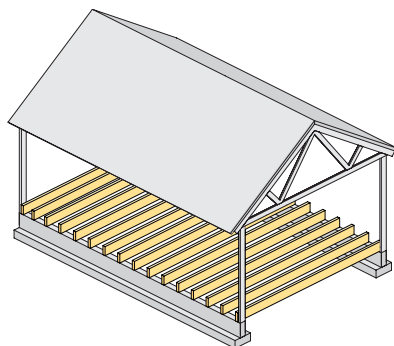
Kattoristikot tai -kehät



Kantavan seinän aukkopalkki



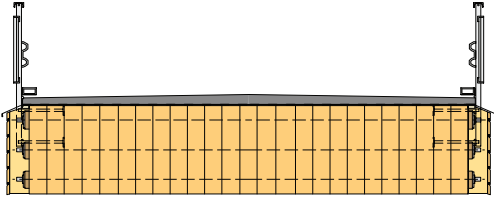
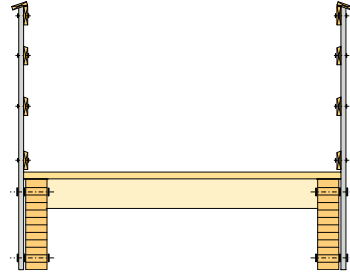
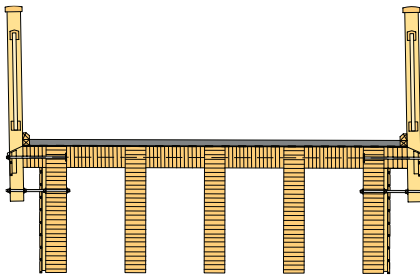
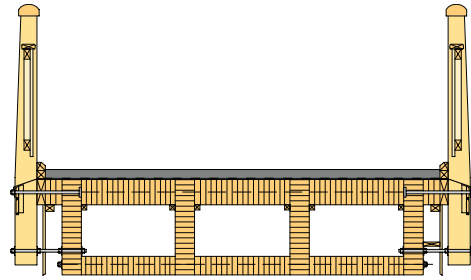
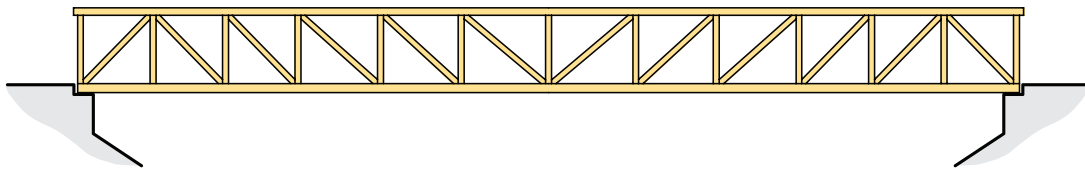
Terassin katos- ja lattiarakenne



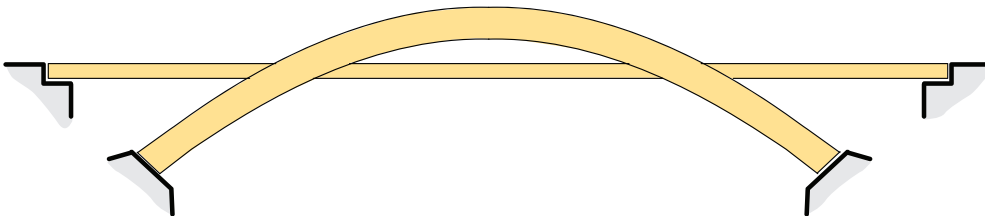
Lattiapalkit

TAULUKKO 5

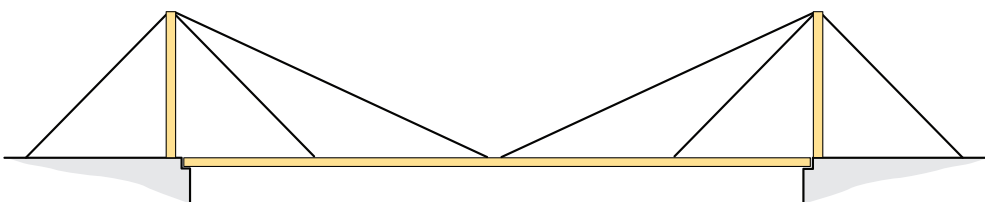
Esimerkkejä liimapuun käytöstä puusiltoihin.

Poikittain jännitetty laatta ≤ 20 m, myös ajoneuvoliikenteellePalkkisilta ≤ 20 m, kevyelle liikenteelleT-palkkisilta ≤ 30 m, kevyelle liikenteelleKotelopalkkisilta ≤ 30 m, myös ajoneuvoliikenteelle

Ristikosilta 25 - 40 m, kevyelle liikenteelle



Kaarisilta 25 - 60 m, myös ajoneuvoliikenteelle



Vinoköysisilta 40 - 100 m, kevyelle liikenteelle

Kehä- ja kaarirakenteet tehdään mieluiten niin, että kaarevilla osuuksilla on vakiopoikkileikkaus. Kaarevat harjapalkit ja kaarevat kehänurkat voidaan tehdä niin, että niiden kulmaosat tehdään jälkepäin tehdyllä erillirakenteella. Ulkonäkösyistä voidaan myös käyttää paikoilleen liimattua, kevyesti naulattua tai ruuvattua nurkka- tai kulmakappaletta.

Kaarevien rakennusosien lamellipaksuus on yleensä 33 mm, mutta vielä ohuempia-kin lamelleja on käytettävä, jos kaarevuussäde on pienempi kuin 6,6 m.

Kuljetuksen aikainen suojaus

Useimmiten valmistajat pakkaavat liimapuupalkit yksitellen ympäristöystävällisellä pakkauksella. Pakkauksen on tarkoitus suojata kosteutta, ultraviolettivaloa ja vähäisiä mekaanisia rasituksia vastaan kuljetuksen, varastoinnin ja mahdollisesti asennuksenkin aikana.

Liimapuutoimituksen vastaanottajan pitää huolehtia siitä, että liimapuutuotteet varastoidaan huolellisesti. Pakkaus pitää esimerkiksi viiltää auki, jottei kosteus kondensoidu sen sisällä tai että jo muodostunut kondenssivesi pääsee valumaan pois. Vastaanottajan pitää huolehtia, että liimapuutuotteet varastoidaan tarpeeksi korkealla maasta pukeille nostettuina ja suojattuina maakosteutta, sadetta, likaa ja auringonvaloa vastaan. Liimapuun pitkäaikaista varastoimista rakennuspaikalla tulee välttää, katso edelleen luvussa Liimapuun käsittely, sivu 82. Vastaanotettaessa tarkastetaan että kosteuspitoisuus vastaa tilattua kosteuspitoisuutta.

Asennus

Liimapuurakenteiden asentaminen edellyttää lähes aina, että käytettävissä on jonkunlainen nostolaite, yleensä autonosturi. Liimapuiset rakennusosat pitäisi mieluiten voida nostaa suoraan kuorma-autosta paikoilleen rakennukseen. Tämä on kuitenkin harvoin mahdollista, ja sen vuoksi pitää yleensä varautua varastoimaan tuotteita jonkun aikaa rakennuspaikalla. Valmistajan antamia ohjeita pitää noudattaa varastoinnissa.

Asennustyö pitää suunnitella jo ennen kuin lasti puretaan kuljetusautosta, jotta vältetään aikaa vieviä siirtoja. Tilattaessa voidaan sopia määritellystä lastausjärjestyksestä. Selkeä ja järjestelmällinen yksittäisten rakennusosien ja liittimien merkkäus on myös ratkaisevaa onnistuneelle asennukselle.

Rungon kestävyys tuulta ja muita rakennusaikaisia rasituksia vastaan pitää varmistaa väliaikaisilla tuennoilla, kunnes rakennuksen jäykistysjärjestelmä on kokonaisuudessaan valmis. Kehä- ja kaarirakenteet varmistetaan parhaiten teräsvaijereilla, jotka kiristetään vanttiruuvein. Vaijereita käytetään myös pitämään rakenteet oikeassa asemassaan, kunnes tuuliristikko tai muu jäykistysrakenne on asennettu.

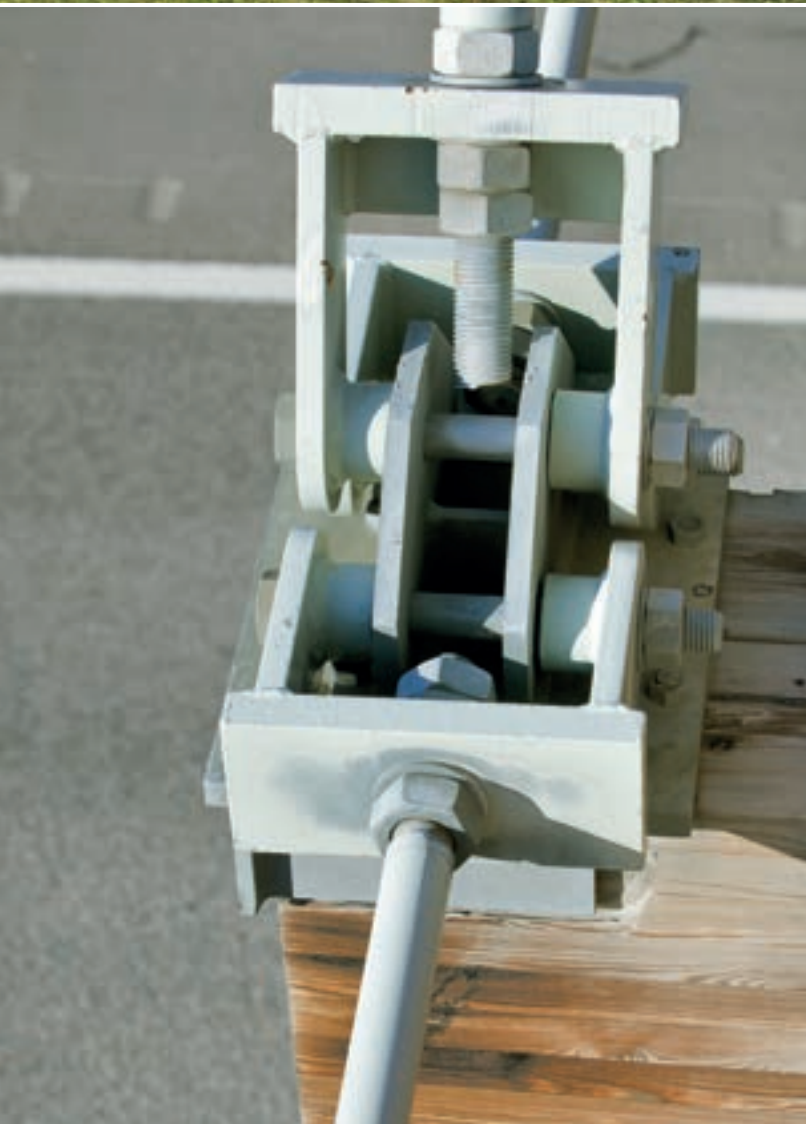
Muovikääre pitää leikata auki alareunastaan, jottei sen sisään muodostu kosteutta. Kääre voidaan poistaa myös kokonaan, jos varotaan, etteivät näkyviin jäävät rakennusosat likaannu työn aikana. Erityisen alttiita ovat sellaiset kattorakenteet, joiden päälle välittömästi tulee korkeaprofilinen poimulevy, jonka saumoista tuleva valumavesi voi liata palkkien sivut ennen eristeen ja kattohuovan asentamista.

Kolminivelkehät ja -kaaret muodostuvat kahdesta osasta, jotka kiinnitetään betoniperustukseen tai pilareiden varaan ja kiinnitetään teräksisillä liitososilla harjalta. Suuret rakenteet asennetaan helpoimmin ja turvallisimmin autonosturin avulla siten, että harjan alla käytetään siirrettävää asennustornia. Asennettaessa kumpikin kehän tai kaaren puolikas nostetaan paikoilleen autonosturilla. Kehän jalka tai kaaren alapää kiinnitetään perustuksessa olevaan kiinnikkeeseen tai pilarin yläpäähän, harjakappale asetetaan asennustornin päälle ja osat kiinnitetään yhteen. Kun rakenne on tuettu sivusuunnassa paikoilleen, siirretään asennustorni seuraavalle linjalle.

KUVA 27 (sivu 33 yllä)
Liimapuinen riippuansassilta,
Haikula.
(Ladec, Loma Graphics Oy).

KUVA 28 (sivu 33 ala vasen)
Vetotankojen kiinnitys kansilaatan
kannatinpalkkeihin, Haikula.
(Ladec, Loma Graphics Oy).

KUVA 29 (sivu 33 ala oikea)
Vetotankojen kiinnitys harjaan,
Haikula.
(Ladec, Loma Graphics Oy).





KUVA 30

Liimapuurungon pystytys, Askims torg,
Ruotsi. (Moelven AB, Sören Lind).



SUUNNITTELU

Tässä Liimapuukäsikirjan ensimmäisen osan toisessa pääjaksossa esitetään liimapuuraakenteiden suunnitteluperusteet. Suunnittelijan pitää ottaa huomioon liimapuun mahdollisuudet ja rajoitukset jo suunnittelun aikaisessa vaiheessa.

Tässä osassa esitellään hyvän arkkitehtuurin rakennustekniset edellytykset ja tavallisimmat rakennejärjestelmät.

Jäljempänä esitetään alustavaan mitoitukseen tarvittavia taulukoita. Taulukkoarvot on tarkoitettu käytettäväksi esisuunnittelussa, eivätkä taulukot voi korvata kunkin yksittäisen tapauksen rakennelaskelmia. Tarkempaan laskemiseen annetaan opastusta Liimapuukäsikirjan osissa 2 ja 3.

Liimapuuta käytetään usein suurten yksikerroksisten rakennusten, kuten hallien, kantavina rakenteina. Nykyiset palomääräykset antavat kuitenkin mahdollisuuden käyttää puurunkoa myös kerrostaloissa. Suunnittelijan on hyvä tietää, että palomääräykset eivät estä liimapuun käyttöä. Katso luku Palomitoitus, sivu 70.

Tärkeä osa suunnittelua on värytys ja pintakäsittely. Usein liimapuun luonnollista väriä halutaan käyttää arkkitehtonisen vaikutelman luomiseksi. Erilaiset pintakäsittelyt antavat monia vaihtoehtoisia ilmaismahdollisuuksia. Yksittäistapauksissa liimapuu pitää pintakäsittelä teknisistä syistä, tai se pitää jopa tehdä painekyllästetyistä lamelleista. Näitä kysymyksiä käsitellään erillisessä luvussa, sivu 75, jossa myös annetaan teknisen kuvauksen perusteet.

Säilyvyyteen liittyvien kysymyksien merkitys on viime aikoina kasvanut. Jo suunnitteluvaiheessa tarvitaan tietoa materiaalien merkityksestä ja huoltotarpeesta, jotta päästään teknisesti parhaaseen ratkaisuun. Mikään materiaali ei ole huoltovapaa, mutta huoltotoimet voivat olla vaativuudeltaan erilaisia, katso luku Pintakäsittely ja huolto, sivu 75.

KUVA 31

Liimapuuta hotellirakennuksessa, Copperhill Mountain Lodge Hotel, Åre, Ruotsi. (Åke E:son Lindman).

Rakennustekniset edellytykset

Harvalla rakennusaineella on liimapuun veroiset rakenteelliset ja arkkitehtoniset ilmahdellisuudet.

Tukkikoko rajoittaa sahatavaran mittoja. Valmistajan laitteiston sallimissa rajoissa voidaan liimaustekniikalla kuitenkin valmistaa paksuja, korkeita ja hyvin pitkiä rakennusosia, kuten palkkeja joiden leveys on 265 mm ja korkeus yli 2 m. Suorien rakennusosien lisäksi voidaan valmistaa myös erilaisia kaarevia muotoja.

Liimapuusta valmistettu rakennusosa kestää suurempia jännityksiä kuin samankokoinen sahatavarasta tehty osa. Tämä johtuu niin sanotusta laminointivaikutuksesta. Riski että puuta heikentävät ominaisuudet olisivat samassa poikkileikkauksessa, on selkeästi pienempi rakennusosassa, joka koostuu useammasta yhteen liimatusta lamellista, katso luku Liimapuutietoutta, sivu 15.

Perinteiset puurakentamisen menetelmät, kuten sahaaminen, höylääminen, naulaaminen, ruuvaaminen ja kiinnikkeiden käyttäminen, soveltuvat erinomaisesti myös liimapuuhun. Liimapuu on uudenaikaisen puurakentamisen luonnollinen osa.

Tässä luvussa annetaan myös opastusta liimapuun käytön mahdollisuuksista ja rajoituksista. Esimerkkejä liimapuulle soveltuvista rakennusjärjestelmistä annetaan luvussa Rakennusjärjestelmiä sivulla 46.

Liimapuiset rakennusosat tulevat taloudellisesti edullisemmiksi, kun poikkileikkauksen korkeutta kasvatetaan. Poikkileikkauksen puristus- ja vetoresultanttien välistä etäisyyttä kutsutaan momenttivariksi, katso kuva 32.

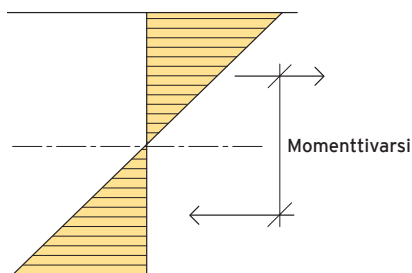
Teräksisten liitososien käyttö on lisääntymässä puurakentamisessa ja myös liimapuurakentamisessa. Perinteisessä puurakennustekniikassa liitoskohdat tehtiin yleensä siten, että ne siirsivät pääasiassa puristusvoimia ja niiden kyky siirtää vetovoimia oli rajallinen.

Teräslitokset siirtävät voimia tehokkaammin ja lujuusopillisesti täsmällisemmin, kuin mitä perinteisiä liitoksia käyttämällä oli mahdollista. Nivel, eli kahden rakennusosan momenttia siirtämätön liitos, voidaan todellisuudessa muotoilla niveleksi.

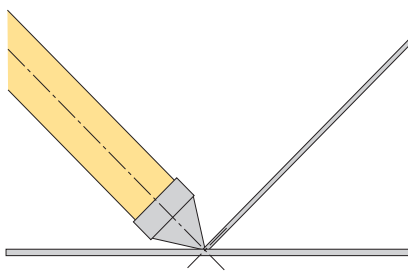
Nivel pitää aina sijoittaa painopisteviivojen leikkauspisteeseen, jotta vältetään epäkeskeisyyden aiheuttama taivutusmomentti risteyskohdassa. Painopisteviivojen pitää siten leikata toisensa samassa pisteessä, joka on nivelpiste, kuva 33.

Staattisesti määräämättömissä rakenteissa syntyy pakkovoimia. Kun rakenteeseen lisätään niveliä, niin staattisesti määräämättömistä rakenteista voidaan saada staattisesti määrättyjä, jolloin ne ovat helpompia suunnitella. Esimerkiksi kaksinivelkaari on staattisesti määräämätön, mutta kolminivelkaari staattisesti määrätty, kuva 34.

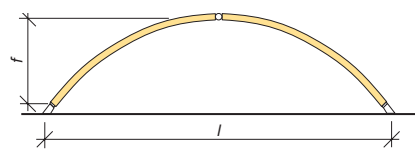
Teräsosien muotoilu on usein riippuvainen rakenteellisista rajoituksista, kuten teräksen ja liimapuun välisestä kosketuspaineesta. Teräsosat voidaan tehdä upotetuiksi tai rakenteen pinnalla oleviksi, ja ne voivat toimia nivelinä tai siirtää momenttia. Esimerkkejä kiinnityksistä ovat:



KUVA 32
Momenttivarsi on poikkileikkauksen puristus- ja vetoresultanttien välinen etäisyys.



KUVA 33
Painopisteviivojen pitää mieluiten leikata toisensa samassa pisteessä - muuten nurkkaan syntyy epäkeskeisyyden aiheuttama taivutusmomentti.



KUVA 34
Kolminivelkaari - staattisesti määrätty runkorakenne.

- perustusdetaljit
- tuentaratkaisut, kuten pilari-palkki ja palkki-palkki liitokset
- nurkkapisteet; samassa pisteessä kohtaavien liimapuisten rakennusosien tai teräksisten vetotankojen liitoskohdat.

Markkinoilla on käyttökelpoisia vakio-osia kuten naulauslevyjä, kulmalevyjä, palkkikienkiä ja reikävanteita. Usein liimapuurakenteiden mitat ja välitettävät voimat ovat kuitenkin niin suuria, että teräsosat pitää teettää konepajalla. Erityisesti näkyvät liimapuurakenteet ja niiden liitokset ovat osa arkkitehtuuria. Teräsosat vaikuttavat rakenteen ulkonäköön ja niiden suunnitteluun kannattaa kiinnittää erityistä huomiota.

Liimapuu säilyttää vakavuutensa ja kantokykynsä myös tulipalon alkuvaiheissa. Pinnalle muodostuva hiiltynyt kerros suojaa palkkia ja parantaa palonkestävyyttä. Palonkestävyyttä koskevat vaatimukset pitää ottaa huomioon myös teräsosien suunnittelussa. Sisäänrakennettu piiloon jäävä kiinnike on palolta paremmin suojattu, kuin pinnallinen kiinnike, katso edelleen kohdasta Palomitoitus, sivu 70.

Rakennejärjestelmää ei voi valita ottamatta huomioon yksityiskohtien ratkaisuja. Rakennesuunnittelijan on syytä vaikuttaa näkyvien teräsosien muotoiluun ja tarvittaessa käyttää niiden suunnitteluun paljonkin aikaa.

Suunnitteluprosessissa esisuunnitteluluonnokset antavat yleensä riittävästi tietoa toiminnallisista ja geometrisistä edellytyksistä, mahdollisista jänneväleistä ja rakennusosien tarkoituksenmukaisesta muodosta.

Aikaisessa vaiheessa aloitettu arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan välinen yhteistyö luo edellytykset hyviin ratkaisuihin.

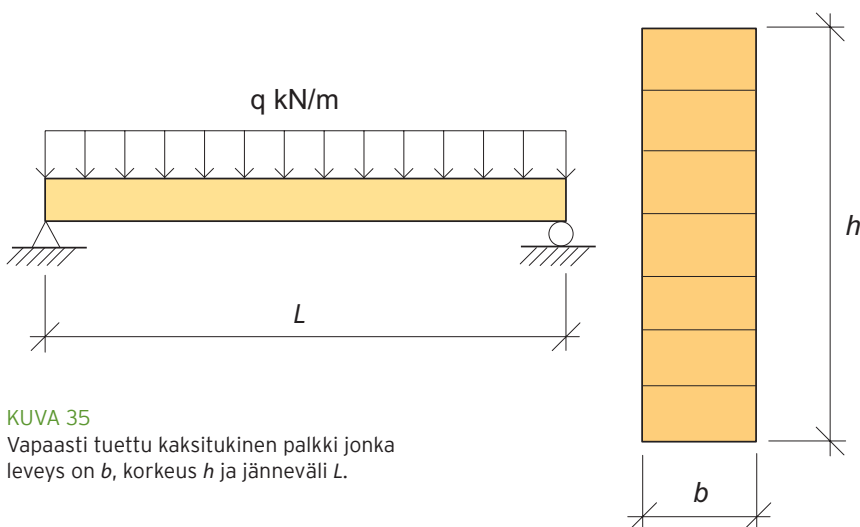
Kantavien liimapuurakenteiden rakenteellisia näkökohtia

Seuraavassa on annettu esimerkkejä esisuunnitteluun sisältyvistä rakenneanalyyseistä. Muutamia lujusopin peruskäsitteitä ja yksinkertaisia yhtälöitä on syytä tuntea, ja ne esitetään siksi tässä.

Palkit

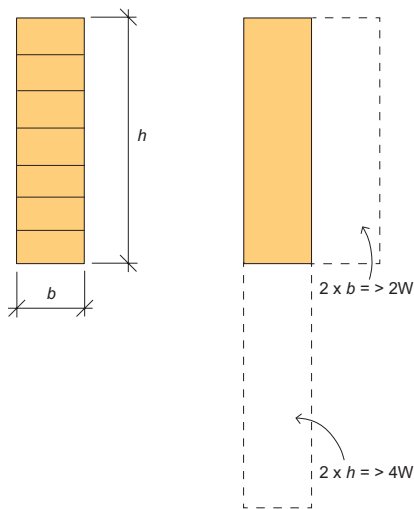
Palkkien mitoittamisessa lähtökohdiana on mitoituskuorma q , johon sisältyy kaikki palkille kohdistuvat kuormat kuten rakenteiden oma paino, lumikuorma, tuulikuorma ja mahdolliset hyötykuormat. Mitoitusmenetelmänä käytetään EU:n yhteisen puurakennusstandardin eurokoodi 5:n mukaista menetelmää. Mitoituksessa pitää ottaa huomioon kunkin maan kansallisessa liitteessä annettavat kansallisesti määritettävät kertoimet.

Tavallisesti esisuunnittelussa käytetään avuksi valmiiksi laskettuja taulukoita, joita on esitetty käsikirjan tässä osassa.

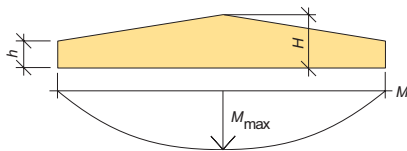


KUVA 35

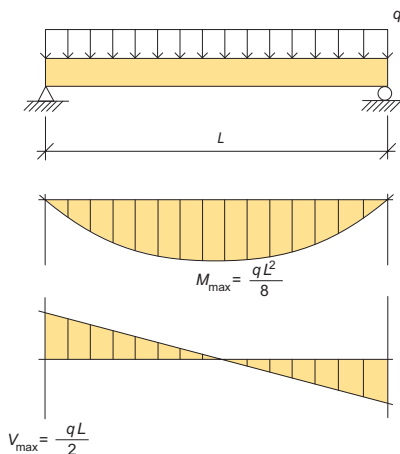
Vapaasti tuettu kaksitukinen palkki jonka leveys on b , korkeus h ja jänneväli L .



KUVA 36
Palkin kestävyys kasvaa korkeuden neliön suhteessa.



KUVA 37
Vapaasti tuetun harjapalkin muoto noudattelee momenttipinnan muotoa. Se on sen vuoksi taloudellisempi kuin suora, tasakorkea palkki.

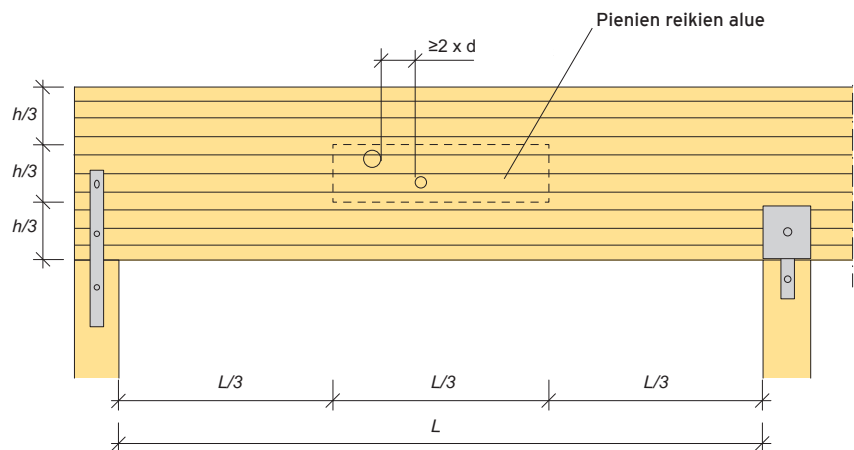


KUVA 38
Tasaisen kuorman kuormittaman vapaasti tuetun yksiaukkoisen palkin ulkoinen momentti ja leikkausvoima.

Palkkiin vaikuttaa ulkoinen maksimimomentti $M = q \times L^2/8$. Palkin pitää kestää tämä ulkoinen momentti muodostamalla sisäinen vastustava momentti $M_i = \sigma \times W = \sigma \times b \times h^2/6$, missä W on palkin taivutusvastus. Jännitys σ saa olla enintään eurokoodi 5:n mukainen taivutuslujuuden suunnitteluarvo, f . Palkin kestävyys kasvaa korkeuden neliön suhteessa, mutta leveyden kasvattaminen lisää kestävyttä vain lineaarisesti.

Jos kokeiltavan palkkikoon taivutusjännitys on suurempi kuin taivutuslujuus, niin palkin varmuus murtumista vastaan ei ole riittävä, ja taivutusvastusta pitää kasvattaa. Seuraavat esimerkit kuvaavat miten asiaa voi pohdiskella:

- Koska liimapuupalkin hinta on yleensä verrannollinen sen tilavuuteen, niin palkin korkeuden kasvattaminen maksaa vähemmän kuin palkin leveyden kasvattaminen.
- Suunnitteluhankkeessa voi olla muitakin tekijöitä joihin palkin korkeuden kasvattaminen vaikuttaa. Jos palkkien alla vaaditaan tietty vapaa korkeus, niin koko rakennusta pitää mahdollisesti korottaa, mistä seuraa esimerkiksi lisäkustannuksia julkisivujen ja lämmityksen osalta.
- On tavallista että rakenteen korkeus määräytyy taipumavaatimuksesta. Eurokoodi 5:n kansallisissa liitteissä on annettu kussakin maassa käytettävät taipumarajat.
- Palkin muoto voidaan myös valita siten, että materiaalia on käytetty tehokkaammin hyväksi. Tällainen muoto on esimerkiksi harjapalkki tai kaareva harjapalkki
- Laiteasennukset ovat usein olennainen osa rakennuksen toiminnallisuutta, ja ne vaikuttavat arkkitehtoniseen vaikutelmaan. Usein kysytäänkin voiko liimapuusiin rakennusosiin tehdä reikiä ja lovia. Sopivasta reikien sijoittelusta voidaan yleisellä tasolla todeta seuraavasti:
Koko liimapuupalkin poikkileikkaus ottaa vastaan sille tulevia leikkausvoimia, jotka ovat suurimmillaan tuilla. Sen vuoksi tukialueelle ei yleensä ole sopivaa tehdä reikiä eikä syvennyksiä. Kuva 38 esittää taivutusmomentin aiheuttaman palkin jännitysjakautuman. Palkin ylä- ja alareunassa on suurimmat jännitykset, jolloin palkin keskialueelle lähelle sen neutraaliakselia voi yleensä tehdä reikiä, kuva 39. Yksittäisessä hankkeessa rakennesuunnittelijan pitää antaa ohjeet reikien ja lovien tekemisestä.



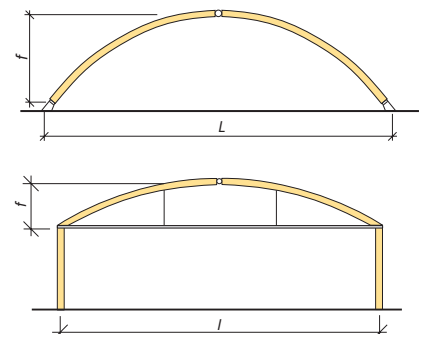
KUVA 39
Reikien tekemisessä liimapuupalkkeihin pitää noudattaa suurta varovaisuutta. Merkatussa alueessa voidaan tehdä pieniä reikiä jos rakennesuunnittelija sen sallii. Reikien tekemisestä lisää Liimapuukäsikirjan osassa 2.

Kaaret

Liimapuiset kaaret sopivat suurille jänneväleille. Kaari toimii parhaiten, jos sen muoto seuraa ns. puristusviivaa, jolloin pystykuormat aiheuttavat koko poikkileikkaukselle tasaisen vakiojännityksen. Kuva 41 esittää palkin ja kaaren toiminnan eron.

Kun kaaren materiaali on käytetty tehokkaammin hyväksi kuin palkin, niin poikkileikkauksen korkeus voi olla matalampi, noin $L/50$, mikä on noin kolmasosa vastaavan palkin korkeudesta.

Kaari tarvitsee kiinteän tuennan, joka voi muodostua toisesta rakenteesta, perustuksesta tai vetotangosta. Siirtymättömällä tuennalla tarkoitetaan tukea, joka voi ottaa vastaan kaaren kantoihin syntyviä vaakavoimia. Vetotangot voidaan sijoittaa näkyville tai hallirakennuksissa myös lattian alle.



KUVA 40

Kaaren materiaali on tehokkaasti hyödynnetty, mutta se vaatii siirtymättömät tuet tai vetotangon.

Ristikot

Ristikot ja ansaspalkit ovat monimutkaisia rakennusosia, ja ne vaativat liitosten osalta enemmän suunnittelutyötä.

Arkkitehdin on syytä osallistua näiden rakennusosien muotoilemiseen. Markkinoilta löytyy soveltuvia liitososia kuten vetotankoja ja nurkkakappaleita. Asennukset voidaan usein sijoittaa yläpaarten lähelle, alemman vetotangon yläpuolelle, joka ei välttämättä vaikuta näkyvältä esteeltä huonetilassa. Huonetila voi antaa vaikutelman, että se noudattaa yläpaarretta ja eristetyin kattorakenteen alapintaa. Puristussauvat tehdään yleensä liimapuusta, kun taas vetosauvat voivat olla esimerkiksi rakenneterästä.

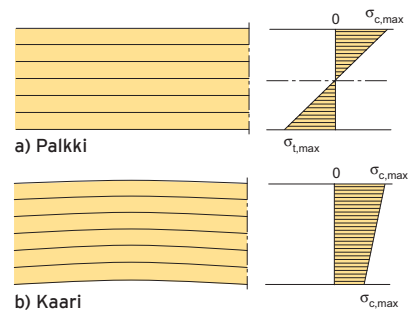
Momenttivarsi on tässä tapauksessa ylä- ja alapaarteiden painopisteviivojen välinen etäisyys. Rakennesuunnittelija voi usein vapaasti valita rakenteen korkeuden.

Ansaspalkissa liimapuusta on pääasiassa puristettu ja sen materiaali on siten käytetty tehokkaasti hyväksi. Siksi liimapuuta tarvitaan vähemmän kuin tavallisessa liimapuupalkissa. Vastapainoksi tulevat ne kustannukset mitkä aiheutuvat ansarakenteeseen tarvittavista teräsosista.

Kun ristikon momenttivarsi kasvaa, niin puristus- ja vetovoimat pienenevät vastaavasti. Ristikon paarten puristusvoiman ja momenttivarren tulo on yhtä suuri kuin toisessa paarteissa vaikuttavan vetovoiman ja momenttivarren tulo ja molempien pitää olla yhtä suurina kuin ulkoinen momentti. Erityisesti pitää tarkistaa että tukialue kestää riittävästi leikkausvoimaa.

Ristikoidilla, ansaspalkeilla, kolminivelkattotuoleilla, kehillä ja kaarilla voidaan kasvattaa momenttivartta ja käyttää siten materiaalia tehokkaammin.

Erityisiä toimenpiteitä voidaan tarvita rakenteiden vakavuuden ja paloturvallisuuden varmistamiseksi.

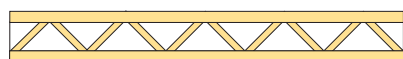


KUVA 41

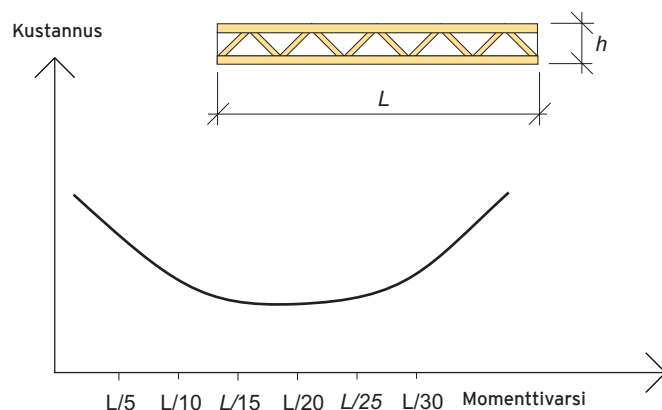
Kuormitetussa palkissa jännitykset jakautuvat poikkileikkauksessa puristus- ja vetojännityksiksi. Palkin keskellä ei ole jännitystä. Kaari sen sijaan on puristettu koko poikkileikkaukseltaan.



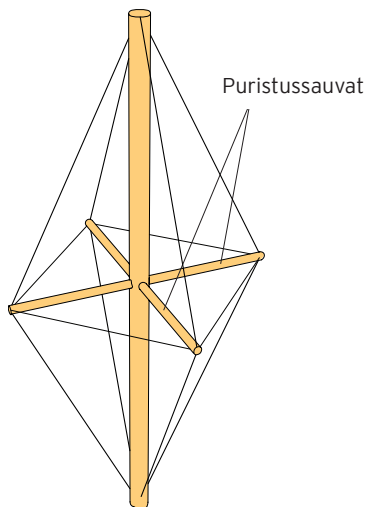
KUVA 42
Ansaspalkki.



KUVA 43
Ristikon sauvat muodostavat yhdessä toimivan rakennusosan.



KUVA 44
Kattoristikkojen edullisin momenttivarsi on usein $L/15$ ja $L/20$ välillä.



KUVA 45
Pilarin nurjahduspituutta voidaan lyhentää, ja siten pienentää pilarin tarvittavaa poikkileikkausta, jos käytetään puristustukia. Periaatekuva.

Pilarit

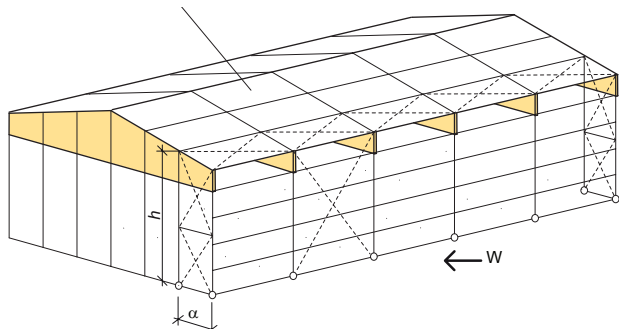
Liimapuupilareilla on yleensä hyvä kestävyys. Yläpäästään vapaasti liikkuvan ja alapäästään jäykästi kiinnitetyn mastopilarin nurjahduspituus on suunnilleen kaksi kertaa pilarin korkeus. Molemmista päistään nivelellisesti tuetun pilarin nurjahduspituus on pilarin korkeus.

Rakennuksen muoto antaa usein luonnollisen mahdollisuuden kiinnittää pilarit yläpäästään niihin liittyvän kattorakenteen avulla. Matalien, enintään 3-4 m korkeiden rakennusten pilarit on yleensä taloudellista kiinnittää perustuksiin riittävän vakavuuden saamiseksi. Perusrakenne pitää silloin mitoittaa syntyvälle taivutusmomentille. Korkeammassa rakennuksissa on yleensä taloudellisinta käyttää vinojäykisteitä tai tuuliristikoidia. Pilarit voidaan muotoilla tukia kohti oheneviksi. Tuet sijoitetaan niin että kuormat keskitetään.

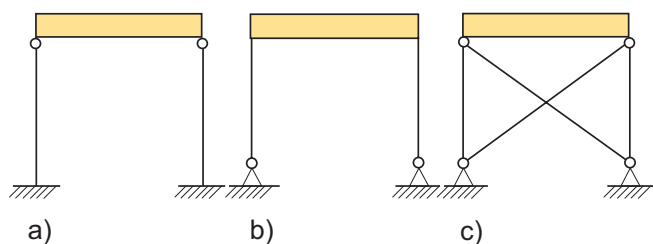
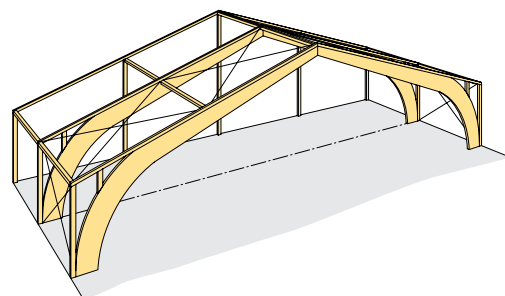
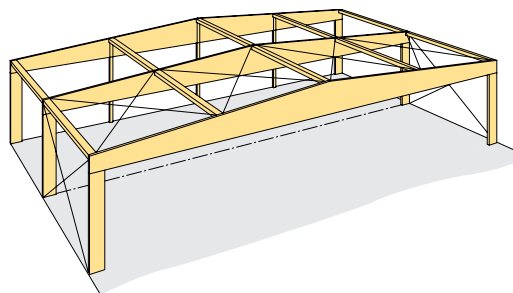
Liimapuurakenteiden jäykistäminen

Julkisivujen tuulikuormat viedään tavallisesti kattorakenteen välityksellä tuuliristikoidille, jotka sijoitetaan katon tasoon, yleensä lähelle päätyjä ja julkisivuja. Katon tuuliristikoiden tukivoimat viedään pystysuorien ristikoiden avulla perustuksille, kuva 46.

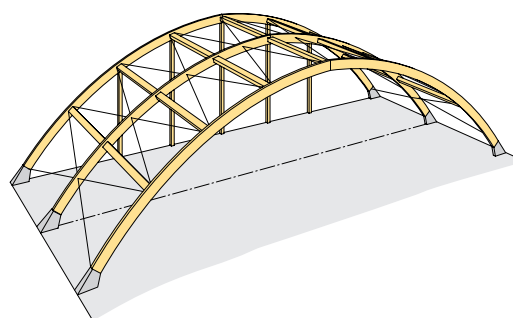
Jäykistävä kattolevy



KUVA 46
Liimapuurungon jäykistäminen tuuliristikoidilla.



KUVA 47
Esimerkkejä rakenteista jotka ovat omassa tasossaan vakaita:
a) Jäykästi kiinni olevat pilarien jalat; nivelelkiinnitys palkin ja pilarien välillä.
b) Nivelelliset pilarien jalat; jäykkä kiinnitys palkin ja pilarien välillä
c) Nivelelliset pilarien jalat ja yläpää; vinojäykistys teräksestä tai puusta.



KUVA 48
Esimerkkejä tuuliristikoiden sijoittamisesta kehä ja kaarirakenteissa. Yksityiskohtaisempi kuvaus liimapuisille runkorakenteille sopivasta jäykistämisestä on Liimapuukäsikirjan osassa 2.

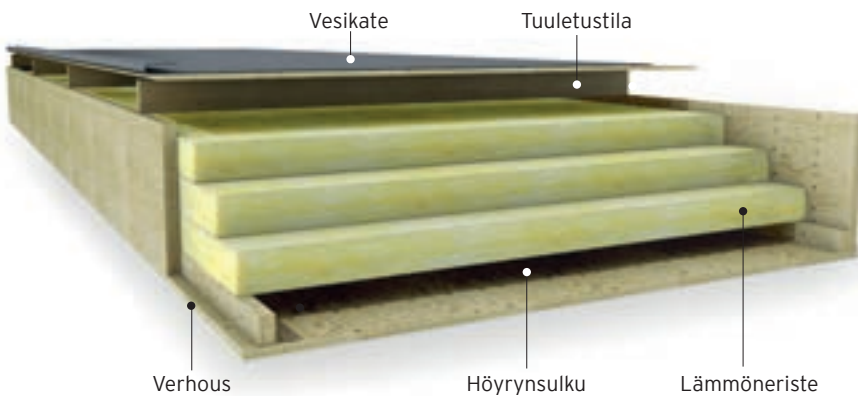
Ulkovaippa

Liimapuiset pääkannattajat jätetään yleensä näkyviin rakennuksen sisäpuolelle, ja katon muodostava ulkovaipan osa sijoitetaan näiden yläpuolelle. Suomessa käytetään hyvin usein suurkattoelementtejä, jotka asennetaan liimapuurungon yläpuolelle. Vaihtoehtoisesti yläpohjarakenteet voidaan tehdä paikalla rakentaen.

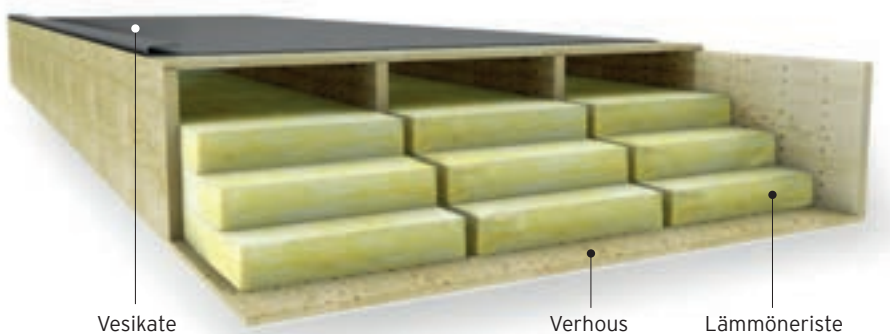
Rakennuksen ulkoseinät voidaan tehdä suurpuuelementeistä, joiden runko tehdään liimapuusta. Seinäelementit ovat valmiita rakennusosia, joissa sisäpinnassa on yleensä kipsilevy ja ulkopinnassa tuulensuoja. Ulkopinnassa voi myös olla julkisivulaudoitus tai rimotus julkisivumateriaalin kiinnittämistä varten.

Suurkattoelementeissä käytetään elementin kantavana palkkina liimapuu- tai LVL-palkkeja, joiden väliin kiinnitetään välipalkit, yleensä sahatavaraa. Välipalkkien alapintaan asennetaan alapinnan levytykset, yleisimmin kipsilevyä tai akustiikkalevyä. Välipalkkien kohdalle ja yläpuolelle asennetaan lämmöneristeet, ja eristeiden alapinnalle höyrynsulku. Jos kattoelementti ei ole tuuletettava, ylin eristekerros on uritettu ja eristeen päälle asennetaan vesikate, joko bitumikermi tai PVC-kate. Tuulettuvassa kattoelementissä kantavien palkkien yläpintaan asennetaan tuuletustilan palkit, joiden yläpintaan laudoitus tai levytys ja vesikate. Perinteiset tuulettuvat kattoelementit ovat 2-4 -aukkoisia elementtejä, jotka soveltuvat käytettäväksi 6 – 8 m kehäjaolla. Elementtien pituus on yleensä 18 – 24 m, leveys yleensä noin 2,5 m ja korkeus tyypillisesti 400 – 750 mm. Tuulettuvissa kattoelementeissä tuuletustila on yleensä 125 – 150 mm, jopa 300 mm.

Elementtirakenteinen yläpohja voidaan suurkattoelementin lisäksi tehdä myös LVL-Ripa-kattoelementeistä, jotka ovat yksiaukkoisia elementtejä kehäjaolle 12 – 18 m. Elementtien pituus on 12 – 18 m. LVL-Ripa-kattoelementissä elementin onteloihin asennetaan lämmöneristeet, alapintaan levytys ja yläpintaan vesieriste.



KUVA 49
Tuulettuvan suurkattoelementin periaatekuva. Elementtien rakenne hieman vaihtelee valmistajakohtaisesti. (MetsäWood).

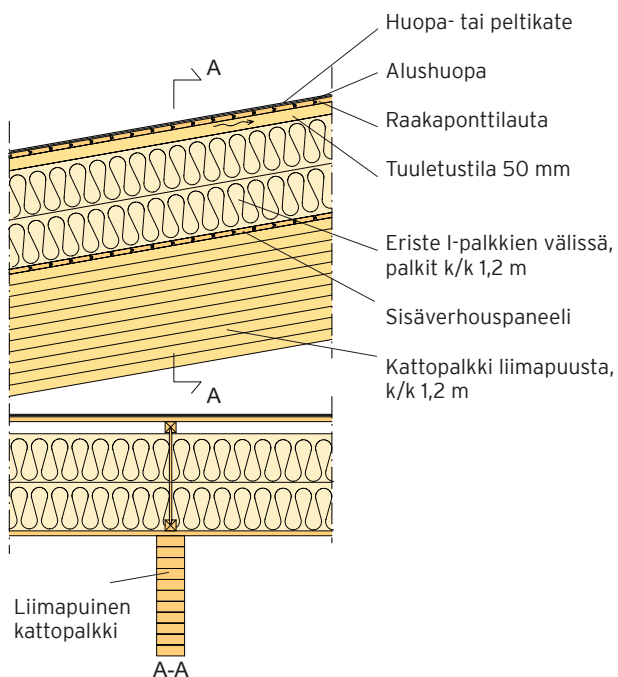


KUVA 50
Kerto-Ripa-kattoelementin periaatekuva. (MetsäWood).

Mikäli yläpohjarakenteita ei tehdä elementtirakenteisena vaan paikalla rakentaen, voidaan käyttää jotain seuraavista vaihtoehtoisista periaateratkaisuista:

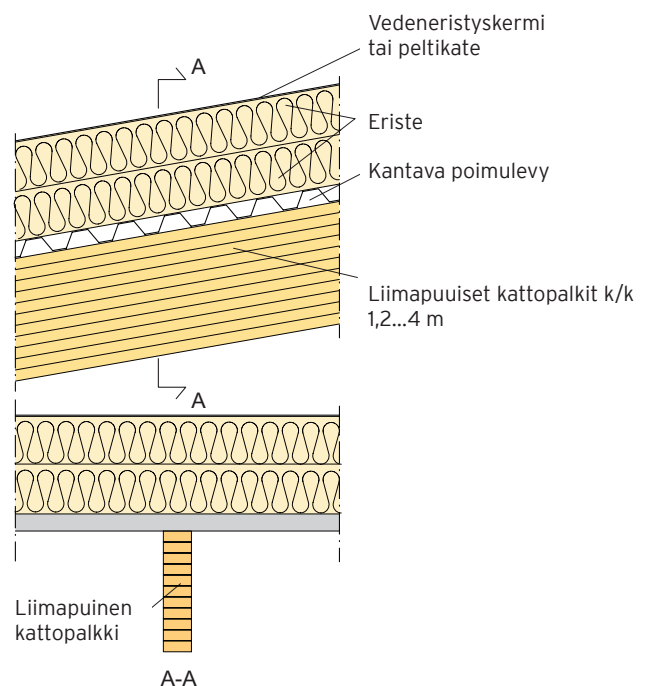
1. Vesikattorakenteet näkyvien liimapuisten kattopalkkien varassa (kuva 51).
2. Kattotiilet tai profiilipeltikate huovalla katetun raakapontin päällä, mahdollisesti mineraalivillaeristys ja sisäverhous. Kattotuolit ja kurkkihirsi liimapuuta. Tämä rakenne sopii mm. pientaloihin (kuva 53).
3. Vedeneristyskermi poimulevyn varassa olevan kovan mineraalivillan päällä. Muissa Pohjoismaissa voidaan käyttää myös teräskatetta (kuva 52).
4. Kattotiilet huovalla katetun raakapontin päällä, mahdollisesti mineraalivilla eristys ja sisäverhous. Kattotuolit liimapuusta. Tämä rakenne ei ole kovin yleinen, mutta on hyvä rakenne esimerkiksi lämmöneristämättömiin tiloihin (kuva 54).

Leikkauskuviin ei ole merkitty höyrynsulkua. Rakennesuunnittelijan pitää erikseen harkita höyrynsulun tarve ja sopiva paikka rakennuksen käyttötarkoituksen ja käytettyjen materiaalien mukaan.



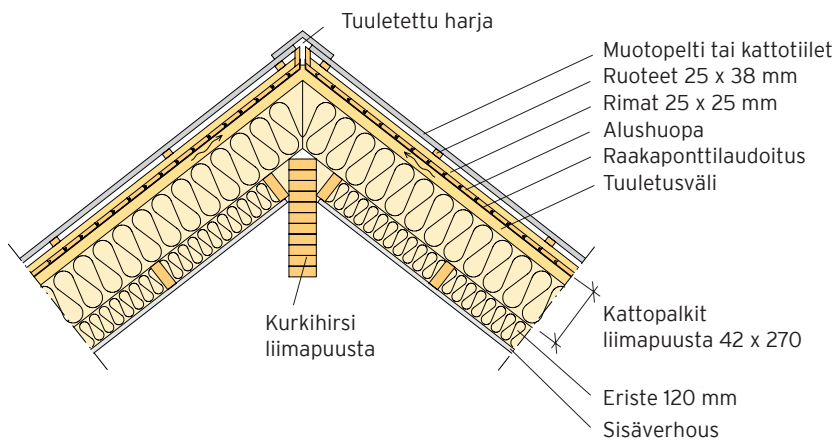
KUVA 51

Periaatekuva katon ulkovaipasta, missä lämmöneriste on katto-orsien välissä näkyvien liimapuupalkkien yläpuolella. Huomaa että yksityiskohdat pitää suunnitella oikein, kuten esimerkiksi rakenteen tuuletus.



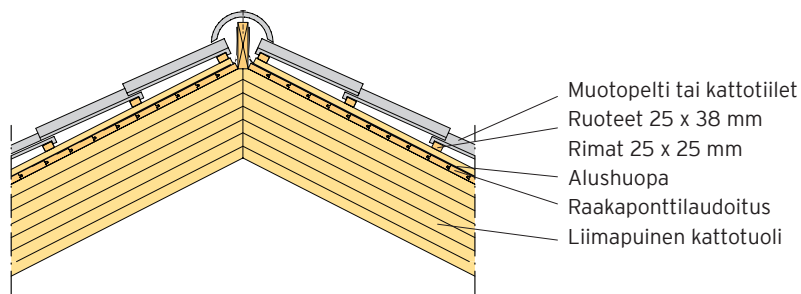
KUVA 52

Periaatekuva katon ulkovaipasta, missä on lämpöeriste kantavan poimulevyn päällä.



KUVA 53

Periaatekuva rakenteesta, missä on eriste ja orret näkyvän liimapuisen harjapalkin varassa.



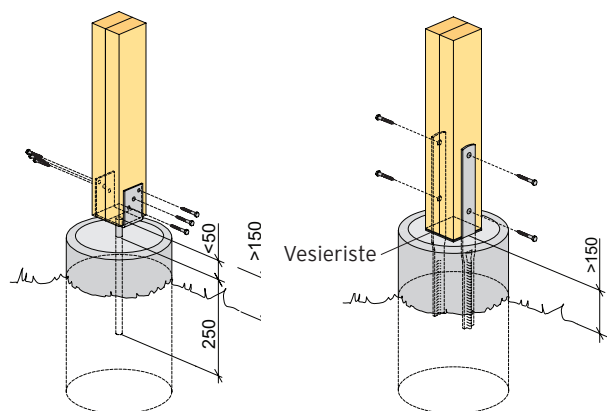
KUVA 54

Periaatekuva liimapuista kattopalkeista, joiden välissä on eriste ja päällä alushuopa raakapontin tai vanerin päällä, ruoteet ja kattotiilet.

Suojaaminen kosteutta vastaan

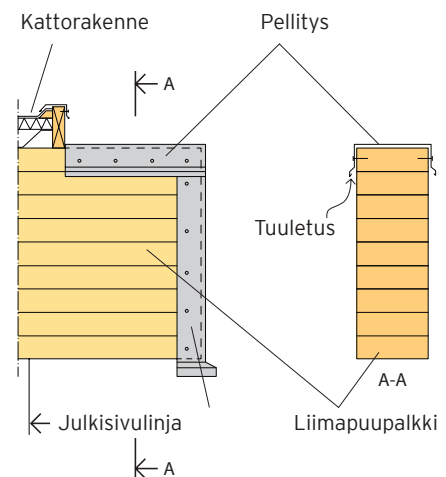
Liimapuu pitää suojata pitkäaikaista kosteuden vaikutusta vastaan.

Alla on esimerkkejä rakenteellisesta suojauksesta. Katso myös luku liitosdetaljeja, sivu 61.



KUVA 55

Kaksi esimerkkiä pilarijalan kosteussuojauksesta ulkona. On tärkeää että kosteuden kulku estetään vedeneristeellä tai ilma-araolla betonipinnan ja liimapuupilarin välillä. Vasen: Pilarikenkä kuumasinkitystä teräksestä. Päätypuu voidaan käsitellä. Oikea: Lattateräskiinnitys. Vesieriste puun ja betonin välissä.



KUVA 56

Ulos tulevan liimapuupalkin pään suojaaminen kosteudelta. Metallilevy suojaa yläpuolta ja päätypuuta. Lisää aiheesta Liimapuukäsikirjan osassa 2.





KUVA 57 (vasen sivu)
Liimapuuristikot tukevat lasiseinää,
Sibeliustalo, Lahti.

KUVA 58
Puurakenteessa käytetyn vetotangon
kiinnitys, Sibeliustalo, Lahti.

KUVA 59 (alla)
Puurakenteessa käytetty vetotanko,
Sibeliustalo, Lahti.

(Kaikki kuvat: Ladec, Loma Graphics Oy).

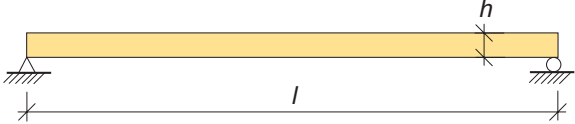
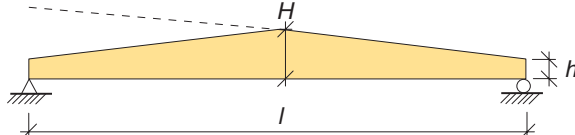
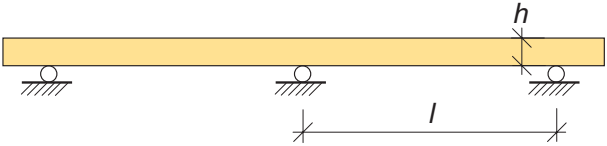
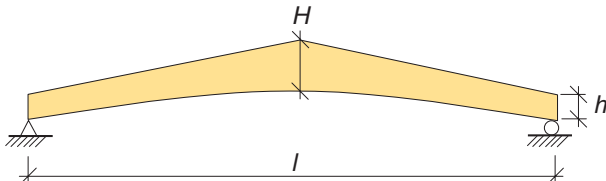
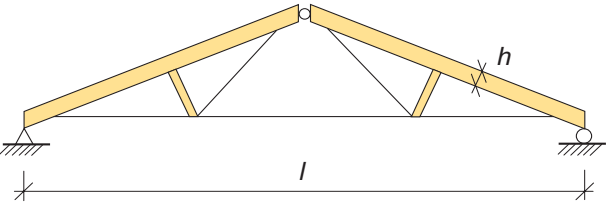


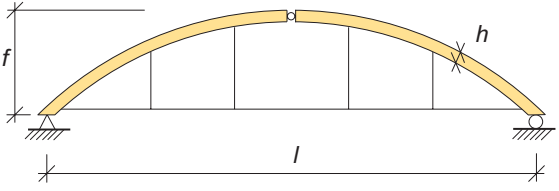
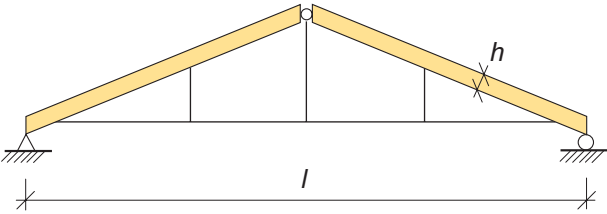
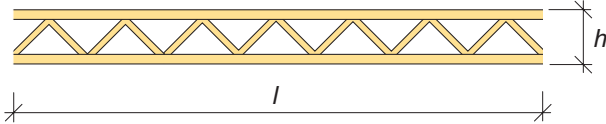
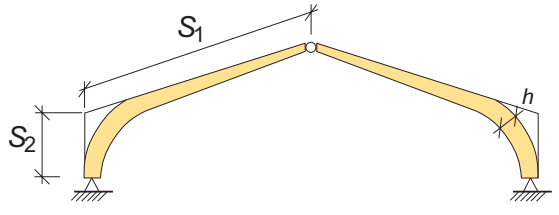
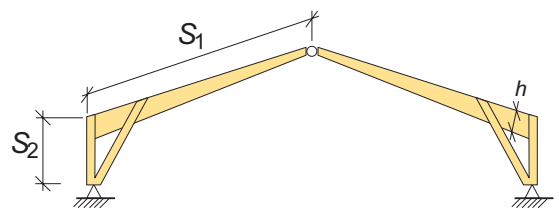
Rakennejärjestelmät

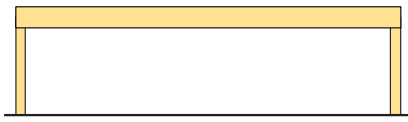
Tässä luvussa esitellään hallien ja kerrostalojen liimapuurunkojen toteuttamistapoja – yksinkertaisista pilari-palkki järjestelmistä kehä-, kaari- ja kuorirakenteisiin. Niissä hyödynnetään eri tavoin ja vaihtelevanasteisesti liimapuutekniikan mahdollisuuksia.

TAULUKKO 6

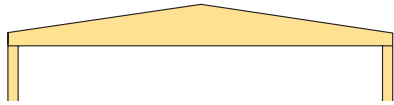
Sopivat jännevälit ja likimääräinen liimapuuosan poikkileikkauksen korkeus.

Kannattaja, k/k 6 ... 8 m Kuvaus	Katon kaltevuus	Suosittelut jänneväli [m]	Korkeus h
 <p>Suora palkki</p>	>1 : 16	<20	L/15
 <p>Harjapalkki (pulttipalkki) tai käännettynä mahapalkki</p>	1 : 16 ... 1 : 6	10–30	L/30 ... L/16
 <p>Jatkuva palkki</p>	>1 : 16	<25	L/20
 <p>Kaareva harjapalkki (bumerangipalkki)</p>	1 : 16 ... 1 : 4	10–20	L/30 ... L/16
 <p>Vetotangollinen ansaspalkkikannattaja</p>	>1 : 4	25–75	L/40

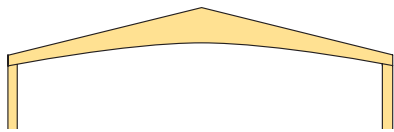
Kannattaja, k/k 6 ... 8 m Kuvaus	Katon kaltevuus	Suositeltu jänneväli [m]	Korkeus h
 <p>Kolminivelkaari</p>	Vetotangollinen: $f/L > 0,144$ Ilman vetotankoa: $f/L > 0,144$	Vetotangollinen: 25–50 Ilman vetotankoa: 40–100	Vetotangollinen: $L/35$ Ilman vetotankoa: $L/45$
 <p>Vetotangollinen palkkikannattaja (A-kattotuoli)</p>	$>1 : 4$	15–30	$L/30$
 <p>Ristikko</p>	$>1 : 16$	25–65	$L/10$
 <p>Kolminivelkehä (kaarevanurkkainen)</p>	$>1 : 14$	15...40	$(s_1+s_2)/15$
 <p>Kolminivelkehä (osista koottu)</p>	$>1 : 14$	10–35	$(s_1+s_2)/15$



(a)



(b)



(c)

KUVA 60

Esimerkkejä pilari-palkkijärjestelmästä.

Pilari-palkkijärjestelmä

Yksinkertaisin ja tavallisin runko muodostuu pilarien varassa olevista vapaasti tuetuista yksiaukkoisista palkkeista. Pienillä jänneväleillä käytetään yleensä tasakorkeita palkkeja, kun taas suuremmilla jänneväleillä voi olla taloudellisempaa käyttää voimasuureiden mukaisesti muotoiltuja palkkeja. Esimerkki sellaisesta on harjapalkki, missä palkin korkeus on suurin aukon keskellä suurimman taivutusmomentin kohdalla (kuva 60).

Palkin alareuna on useimmiten suora, mutta se voidaan esteettisistä tai toiminnallisista syistä tehdä myös loivemmin tai jyrkemmin kaarevaksi. Tavallinen muoto on kaareva harjapalkki (bumerangipalkki) (kuva 60 c).

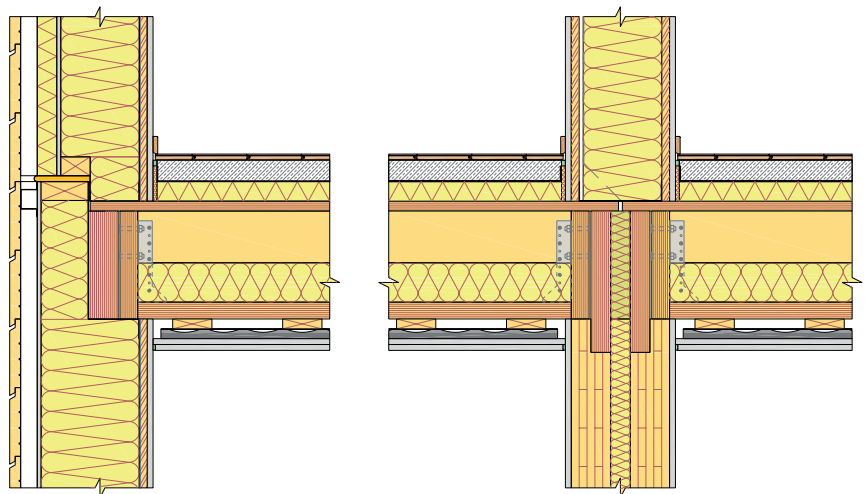
Liimapuu kerrostaloissa

Puurakenteita koskevien säännösten muututtua Euroopassa on jo 1990-luvulta lähtien ollut mahdollista rakentaa puukerrostaloja, joissa on enemmän kuin kaksi kerrosta. Eri maissa on omat kansalliset säännökset, joiden mukaan puukerrostalojen palosuunnittelu tulee tehdä. Paikallisten paloviranomaisten vaatimukset on aina selvitettävä ennen suunnittelun aloittamista.

Puukerrostalojen paloturvallisuus on hyvä. Suomessa puukerrostalot voidaan suunnitella RakMK:n osan E1 (2011) sisältämien taulukoiden mukaan, jolloin sekä asuintettä työpaikkarakennukset voivat olla enintään 8-kerroksisia. Vaihtoehtoisesti voidaan hyödyntää toiminnallista palosuunnittelua, jolloin kerrosten lukumäärä voi olla suurempi. Suomessa kaikki puukerrostalot tulee varustaa automaattisella sammutuslaitteistolla, mikä käytännössä estää hyvin tehokkaasti palon syttymisen ja leviämisen. Käytössä olevat mallirakenteet täyttävät huoneistojen välisten seinien ja välipohjien sekä palotekniset että akustiset vaatimukset. Lisätietoa mallirakenteista saa mm. Puuinfon tietopalvelusta www.puuinfo.fi.

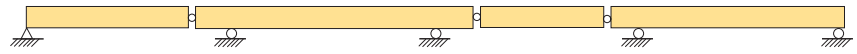
Puukerrostalojen rungon sekä vesikatto-, julkisivu- ja välipohjaelementtien esivalmistusaste on suuri, ja komponentit kehittyvät jatkuvasti. Pitkälle esivalmistetuissa puukerrostaloissa suuri osa työstä tehdään sisätiloissa tehdashallissa hyvissä työolosuhteissa ja säältä suojassa. Teollisesti esivalmistettujen rakennusosien käyttö lyhentää rakennusaikaa, mikä säästää kustannuksia. Parhaimmillaan puurakenteisin tilaelementein toteutetun 6-kerroksisen puukerrostalon rakennusaika on vain 2 kuukautta.

Puukerrostalojen yleisimmin käytetty runkojärjestelmä on kantaviin seiniin perustuva kerroksittainen järjestelmä. Kantavat seinät voidaan toteuttaa rankarakenteisin tai massiivipuisin suurelementein. Puurakenteisin välipohjin päästään noin 7 metrin jännemittoihin. Lattiat ja osa seinistä toimii jäykistävinä rakenteina. Rankarakenteisen seinäelementin runko tehdään liimapuusta tai LVL:stä. Välipohja voi olla rankarakenteinen välipohja tai kotelo- tai ripalaatta. Välipohjan jänneväliä voidaan kasvattaa rakenteen korkeutta lisäämällä tai betonin ja puun liittorakenteella. Kantavat seinät ja



KUVA 61

Periaatekuva kerrostalon rakenteesta.



välipohjat voidaan tehdä ristiinliimatusta massiivipuulevystä, joka toimii myös jäykistävänä rakenteena.

Pilari-palkkijärjestelmässä rakennuksen runko muodostuu pilareista ja palkeista, joiden varaan väli- ja yläpohjat sekä ulkoseinät asennetaan. Runko jäykistetään tavallisesti jäykästi kiinnitetyin vinositein tai mastopilareilla. Pilari-palkkijärjestelmällä voidaan saavuttaa avoin ja muuntojoustava pohjaratkaisu ja suuret aukotukset julkisivuissa.

Tilaelementtitekniikalla rakennettaessa rakennus kootaan tehtaalla valmiiksi kootuista tilayksiköistä, jotka muodostavat kantavan rungon. Ne sisältävät valmiit seinät, lattiat ja katot. Elementteihin on asennettu valmiiksi myös ikkunat ja LVIS-varusteet ja kiinteät kalusteet. Tilaelementin kantava runko voi olla tehty pilari-palkkitekniikalla, kehärakenteella tai laattamaisilla suurelementeillä. Tilaelementtirakentamisessa työmaavaihe on erittäin nopea.

Suomessa on teolliseen puurakentamiseen kehitetty avoin teollinen puuelementistandardi RunkoPES, joka standardisoi elementtien väliset liitokset. RunkoPES:n mukaan suunniteltaessa edellä mainitut eri järjestelmät ovat keskenään yhteensopivia ja rakennushankkeessa voidaan kilpailuttaa eri järjestelmien mukaan toimivien valmistajien tuotteita.

Jatkuvat palkit

Jatkuvassa palkissa ja ulokepalkissa materiaalin käyttö on tehokkaampaa kuin vapaasti tuetussa yksiaukkoisessa palkissa. Jatkuva palkki tehdään mielellään niin sanottuina nivelkannattajina (Gerber-palkkina). Jatkokset muotoillaan niveliksi ja sijoitetaan niin, että muodostuu suotuisa momenttijakautuma ja saadaan sopivia kuljetuspituuksia.

Jatkuvat palkit sopivat erityisen hyvin kattorakenteisiin, esimerkiksi orsiksi (harjan suuntaisiksi palkeiksi).

Ristikot

Suurilla jänneväleillä tarvittavat massiivipuiset palkit tulisivat liian kömpelöiksi ja niihin tarvittaisiin paljon materiaalia. Silloin ristikko tai vetotangollinen rakenne on tarkoituksenmukaisempi vaihtoehto.

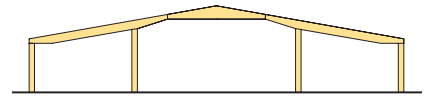
Liimapuuristikoida käytetään ennen kaikkea silloin, kun katon kaltevuus on pieni ja rakennekorkeutta ei ole rajoitettu. Ristikon etuna on, että se voidaan valmistaa tehtaassa kuljetukseen sopiviksi osiksi, jotka asennetaan yhteen työmaalla. Haittana on että nurkkaliitoksia on monta ja niiden rakenne voi usein olla monimutkainen. Myös palonkestävyys on yleensä huonompi kuin massiivipuun.

Kolminivelkattotuoli

Jännevälin kasvaessa tavalliset massiivipalkit tulevat epätaloudellisiksi. Jos kaaret tai kehät eivät muista syistä sovellu, voidaan käyttää kolminivelkattotuolia.

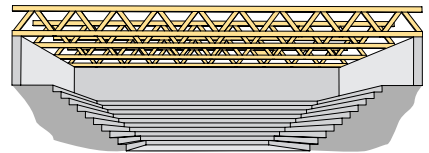
Kolminivelkattotuoli muodostuu yksinkertaisimmillaan kahdesta toisiaan vastaan nojaavasta palkista, jotka on harjalta yhdistetty nivelellä. Myös alapää on kiinnitetty nivelellisesti perustukseen tai yhdistetty toisiinsa vetotangolla, joka on yleensä terästä. Tässä tapauksessa kattotuolit ovat tavallisesti pilarien varassa. Palkit tehdään usein tasakorkeiksi ja suoriksi, mutta muitakin muotoja voidaan käyttää. Vetotangollinen rakenne on massiivisen palkin ja ristikon välimuoto. Nurkkaliitoksia on kuitenkin vähemmän, ja ne ovat yksinkertaisemman muotoiset kuin ristikossa.

Kolminivelkaarista voidaan tehdä myös kolmiulotteisia kantavia rakenteita. Katopalkit järjestetään säteittäisesti yhteisestä huippupisteestä, ja vetotanko korvataan monikulmion muotoisella vetorenkaalla, joka sitoo palkkien alapää. Useamman kuin neljän rakennusosan yhdistäminen samassa pisteessä voi aiheuttaa käytännön ongelmia.



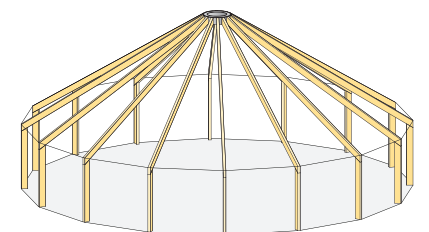
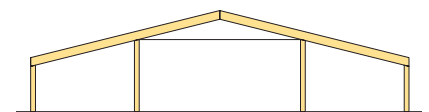
KUVA 62

Esimerkkejä jatkuvista nivelkannattajista.



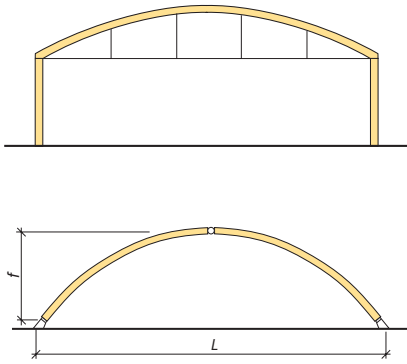
KUVA 63

Esimerkki ristikkorakenteesta.

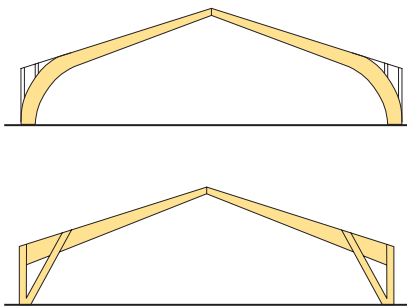


KUVA 64

Kolminivelkattotuoleista.

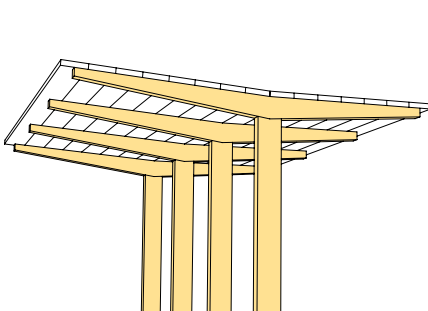


KUVA 65
Esimerkkejä kaarista.



KUVA 66
Esimerkkejä kehärakenteista.

KUVA 67
Esimerkkejä ulokekannattajista.



Kaaret

Liimapuu on kiinnostava materiaali muun muassa sen vuoksi, että siitä on helppo tehdä muotoiltuja rakenteita kuten kaaria, kehiä, kuoria ja muita vastaavia. Kullekin kuormitustyyppille voidaan valita tarkoituksenmukaisin muoto – tasaiselle kuormalle yleensä paraabelinkaari, pistekuormille monikulmio.

Suureen lujuuteen yhdistyneinä muotoilumahdollisuudet tekevät liimapuusta erityisen kilpailukykyisen pitkien jännevälien rakenteisiin. Vapaalta jänneväliltään jopa yli 100 m pitkiä kaaria on rakennettu.

Paraabelin muotoinen kaari on suurien jännevälien tavallisin muoto, pienillä jänneväleillä käytetään ympyrän kaarta. Kun tukien lähellä halutaan suurempaa vapaata korkeutta, voidaan käyttää muitakin muotoja, kuten ellipsin kaarta. Suurempi vapaa korkeus saadaan myös, jos kaari asennetaan pilarien varaan. Silloin se yleensä tarvitsee tukipisteiden välille vetotangon siirtämään tukireaktion vaakasuoran komponentin.

Kaaret tehdään tavallisesti niin, että ne kiinnittyvät nivelellisesti perustuksiin, ja useimmiten myös kaaren laessa on nivelellinen liitos (kolminivelkaari). Suurilla jänneväleillä voidaan kuljetussyistä tarvita useampikin liitos. Nämä tehdään momenttijäykiksi ja sijoitetaan alueelle, missä taivutusmomentti on pieni.

Kolminivelkaari on staattisesti määrätty rakenne. Sellaisena se on helppo mitoittaa, eikä se ole herkkä perustusten painumiselle. Se on myös tasossaan stabiili eikä aiheuta perustuksille momenttirasitusta kiinnityskohdissaan.

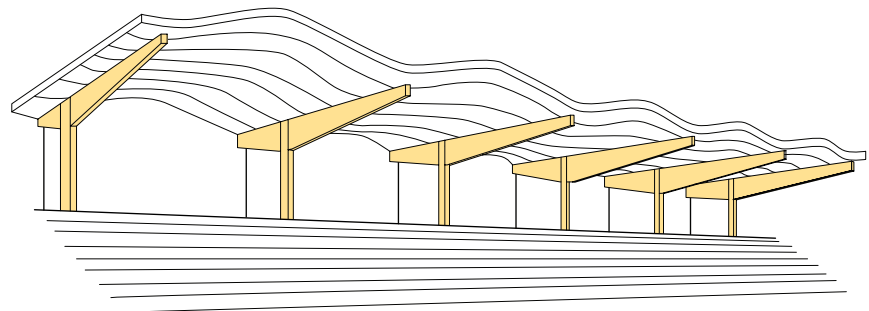
Säteittäisesti asennetuista kaarista saadaan kupolimainen rakennusmuoto. Aidossa kupolissa hyödynnetään myös kuorivaikutusta, mikä vaatii kantavan rakenteen erityistä muotoilua tangentin suunnassa. Kupoli on myös taloudellinen ratkaisu, kun jänneväli on suuri, ja erityisesti jos katettava tila on kaikkiin suuntiin suuri.

Kehät

Toiminnallisista, esteettisistä tai muista syistä voidaan usein haluta käyttää muutaakin muotoa kuin materiaalia tehokkaimmin hyödyntävää paraabelin kaarta. Usein halutaan, että koko rakennuksen alueelle pitää saada tietty vähimmäiskorkeus. Tämän vuoksi valitaan rakenteeksi liimapuulle tunnusomainen kaarevanurkkainen kolminivelkehä.

Rakennuksen toimivuus paranee kummassakin tapauksessa, mutta materiaalia kuluu hieman enemmän. Kolminivelkehällä on muuten samat edut kuin kolminivelkaarella – yksinkertainen mitoitus ja perustusrakenne. Se on erityisen sopiva kun perusmaa on huono sillä se ei aiheuta perustuksille momenttirasitusta.

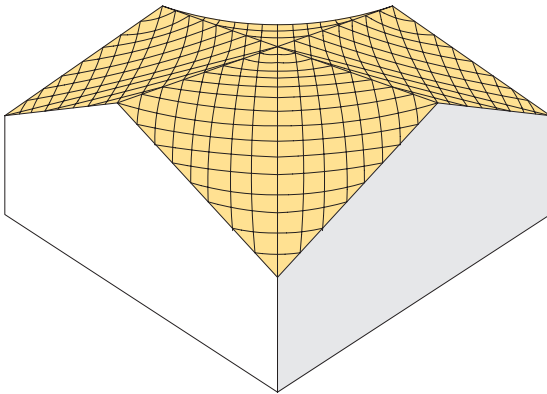
Perinteisesti käytetään tasosymmetristä muotoa, mutta erilaisia tiloja voidaan saada aikaan yhdistelemällä muita rakennusosia – suoraa tai kaarevia – tai kolmiulotteisilla järjestelyillä.





KUVA 68

Liimapuusta valmistettu katsomo, Puijon pesäpallostadion. (Metsä Wood).



KUVA 69

Esimerkki kuorirakenteesta.

Ulokkeet

Useissa tapauksissa rakennuksen käyttö edellyttää, että toinen tai molemmat pitkät sivut ovat avoimia eikä niissä ole pilareita. Esimerkkejä tällaisista rakennuksista ovat ulkoilmanäyttämöt, laiturikatokset ja katsomot.

Nämä voidaan toteuttaa liimapuurakenteena käyttämällä suoria ulokepalkkeja tai kaarevia ulokkeita, puolikehiä. Molemmissa tapauksissa liittyville rakenteille syntyy merkittäviä momenttirasituksia, joille ne täytyy mitoittaa.

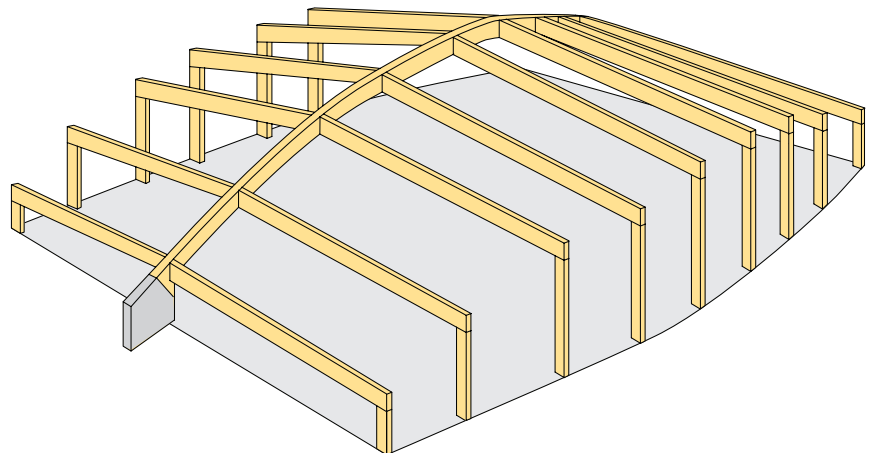
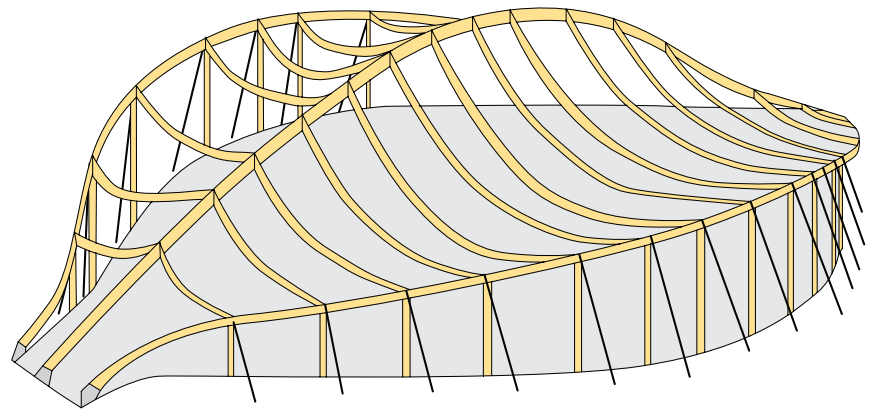
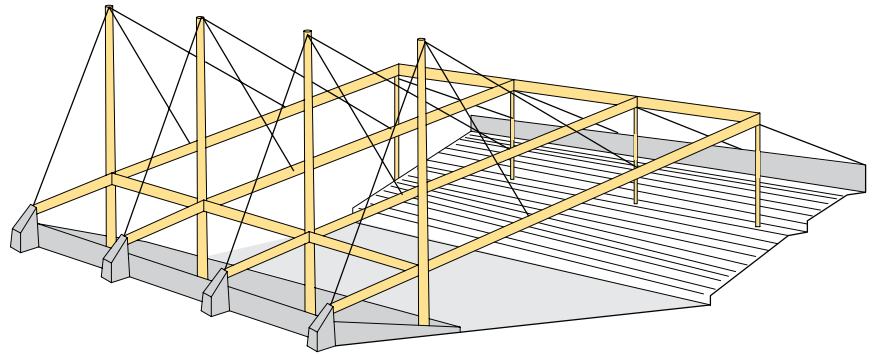
Kuorirakenteet

Kuorirakenteet antavat monenlaisia mahdollisuuksia tehdä näyttäviä rakenteita ja niiden avulla voidaan saada aikaan suuria tiloja ilman rakenteita tukevia pilareita. Yhdistelemällä erilaisia kuorirakenteita voidaan luoda monimuotoisia tiloja.

Yhdistetyt rakennejärjestelmät

Erilaisten staattisten järjestelmien yhdistäminen johtaa usein hyviin ratkaisuihin. Jos tilaan halutaan runsaasti päivänvaloa, voidaan tehdä sahakatto, missä kolminivelkaaret on asetettu jatkuvien palkkien varaan.

Hankalat perustusolosuhteet voidaan hallita keskittämällä tukireaktiot muutamaani pisteisiin, joissa pohja vahvistetaan. Yhdistetyssä kaari-palkkirungossa viedään suurin osa kattokuormasta perustuksille kaarien kannoissa.



KUVA 70
Esimerkkejä yhdistetyistä rakenteista.

Esisuunnittelu

Liimapuurakenteet pitää suunnitella eurokoodi 5:n mukaan. Eurokoodi 5 on esitetty standardeissa EN 1995-1-1 ja EN 1995-1-2, joihin eri jäsenvaltiot ovat mahdollisesti tehneet omat kansalliset liitteensä. Kansallista liitettä pitää käyttää, jos sellainen on. Suomen kansallinen liite on Ympäristöministeriön verkkosivulla, <http://www.ymparisto.fi> Ympäristöministeriön asetus eurocode-standardien soveltamisesta talonrakentamisessa muutoksineen.

Seuraavien aukeamien mitoitustaulukot antavat muutamien tavallisten liimapuurakenteiden vaaditut poikkileikkausmitat eri jänneväleille ja kuormituksille. Arvot on laskettu eurokoodi 5 mukaan.

Taulukkoarvot on tarkoitettu käytettäväksi rakenteiden alustavan arvioinnin apuna, esimerkiksi esisuunnittelussa, eivätkä ne korvaa myöhemmin tehtäviä tarkempia laskelmia. Näiden osalta viitataan Liimapuukäsikirjan osiin 2 ja 3.

Kattorakenteiden mitoituskorma

Kattorakenteiden mitoituskorma riippuu muun muassa siitä, millä jaolla kannattajat ovat ja missä rakennus sijaitsee. Erityisesti lumikuorma vaihtelee voimakkaasti rakennuksen sijainnin mukaan. Palkeille tuleva suunnittelukuorma voidaan laskea seuraavasti:

1. Selvitä rakennusosalle tulevien kuormien arvot. Eurokoodijärjestelmässä lumikuorman arvot on annettu standardissa EN 1991-1-3 ja tuulikuorman arvot standardissa EN 1991-1-4. Myös muita kuormia voi esiintyä. Jäsenvaltioissa voi olla omia kansallisia liitteitä eurokoodeihin, jotka pitää ottaa huomioon.

2. Ota huomioon rakennusosan mahdollinen kaltevuus. Lumikuorman arvo annetaan pystysuorana kuormana kun taas tuulikuorman arvo annetaan rakennusosaa vastaan kohtisuorana kuormana. Jyrkillä katoilla lumikuorman arvoa pienennetään.

3. Selvitä rakennusosalle tuleva kuorma rakenteiden omasta painosta. Jos käytetään muotopeltikatetta tai huopakatetta, niin oma paino vaihtelee tavallisesti välillä 0,3 ... 0,5 kN/m². Jos käytetään tiilikatetta, niin oma paino vaihtelee tavallisesti välillä 0,9 ... 1,2 kN/m². Tarkemmissa arvioissa lisätään myös palkin oma paino joka on noin 5 kN/m³. Ota nytkin huomioon rakennusosan mahdollinen kaltevuus.

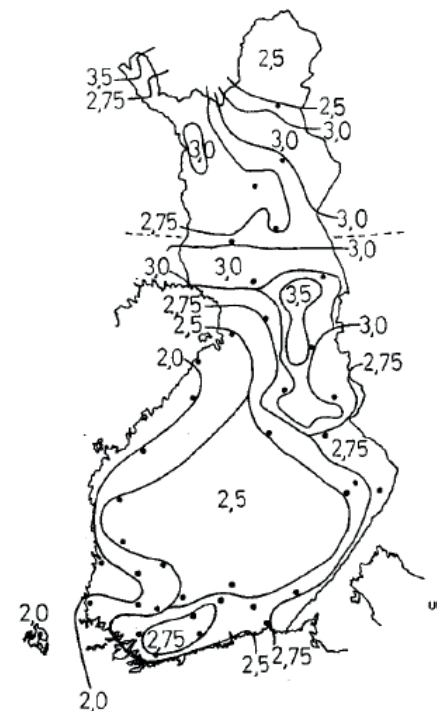
4. Laske kuormien painotettu summa käyttämällä standardin EN 1990 ja sen mahdollisen kansallisen liitteen mukaisia osavarmuus- ja yhdistelykertoimia, ja ota huomioon luotettavuusluokan mukainen kerroin.

5. Kuorman suunnitteluarvo palkin pituusmetriä kohti lasketaan sen jälkeen kertomalla näin saatu suunnittelukuorma katoneliometriä kohti kattopalkkien keskinäisellä välimatkalla.

Seuraavien aukeamien taulukoissa on annettu rakennusosan ominaiskestävyyden perusteella laskettu kuorma pituusmetriä kohti. Tätä ei voi suoraan verrata murtotilan mitoituskormaan, vaan ominaiskestävyys pitää jakaa materiaalin osavarmuuskertoimella, joka on annettu standardissa EN 1995-1-1 tai siihen liittyvässä kansallisessa liitteessä. Myös aikavaikutuskerroin pitää ottaa huomioon.

Usein taipuma mitoitaa kattorakenteet. Laskennassa on oletettu, että oma paino on 1/5 maassa olevasta lumikuormasta. Standardissa EN 1995-1-1 ja sen mahdollisessa kansallisessa liitteessä annetaan säännöt kuormien aikaluokista ja pitkäaikaisen taipuman laskemisesta sekä käytettävistä taipumarajoista.

Välipohjien lopullisessa mitoituksessa pitää myös tarkistaa värähtely standardin EN 1995-1-1 ja sen mahdollisen kansallisen liitteen mukaan.



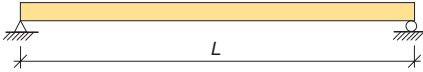
KUVA 71

Lumen ominaisarvot maan pinnalla Suomessa Ympäristöministeriön asetuksen mukaan. Väliarvot interpoloidaan suoraviivaisesti suhteessa etäisyyksiin lähimmistä käyristä.

Mitoitustaulukot

Suorat kattopalkit

Lujuusluokka GL30c (GL28c kun $b < 90$ mm). Liimatyyppe I. Käyttöluokka 1. Tasainen alaspäin suuntautuva kuorma. Palkit on oletettu tuetuiksi kiepahdusta vastaan. Kiepahdustukien välinen etäisyys saa olla enintään 15 x palkin leveys. Käyttörajoissa kokonaiskuorman aiheuttama lopputaipuma enintään 1/200 jännevälistä. (Taipumarajat on valittu EN 1995-1-1 (FI) mukaan). Palkkien pitää olla esikorotettuja.

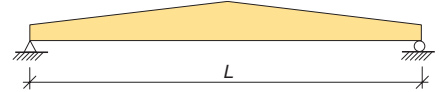


TAULUKKO 7 Suorat kattopalkit.

Kuormitus KN/m	Jänneväli (m)							
	5	6	7	8	9	10		
2	42 x 270	42 x 315	56 x 315	56 x 360	56 x 405	66 x 405		
3	42 x 270	56 x 315	56 x 360	66 x 405	66 x 450	78 x 450		
4	42 x 315	56 x 360	56 x 405	66 x 405	78 x 450	78 x 495		
5	56 x 315	56 x 360	66 x 405	78 x 450	90 x 450	90 x 495		
6	56 x 360	56 x 405	66 x 450	78 x 450	90 x 495	90 x 540		
7	56 x 360	56 x 450	66 x 495	78 x 495	90 x 495	90 x 585		
8	56 x 405	66 x 450	90 x 405	90 x 495	90 x 540	90 x 585		
9	56 x 405	66 x 450	78 x 495	78 x 585	90 x 585	90 x 630		
10	56 x 450	66 x 495	78 x 540	90 x 540	90 x 585	115 x 585		
12	66 x 450	78 x 495	90 x 495	90 x 585	115 x 585	115 x 630		
	11	12	13	14	15	16	17	18
6	90 x 585	115 x 585	115 x 630	115 x 675	140 x 675	140 x 720	140 x 765	140 x 810
7	115 x 585	115 x 630	115 x 675	115 x 720	140 x 720	140 x 765	140 x 810	140 x 855
8	115 x 585	115 x 630	115 x 675	115 x 720	140 x 720	140 x 765	140 x 810	140 x 855
9	115 x 630	115 x 675	115 x 720	140 x 720	140 x 765	140 x 810	140 x 855	140 x 900
10	115 x 630	115 x 720	115 x 765	140 x 765	140 x 810	140 x 855	140 x 900	165 x 900
12	115 x 720	115 x 765	115 x 855	140 x 810	140 x 855	140 x 945	165 x 900	165 x 945
15	115 x 810	140 x 765	140 x 855	140 x 900	140 x 990	165 x 945	165 x 1035	165 x 1080
18	140 x 765	140 x 855	140 x 945	140 x 990	165 x 990	165 x 1035	190 x 1035	190 x 1080
20	140 x 810	140 x 900	140 x 990	165 x 945	165 x 1035	165 x 1080	190 x 1080	190 x 1170
25	140 x 900	140 x 990	140 x 1080	165 x 1080	190 x 1080	190 x 1125	190 x 1215	190 x 1305
30	140 x 990	165 x 1035	165 x 1080	190 x 1080	190 x 1170	190 x 1260	215 x 1260	215 x 1305

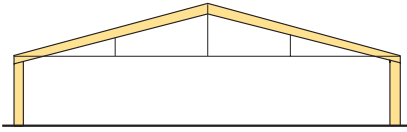
Harjapalkit

Lujuusluokka GL30c. Liimatyyppi I. Käyttöluokka 1. Tasainen alaspäin suuntautuva kuorma. Palkit on tuettu kiepahdusta vastaan. Kiepahdustukien välinen etäisyys saa olla enintään 15 x palkin leveys. Käyttörajoissa kokonaiskuorman aiheuttama loppu-
taipuma enintään 1/200 jännevälistä. (Taipumarajat on valittu EN 1995-1-1 (FI) mukaan). Palkkien pitää olla esikorotettuja. Mitat taulukossa annetaan kahdella rivillä siten että palkin leveys on ylemmällä rivillä ja palkin pienin – suurin korkeus alemmalla.



TAULUKKO 8 Harjapalkit.

Kuormitus KN/m	Jänneväli (m)							
	12	13	14	15	16	17	18	19
6	90 365 – 740	90 394 – 800	115 343 – 780	115 371 – 840	115 390 – 890	115 419 – 950	115 448 – 1010	140 396 – 990
7	90 425 – 800	115 364 – 770	115 392 – 830	115 421 – 890	115 450 – 950	115 479 – 1010	140 428 – 990	140 456 – 1050
8	115 385 – 760	115 414 – 820	115 443 – 880	115 471 – 940	115 510 – 1010	140 449 – 980	140 478 – 1040	140 506 – 1100
9	115 425 – 800	115 464 – 870	115 493 – 930	115 531 – 1000	140 470 – 970	140 499 – 1030	140 528 – 1090	140 556 – 1150
10	115 465 – 840	115 504 – 910	115 543 – 980	115 581 – 1050	140 520 – 1020	140 549 – 1080	140 577 – 1170	140 616 – 1210
12	115 555 – 930	115 594 – 1000	115 643 – 1080	115 691 – 1160	140 610 – 1110	140 649 – 1180	140 688 – 1250	165 626 – 1220
15	115 675 – 1050	115 724 – 1130	140 663 – 1100	140 701 – 1170	140 750 – 1250	140 799 – 1330	165 728 – 1290	165 766 – 1360
18	115 785 – 1160	140 724 – 1130	140 773 – 1210	140 831 – 1300	165 760 – 1260	165 809 – 1340	165 857 – 1420	165 906 – 1500
20	140 725 – 110	140 784 – 1190	140 853 – 1290	165 791 – 1260	165 840 – 1340	165 889 – 1420	165 948 – 1510	165 996 – 1590
25	140 895 – 1270	140 964 – 1370	140 1043 – 1480	165 961 – 1430	165 1020 – 1520	165 1089 – 1620	190 1018 – 1580	190 1066 – 1660
30	140 1075 – 1450	140 1164 – 1570	165 1063 – 1500	165 1131 – 1600	165 1210 – 1710	190 1119 – 1650	190 1188 – 1750	215 1126 – 1720
	20	21	22	23	24			
6	140 425 – 1050	140 444 – 1100	140 462 – 1150	140 481 – 1200	140 510 – 1260			
7	140 475 – 1100	140 504 – 1160	140 523 – 1210	140 551 – 1270	165 500 – 1250			
8	140 525 – 1150	140 554 – 1210	165 513 – 1200	165 531 – 1250	165 560 – 1310			
9	140 585 – 1210	165 534 – 1190	165 563 – 1250	165 581 – 1300	165 610 – 1360			
10	140 645 – 1270	165 584 – 1240	165 613 – 1300	165 641 – 1360	165 660 – 1410			
12	165 655 – 1280	165 694 – 1350	165 723 – 1410	165 751 – 1470	190 690 – 1440			
15	165 805 – 1430	165 844 – 1500	190 783 – 1470	190 811 – 1530	190 850 – 1600			
18	190 835 – 1460	190 884 – 1540	190 923 – 1610	190 961 – 1680	190 1000 – 1750			
20	190 925 – 1550	190 964 – 1620	190 1013 – 1700	190 1061 – 1780	215 990 – 1740			
25	190 1125 – 1750	190 1184 – 1840	215 1113 – 1800	215 1161 – 1880	215 1210 – 1960			
30	215 1185 – 1810	215 1244 – 1900	215 1303 – 1990	215 1361 – 2080	215 1420 – 2170			



Vetotangollinen kolminivelkattotuoli

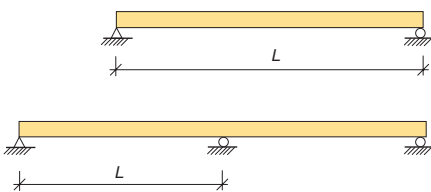
Lujuusluokka GL30c. Liimatyyppi I. Käyttöluokka 1. Tasainen alaspäin suuntautuva kuorma. Palkit on tuettu kiepahdusta vastaan. Kiepahdustukien välinen etäisyys saa olla enintään 15 x palkin leveys. Lopputaipuma 1/300 jännevälillä. Huomautus: Yksinkertainen tai kaksinkertainen vetotanko pyöröteräksestä, esim. teräsluokka 8.8, halkaisija vaihtelee jännevälillä ja kuormituksen mukaan.

TAULUKKO 9 Vetotangollinen kolminivelkattotuoli.

Kuormitus kN/m	Jänneväli (m)					
	15	20	25	30	35	40
6	90 x 450	90 x 585	115 x 675	140 x 765	165 x 855	140 x 990
7	115 x 450	115 x 585	140 x 675	165 x 765	165 x 900	165 x 990
8	115 x 450	115 x 630	140 x 720	165 x 810	165 x 945	165 x 1035
9	115 x 495	140 x 585	115 x 765	140 x 855	165 x 945	165 x 1080
10	115 x 495	140 x 630	140 x 765	165 x 855	165 x 990	190 x 1080
12	115 x 540	140 x 675	165 x 765	165 x 945	165 x 1035	190 x 1125
15	140 x 585	140 x 765	165 x 855	190 x 945	190 x 1080	190 x 1215
18	140 x 630	140 x 810	165 x 945	190 x 1035	215 x 1125	215 x 1305
20	140 x 675	165 x 810	190 x 900	215 x 1035	215 x 1215	215 x 1350
25	140 x 765	165 x 900	190 x 1035	215 x 1170	215 x 1350	215 x 1530
30	165 x 765	165 x 990	215 x 1080	215 x 1260	215 x 1485	215 x 1710

Lattiapalkit

Yksi- tai kaksiaukkoisten lattiapalkkien suurin jänneväli. Kaksiaukkoisten palkkien toisen aukon pitää olla 0,4 – 0,6 kertaa koko palkin pituus. Palkkien jakoväli on 600 mm. Lattian pintarakenne on 22 mm ruuviliimattu lastulevy, jonka alla on tukilaudat 28x70 mm C14 c 300, tai ilman liimaa kiinnitetty lastulevy. Lujuusluokka GL30c (GL28c kun $b < 90$ mm). Liimatyyppi I. Käyttöluokka 1. Palkiston jäykkyys on tarkistettu EN 1995-1-1 (FI):ssä esitetyn pistekuormakriteerin mukaan, mikä on aina mitoittava. Oma paino on 0,5 kN/m².

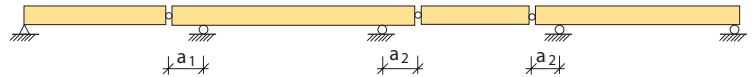


TAULUKKO 10 Lattiapalkit.

Poikkileikkaus (mm)	Ruuviliimattu lattialevy		Naulattu lattialevy	
	Kaksi tukea	Kolme tukea	Kaksi tukea	Kolme tukea
42 x 180	2450	3500	1800	2400
42 x 225	3000	4200	2250	3000
56 x 225	3150	4450	2500	3300
56 x 270	3700	5250	3000	3950
66 x 270	3850	5500	3150	4200
66 x 315	4450	6350	3700	4900
90 x 315	4900	6950	4150	5500

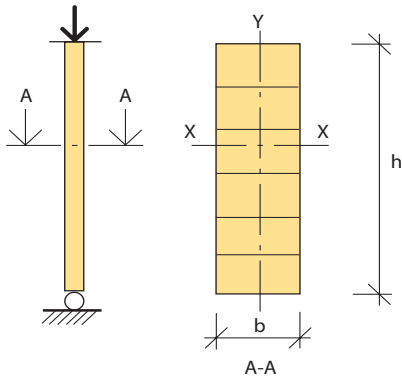
Katto-orret

Jatkuvat kaksi- tai useampiaukkoiset vakiokorkeat kurkhirret tai katto-orret. Niveljatkokset sijoitetaan niin että tukimomentit ja aukkojen kenttämomentit tulevat yhtä suuriksi, ns. Gerber-palkki. Lujusluokka GL30c (GL28c kun $b < 90$ mm). Liimatyyppi I. Käyttöluokka 1. Tasainen alaspäin suuntautuva kuorma. Palkit on tuettu kiepahdusta vastaan. Lopputaipuma käyttörajatilassa on enintään $L/150$.



TAULUKKO 11 Katto-orret.

Kuormitus kN/m	Jänneväli (m)							
	4,8		6		7,2		9,6	
	Reunakenttä	Keskikenttä	Reunakenttä	Keskikenttä	Reunakenttä	Keskikenttä	Reunakenttä	Keskikenttä
4	56 x 225	42 x 225	66 x 270	42 x 270	66 x 315	56 x 315	90 x 360	56 x 360
5	66 x 225	42 x 225	78 x 270	56 x 270	78 x 315	56 x 315	90 x 405	56 x 405
6	56 x 270	42 x 270	66 x 315	56 x 315	90 x 315	66 x 315	115 x 405	66 x 405
7	66 x 270	42 x 270	78 x 315	56 x 315	90 x 360	56 x 360	90 x 450	66 x 450
8	56 x 315	42 x 315	90 x 315	66 x 315	90 x 360	66 x 360	115 x 450	78 x 450
9	66 x 315	42 x 315	90 x 315	66 x 315	90 x 405	66 x 405	115 x 450	90 x 450
10	78 x 315	56 x 315	66 x 405	56 x 405	90 x 405	66 x 405	115 x 495	78 x 495
12	78 x 315	56 x 315	78 x 405	56 x 405	90 x 450	66 x 450	115 x 540	78 x 540
15	66 x 405	56 x 405	90 x 450	66 x 450	90 x 495	66 x 495	140 x 540	90 x 540
18	78 x 405	56 x 405	90 x 495	66 x 495	115 x 540	66 x 540	140 x 630	90 x 630
a1	0,6		0,75		0,9		1,2	
a2	0,7		0,875		1,05		1,4	
	12		15		18			
	Reunakenttä	Keskikenttä	Reunakenttä	Keskikenttä	Reunakenttä	Keskikenttä		
4	90 x 450	66 x 450	115 x 540	78 x 540	115 x 630	90 x 630		
5	115 x 450	78 x 450	115 x 540	90 x 540	140 x 630	90 x 630		
6	115 x 495	78 x 495	115 x 585	90 x 585	165 x 630	115 x 630		
7	140 x 495	90 x 495	140 x 585	90 x 585	165 x 675	115 x 675		
8	115 x 540	90 x 540	140 x 630	90 x 630	165 x 675	115 x 675		
9	140 x 540	90 x 540	190 x 585	115 x 585	165 x 720	115 x 720		
10	140 x 585	90 x 585	165 x 630	115 x 630	165 x 765	115 x 765		
12	140 x 630	90 x 630	190 x 675	115 x 675	190 x 810	115 x 810		
15	165 x 630	115 x 630	190 x 765	115 x 765	215 x 855	140 x 855		
18	165 x 675	115 x 675	215 x 765	140 x 765	190 x 945	140 x 945		
a1	1,5		1,875		2,25			
a2	1,75		2,19		2,63			



Pilarit

Keskeisesti puristetun poikkileikkaukseltaan suorakaiteen muotoisen molemmista päistään nivelellisesti kiinnitetyn pilarin kestävyys kN. Kuormitusyhdistelmän lyhytaikaisimman kuorman vaikutusaika on keskipitkä, esimerkiksi lumikuorma. Lujuusluokka GL30h kun pilarissa on kaksi lamellia, koko 90x90 mm, ja GL30c jos pilarissa on vähintään kolme lamellia. Liimatyyppi I. Käyttöluokka 0, 1 tai 2. Pelkkä puristusvoima. Ei sivusuuntaisia kuormituksia.

TAULUKKO 12 Pilarit.

Nurjahduspituus	2		3		4		5		6		7		8	
	x-x	y-y	x-x	y-y	x-x	y-y	x-x	y-y	x-x	y-y	x-x	y-y	x-x	y-y
Poikkileikkaus														
90 x 90	90	90	43	43	24	24	16	16	11	11	8	8	6	6
90 x 135	179	124	124	61	76	35	50	23	35	16	26	12	20	9
90 x 180	254	166	227	81	166	46	114	30	81	21	60	15	46	12
90 x 225	324	207	308	101	271	58	207	38	153	26	115	19	89	15
90 x 270	393	249	381	121	359	70	314	45	249	31	193	23	151	18
115 x 115	180	180	104	104	61	61	40	40	28	28	20	20	16	16
115 x 135	229	211	159	122	97	71	63	46	45	33	33	24	25	18
115 x 180	324	282	290	162	212	95	145	62	103	43	77	32	59	25
115 x 225	414	352	394	203	346	119	265	77	195	54	147	40	114	31
115 x 270	502	422	487	243	459	143	401	93	318	65	246	48	193	37
115 x 315	589	493	576	284	557	167	520	108	454	76	371	56	298	43
140 x 135	279	279	194	194	118	118	77	77	54	54	40	40	31	31
140 x 140	293	293	212	212	130	130	86	86	60	60	45	45	34	34
140 x 180	395	377	353	272	258	168	177	110	126	78	94	57	72	44
140 x 225	504	471	479	341	421	210	323	138	238	97	179	72	139	55
140 x 270	611	565	592	409	558	252	488	165	387	116	300	86	235	66
140 x 315	718	659	702	477	678	293	633	193	553	136	452	101	362	77
165 x 180	465	460	416	390	304	264	208	177	148	126	110	93	85	72
165 x 225	594	575	565	487	496	330	380	222	280	157	211	117	164	90
165 x 270	720	690	698	585	658	397	575	266	456	188	353	140	277	108
165 x 315	846	805	827	682	799	463	746	310	652	220	532	163	427	126
165 x 360	970	920	954	779	931	529	895	355	831	251	728	186	608	144
190 x 180	536	536	479	479	350	350	240	240	171	171	127	127	98	98
190 x 225	684	674	650	616	572	474	438	330	322	236	243	176	189	136
190 x 270	829	809	804	739	758	569	662	396	525	283	407	211	319	163
190 x 315	974	944	952	862	920	664	860	462	751	331	613	247	492	191
190 x 360	1117	1079	1099	985	1072	758	1030	528	957	378	839	282	701	218
215 x 225	774	771	736	728	647	621	496	461	365	336	275	252	213	196
215 x 270	938	925	910	873	858	746	749	553	595	403	460	303	361	235
215 x 315	1102	1080	1078	1019	1041	870	973	646	849	471	694	353	557	274
215 x 360	1264	1234	1243	1164	1213	994	1166	738	1083	538	949	404	793	313
215 x 405	1422	1388	1407	1310	1381	1118	1344	830	1286	605	1190	454	1048	352



KUVA 72

Vantaan Kivistön puukerrostalo.
(Rakennusliike Reponen Oy, Tiia Sorsa).



KUVA 73

Vantaan Kivistön puukerrostalo, missä vinosti asetetut liimapuupilarit jäävät näkyviin.
(Rakennusliike Reponen Oy, Tiia Sorsa).

Mitoitusohjelmistot

Pohjoismaissa on käytössä useita liimapuurakenteiden mitoittamiseen soveltuvia suunnitteluohjelmistoja. Alla mainitaan muutamia, joita liimapuun valmistajat ja rakennesuunnittelijat käyttävät liimapuurakenteiden laskemiseen ja mitoittamiseen.

- Focus Konstruktsjon (2D- ja 3D-ohjelmisto pilareiden, palkkien, kehien ja ristikoiden staattisiin laskelmiin)
- RFEM – yleinen rakennesuunnitteluohjelma
- RSTAB – yleinen rakennesuunnitteluohjelma
- TIMBER PRO – ohjelmistojen RFEM ja RSTAB laskentamoduuli
- RX-TIMBER – palkkien ja pilareiden EC5 mukainen laskentaohjelma
- Finnwood – palkkien ja pilareiden EC5 mukainen laskentaohjelma
- StatCon Structure – palkkien ja pilareiden EC5 mukainen laskentaohjelma
- StatCon Glulam – kaarien, harjapalkkien, kehien ym. laskentaohjelma
- Varastopalkkiohjelma Moelven – palkkien ja pilareiden EC5 mukainen laskentaohjelma
- StruSoft Ramanalys – 2D-ohjelmisto pilareiden, palkkien, kehien ym. laskemiseen
- StruSoft FemDesign – 3D-ohjelmisto, joka laskee myös tasoelementtejä.

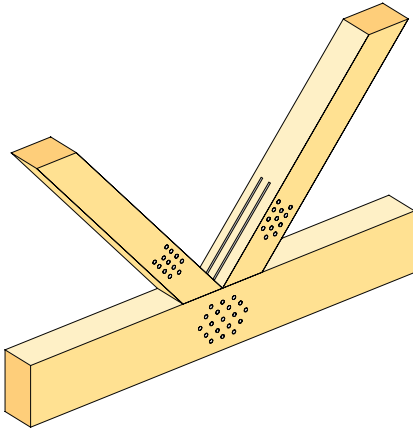
Lisätietoa ohjelmistoista saa liimapuun valmistajilta.



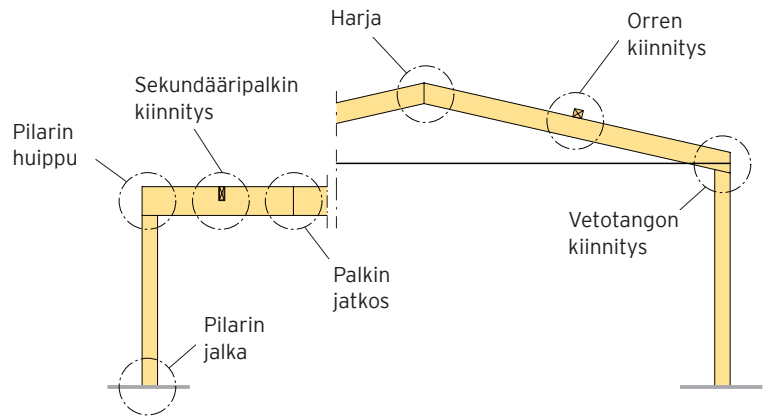
KUVA 74
Liimapuun käyttö luo tunnelmaa,
Sibeliustalo, Lahti
(Ladec, ISOKuva Panu Rissanen).



KUVA 75
Liimapuusta valmistettu kaarevanurkkainen
kolminivelkehä, Ilmajoki. (Versowood Oy).



KUVA 76
Tappivaarnaliitoksin toteutettu ristikon nurkka.



KUVA 77
Erilaisia liitoskohtia.

Liitosdetaljeja

Tässä osassa esitellään liitoskohtien ja kiinnikkeiden vakiintuneita periaateratkaisuja. Kiinnikkeiden korroosiosuojauksen pitää vastata rakenteen ilmastoluokkaa – yleensä vähintään korroosioluokkaa C4. Kiinnikkeiden pitää siten yleensä olla vähintään standardin EN ISO 1461:2009 mukaista kuumasinkittyä terästä, jonka sinkkikerroksen paksuus on $\geq 55 \mu\text{m}$.

Metallisten liittimien kestävyys pitää vastata standardin EN ISO 12944-2 mukais-ta korroosioluokkaa. Useimmat jäljempänä esitetyt kuumasinkitystä teräksestä valmistetut vakioliitososat täyttävät tämän vaatimuksen. Joitain liittimiä saa myös korroosio-luokkaa C5 vastaavasta ruostumattomasta teräksestä valmistettuina.

Nivelkiinnitys siirtää vaakasuoria ja pystysuoria voimia, mutta ei taivutusmoment-tia. Jos kiinnikkeen on tarkoitus siirtää momenttia, niin sen pitää olla jäykkä. Yksityis-kohtaisempia ohjeita liitoksista annetaan Liimapuukäsikirjan osassa 2.

Liitostekniikka kehitty

Vakiintuneiden ratkaisujen rinnalle kehitetään jatkuvasti uusia liimapuurakenteiden kiin-nikkeitä ja liitostapoja. Erilaiset vaatimukset pakottavat kehittämään uusia ratkaisuja. Piilokiinnikkeillä on monia etuja pinnalla oleviin verrattuna, esimerkiksi parempi palon-kestävyys. Puurakennereuueilla saadaan sekä yksinkertaisempia että halvempia liitoksia.

Pientalojen kiinnikkeet

Naulauslevy

Naulauslevyjä voidaan käyttää liimapuisten palkki- ja kattorakenteiden jatkoslevyinä. Epäkeskeisen kuorman välttämiseksi levyjä pitää käyttää liitoksen molemmin puolin. Levyt on valmistettu kuumasinkitystä teräslevystä tai ruostumattomasta haponkestä-västä teräslevystä, ja niiden paksuus on 1,5 tai 2 mm, paksumpiakin valmistetaan. Rei-kien halkaisija on 5 mm.

Orsikiinnike

Orsikiinnikkeitä käytetään risteävien palkkien kiinnittämiseen, pääasiassa ankkuroi-maan katto-orssia pääpalkkeihin. Ne ovat erityisen käyttökelpoisia rakenteissa, missä kantavan rungon päälle tulee verhous tai jos kiinnikkeen ulkonäöllä ei ole merkitystä. Kuumasinkitystä teräksestä valmistetaan muutamia malleja, kuten vasen- ja oikeakäti-nen kiinnike. Reikien halkaisija 5 mm.



Naulauslevy

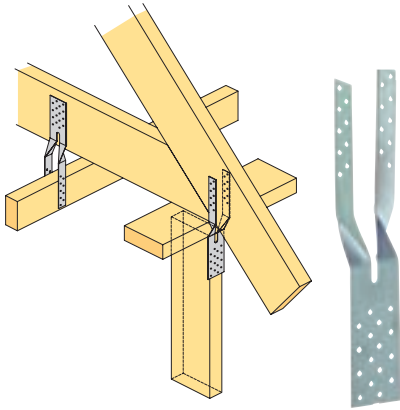


Orsikiinnike

KUVA 78
Pientaloissa käytettäviä liitososa.

KUVA 79

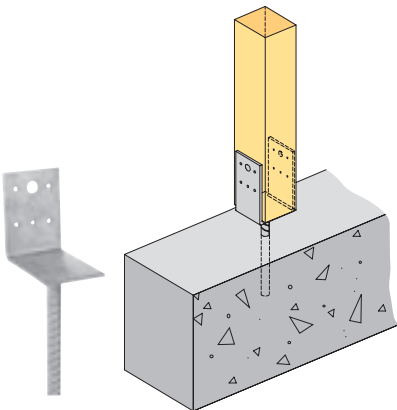
Pientaloissa käytettäviä liitososia.



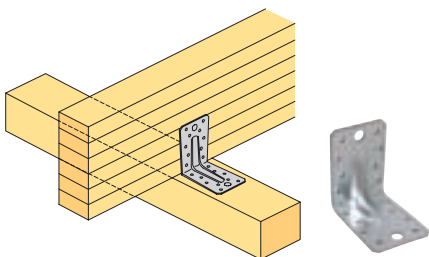
Haarukka-ankkuri



Vanneteräs



Pilarikenkä



Kulmakiinnike

Haarukka-ankkuri

Haarukka-ankkuriä käytetään pääasiassa kiinnittämään ristikkoja alla oleviin rakenteisiin, mutta niitä voidaan myös käyttää risteävien liimapuuosien liittämiseen. Valmistetaan erilaisia malleja kuumasinkitystä 1,5 mm paksusta teräslevystä. Reikien halkaisija 5 mm.

Vanneteräs

Vanneteräksiä käytetään kattorakenteiden jäykistämiseen. Niitä käytetään myös palkkitojen ja seinien tuuliristikoihin. Valmistetaan kuumasinkitystä teräslevystä. Reikien halkaisija 5 mm, asennus 4,0x40 ankkurinauloin.

Pilarikenkä

Pilarikenkiä käytetään kiinnitettäessä liimapuupilareita betoniin, esimerkiksi aidan tolppien tai terrassirakenteiden kiinnittämiseen. Valmistetaan kuumasinkitystä teräksestä erilaisia malleja, joissa kiinnitys voi myös olla säädettävä.

Kulmakiinnike

Kulmakiinnikettä käytetään palkkien risteyksissä. Sitä voidaan myös käyttää, kun puurakenne kiinnitetään kiila-ankkurilla betoniin. Valmistetaan useita kokoja ja malleja, joista valitaan kullekin kuormitustapaukselle sopiva. Materiaalina käytetään kuumasinkittyä tai ruostumatonta 2 tai 3 mm paksua teräslevyä. Reikien koko ankkurinauloille ja ruuveille 5 mm, pulteille 10 mm.

Naulauskulma

Naulauskulmia käytetään pilarin ja alajuoksun välillä tai risteävien puuosien kiinnittämiseen, kun siirrettävät voimat ovat pieniä. Valmistetaan kuumasinkitystä tai ruostumattomasta 2 tai 4 mm paksusta teräslevystä. Reikien koko 5 mm.

Palkkikenkä

Palkkikenkiä käytetään samassa tasossa olevien palkkien kiinnittämiseen toisiinsa ja kiinnitettäessä liimapuupalkkeja pilariin. Palkkikenkiä on monenlaisia, ja niiden vaihtelevan levyiset siivekkeet voivat olla taivutetut ulos- tai sisäänpäin. Kaikkia tyyppjeä valmistetaan useamman korkuisina. Valmistetaan kuumasinkitystä 2 mm paksusta teräslevystä. Reikien koko 5 mm.

Gerber-nivel

Gerber-niveltä käytetään samassa tasossa olevien palkkien jatkoksissa. Epäkeskeisen kuorman välttämiseksi nivelen osia pitää käyttää liitoksen molemmiin puolin. Valmistetaan kuumasinkitystä 2 mm paksusta teräslevystä. Reikien koko 5 mm.



Palkkikenkä



Gerber-nivel

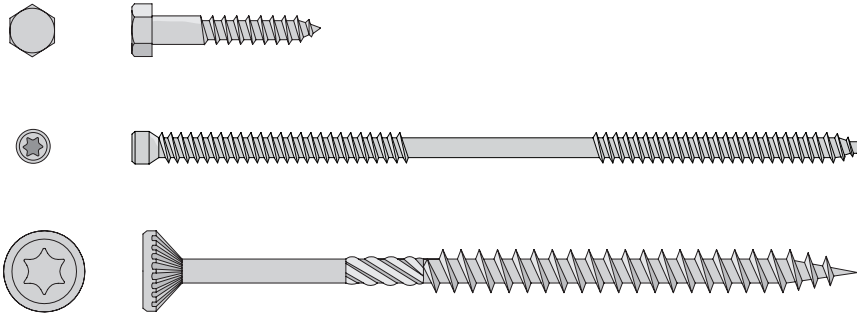


Naulauskulma

Puurakenneruuviliitokset

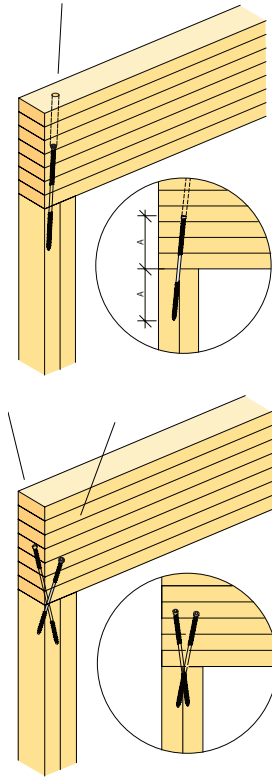
Ruuvikiinnitystä voidaan käyttää pienille tai keskisuurille voimille. Valmistajan ohjeita on noudatettava huolellisesti.

Puurakenteiden asennukseen on kehitetty erityinen puurakenneruuvi. Sitä voidaan käyttää esimerkiksi kiinnittämään orret pääpalkkeihin tai vahvistamaan liimapuupalkkia tuella. Puun halkeamisen välttämiseksi ruuvissa on porakärki. Ruuvi voidaan asettaa vinoon. Ruuvien reiät pitää esiporata.



KUVA 80

Puurakenteiden ruuveja. Kansiruuvi, puurakenneruuvi ja itseporautuva ruuvi.



KUVA 81

Vinoruuvein tehtyjä palkin ja pilarin liitoksia.

KUVA 82

Kokonaan piiloon jäävä liitos joka on työmaalla helppo asentaa. Liitos asettaa toleranssivaatimuksia. (VVR Wood Oy / Pölkky Oy).



Pilarin jalka

Naulauslevyt

Pilari voidaan kiinnittää alapäästään nivelellisesti tai jäykästi käyttämällä naulauslevyjä molemmin puolin. Yksinkertainen ratkaisu, joka soveltuu sekä pienille että suurille vaaka- ja pystysuorille voimille (nostavat voimat).

Nivelkiinnityksessä naulauslevyt sijoitetaan yleensä pilarin leveämmille sivuille – jäykässä kiinnityksessä tavallisesti pilarin kapeammille sivuille.

Kiinnikkeet voidaan joko valaa suoraan kiinni betonirakenteeseen tai hitsata betoniin valettuun teräskiinnikkeeseen. Voimat siirretään ankkurinauloilla tai -ruuveilla. Päätypuupinnat pitää kosteussuojata, jotta liimapuu ei kostu betonista tai muista kosteutta siirtävistä materiaaleista. Päätypuun suojakäsittelyn pitää mielellään olla huollettavissa, katso luku Pintakäsittely ja huolto, sivu 75.

Paloturvallisuuden parantamiseksi voidaan tarvita palosuojamaalaa tai verhous-ta. Katso luku Palomitoitus, sivu 70.

Lattarauta

Lattarautojen avulla tehty pilarin jalan liitos vastaa naulauslevyllä tehtyä liitosta ja on vaihtoehto sille.

Nivelellisessä kiinnityksessä lattaraudat sijoitetaan yleensä pilarin leveille sivuille – jäykässä kiinnityksessä pilarin kapeille sivuille. Lattaraudat valetaan suoraan kiinni betonirakenteeseen tai hitsataan betoniin valettuun kiinnityslevyyn.

Voimat siirretään läpimenevillä pulteilla tai puurakennerruuveilla tai kansiruuveilla. Päätypuupinnat pitää kosteussuojata, jotta liimapuu ei kostu betonista tai muista kosteutta siirtävistä materiaaleista. Päätypuun suojakäsittelyn pitää mielellään olla huollettavissa, katso luku Pintakäsittely ja huolto, sivu 75.

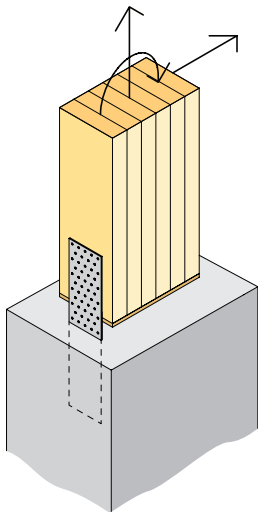
Paloturvallisuuden parantamiseksi voidaan tarvita palosuojamaalaus tai verhous. Katso luku Palomitoitus, sivu 70.

Kulmaraudat

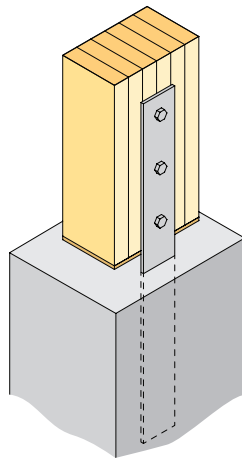
Pilarin nivelkiinnitys pilariin ruuvattavien kulmarautojen avulla on yksinkertainen ja sopii pienille vaaka- ja pystysuorille voimille (nostavat voimat).

Kulmarauta kiinnitetään betonirakenteeseen kiila-ankkurilla tai injektointiankkurilla, jolloin pilari saadaan tarkasti paikoilleen ja virheellisen sijainnin riski pienenee.

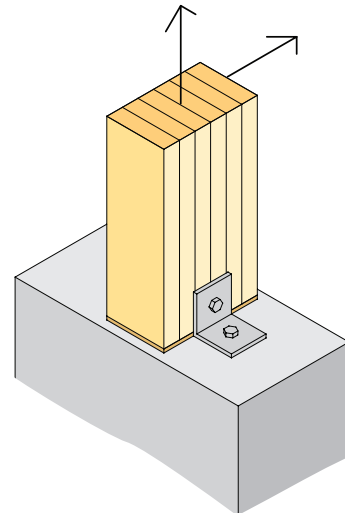
KUVA 83
Suurissa rakennuksissa käytettäviä pilarin alapään liitoksia.



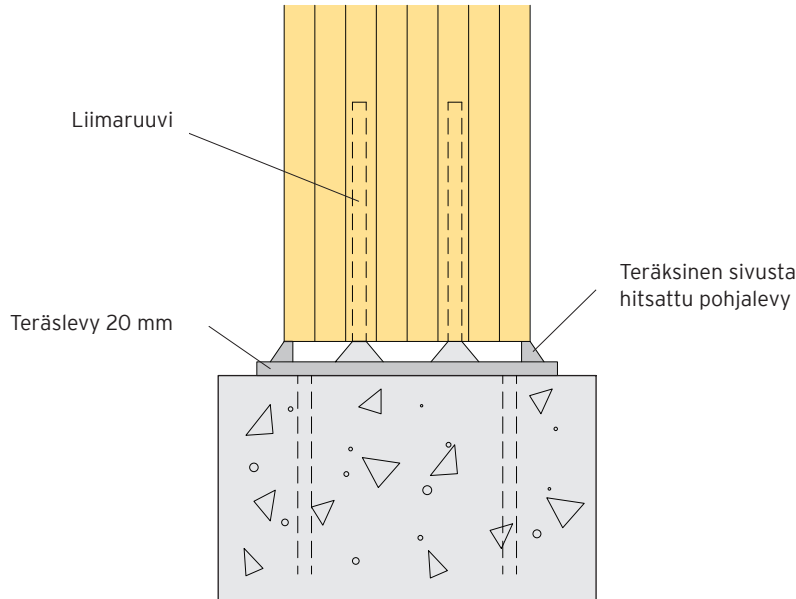
Naulauslevyt molemmin puolin



Lattaraudat molemmin puolin

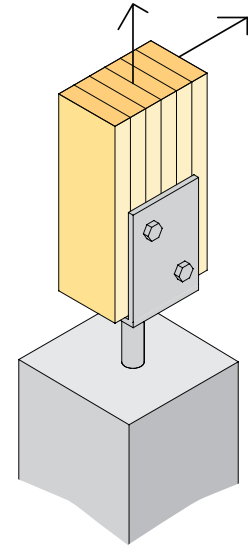


Kulmaraudat molemmin puolin



KUVA 84

Liimaruuviliitos sekä betoniin valettu kiinnityslevy.



KUVA 85

Pilarikenkä U-teräksestä, johon on hitsattu ankkuritanko.

Tavallisesti kulmaraudat asennetaan symmetrisesti pilarin kummallekin puolelle. Päätyupinnat pitää kosteussuojata, jotta liimapuu ei kostu betonista tai muista kosteutta siirtävistä materiaaleista. Päätypuun suojakäsittelyn pitää mielellään olla huollettavissa, katso luku Pintakäsittely ja huolto, sivu 75.

Pilarikenkä

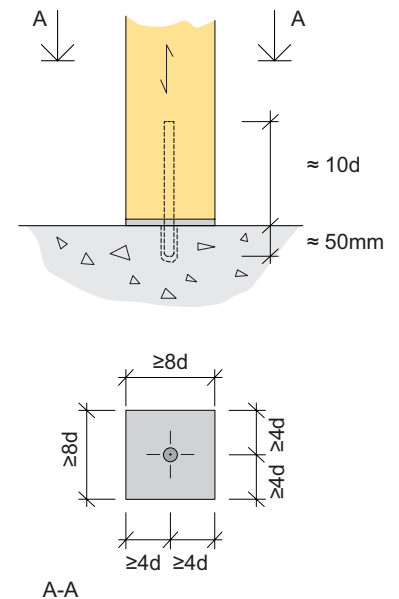
Pilarikenkä sopii pienten voimien nivelelliseen kiinnitykseen ulkona tai tiloissa, missä on vapaasti virtavaa vettä, sillä pilarin päätypuun kautta ei pääse imeytymään vettä. Kiinnike muodostuu U-teräksestä, johon on hitsattu harjateräs. Yleensä harjateräksen alapää valetaan betonirakenteeseen kiinni, mutta se voidaan myös hitsata betoniin valettuun kiinnikelevyyn. Voimat siirretään tavallisesti ruuveilla. Myös säädettäviä vakio-kiinnikkeitä on saatavana.

Liimaruuviliitos

Liimaruuveja käyttämällä voidaan tehdä täysin näkymätön nivelellinen tai jäykkä liitos, piiloliitos. Paloturvallisuuden kannalta piiloliitos antaa hyvän suojan. Jäykkänä liitosta voidaan käyttää vain pienelle kiinnitysmomentille. Liimaruuviliitokset eivät sovellu käyttöluokkaan 3 (ulkona säältä suojaamattomina olevat rakenteet) eivätkä dynaamisesti rasitettuihin rakenteisiin (esimerkiksi ajoneuvokuormien yhteydessä) eivätkä väsytskuormitettuihin rakenteisiin.

Liittyminen perustuksiin tehdään yleensä pilarin päässä olevan päätylevyn avulla. Päätylevy kierretään ruuvin päälle ja hitsataan kiinni perustuksiin valettuun kiinnityslevyyn. Pilari voidaan myös kiinnittää ulos tulevan ruuvin avulla, joka valetaan kiinni perustusrakenteeseen jätettyyn varaukseen.

Yksinkertaisempi, voimia siirtämätön vaihtoehto on liimattu pultti, joka voi riittää silloin kun tarvitaan vain pilarin ohjautumista oikeaan kohtaan.

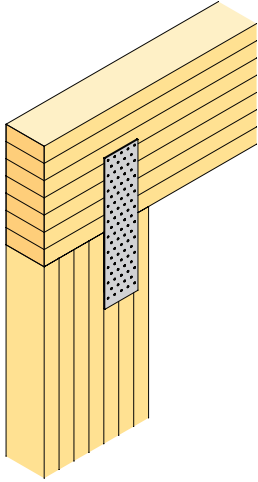


KUVA 86

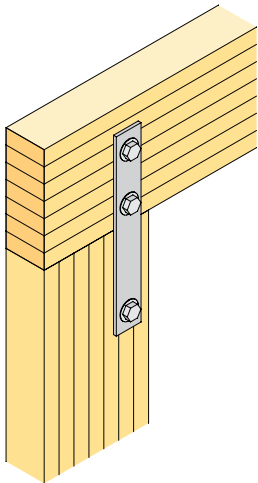
Liimatappiliitos ei siirrä voimia vaan sitä käytetään pilarin ohjaamiseen.

KUVA 87

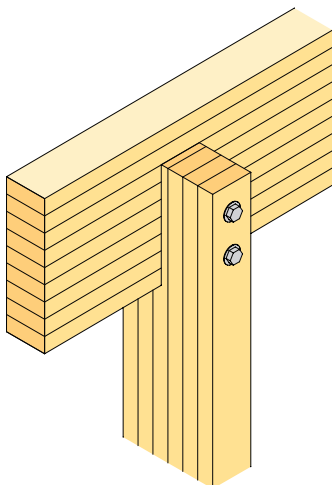
Suurissa rakennuksissa käytettäviä pilarin yläpään liitoksia.



Naulauslevy liimapuisen rakennusosan kummallakin puolella



Lattarauta rakennusosan kummallakin puolella



Loveukseen upotettu palkki ja läpimenevät ruuvit, aluslevyt ja mutterit

Pilarin yläpää

Naulauslevyt

Niveellinen kiinnitys nauluslevyin rakennusosan molemmilta puolilta on yksinkertainen ja sopii sekä suurille että pienille kuormille. Tuoteluetteloiden vakionaulauslevyjen paksuus rajoittaa niiden käytön keskisuurien voimien siirtämiseen. Valmistajan ohjeita pitää tarkkaan seurata. Voimat siirretään ankkurinaulojen tai ruuvien avulla. Levyt pitää sijoittaa niin lähelle pilarin sisäreunaa kuin mahdollista, ettei palkin kulmanmuutos esty. Paloturvallisuuden parantamiseksi voidaan tarvita palosuojamaalaus tai verhouk. Katso luku Palomitoitus, sivu 70.

Lattaraudat

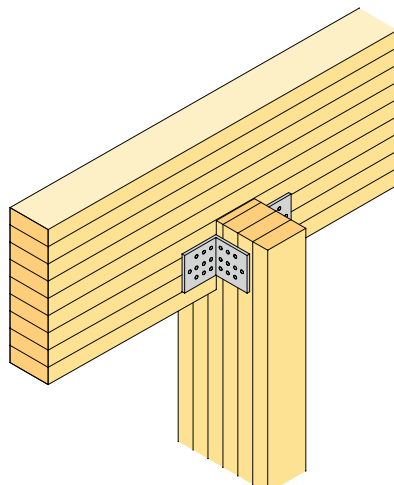
Rakennusosan molemminpuolisten lattarautojen avulla tehty nivelkiinnitys on, kuten nauluslevykiinnitys, helppo ja tarkoituksenmukainen. Lattarauta (lattatanko tai yleis-tanko) soveltuu sekä pienille että suurille kuormille. Ainespaksuus valitaan vakiosarjasta 5, 6, 8, 10, 12, 15 tai 20 mm, ja sen pitää olla vähintään 0,3 x ruuvin halkaisija. Ruuvien reiän pitää olla 1 mm suurempi kuin ruuvin halkaisija. Paloturvallisuuden parantamiseksi voidaan tarvita palosuojamaalaus tai -verhouk, katso sivu 70.

Tappivaarnaliitos

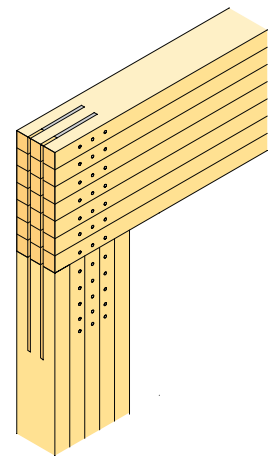
Tappivaarnaliitoksena tehty nivelkiinnitys voidaan tehdä täysin näkymättömäksi. Tappivaarnaliitoksessa osat yhdistetään niihin tehtyihin uriin asennetuilla metallilevyillä, jotka kiinnitetään teräsvaarnoilla. Teräsvaarnat voidaan upottaa palkkiin ja peittää puutapeilla. Paloturvallisuuden kannalta täysin näkymätön liitos antaa hyvän suojan.

Loveukseen upotettu palkki

Loveukseen upotettua palkkia käytetään usein päätypilareiden kanssa siirtämään pilareiden vaakavoimat palkille. Pilarin loveus tehdään usein yhtä suureksi kuin palkin leveys. Voimat siirretään pilarin ja palkin välillä yleensä läpimenevän pultein, aluslevyen ja mutterin avulla. Pienten vaaka- ja nostovoimien yhteydessä voidaan myös käyttää kiinnityksessä teräskulmia tai itseporautuvia puurakennerruuveja tai jopa kansiruuveja.



Loveukseen upotettu palkki ja teräskulmat



Tappivaarnaliitos



KUVA 88 Liitosten muotoilulla on suuri vaikutus ulkonäköön. (Sören Håkanlind ja Ladec, Loma Graphics Oy).

Harja

Harjan nivelliitos siirtää pystysuoria ja vaakasuoria voimia. Taivutusmomenttia ei siirretä. Kiinnitys pitää muotoilla siten, että palkkien välinen kulma voi vapaasti muuttua. Jos kulman muutos on estetty, rakenteeseen syntyvät lisäjännitykset voivat aiheuttaa ennalta arvaamattomia vaurioita.

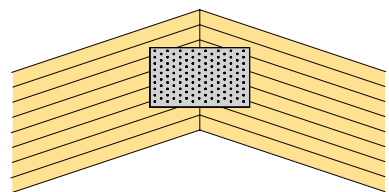
Naulauslevyt

Molemminpuolisin naulauslevyin tehty nivellinen harjaliitos on yksinkertainen ja tarkoituksenmukainen. Liitos soveltuu sekä pienille että suurille voimille. Valmistajan ohjeita pitää tarkkaan noudattaa. Voimat siirretään liimapuun ja naulauslevyjen välillä käyttämällä ankkurinauloja tai -ruuveja. Levyt pitää sijoittaa niin lähelle palkkien yläreunaa kuin mahdollista, jotta ne eivät estä palkkien välisen kulman muutosta. Sopiva etäisyys palkin alareunan ja alimman naularivin välillä on 10 x naulan tai ruuvien läpimitta. Kuumasinkitystä teräksestä tehtyjä valmiiksi porattuja erisuuruisia naulauslevyjä on saatavana varastotavarana ja niiden paksuus on 1 – 5 mm.

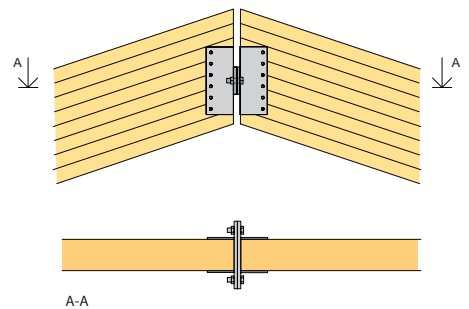
Naulauslevyt ja poikittaisvoimia siirtävä liitoskappale

Kun leikkausvoima on niin suuri, että liitoksen epäkeskeisyydestä aiheutuva momentti aiheuttaa vaikeuksia, niin leikkausvoima voidaan siirtää saumaan jyrkittyyn uraan tulevalla liitoskappaleella. Liitoskappale voidaan muotoilla monella tavalla, esimerkiksi hitsaamalla lattateräksiä yhteen. Tällöin oletetaan koko leikkausvoiman siirtyvän liitoskappaleen avulla, ja naulauslevyt mitoitetaan vain vaakasuuntaisille vetovoimille. Naulauslevyjen ansiosta leikkausvoimat jakautuvat koko palkin korkeudelle, ja levyt estävät liitoksen aukeamista liitoskappaleen kohdalta. Vaakasuo- rat puristusvoimat siirtyvät kosketuspaineen avulla palkin päiden ja liitoskappaleen pystysuorien osien kautta.

KUVA 89
Harjaliitoksia.

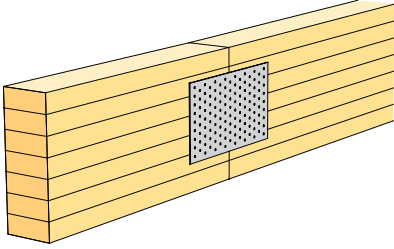


Naulauslevy molemmin puolin

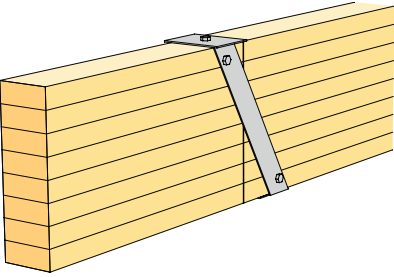


Limträteknik i Falun AB:n kehittämä harjaliitoskappale

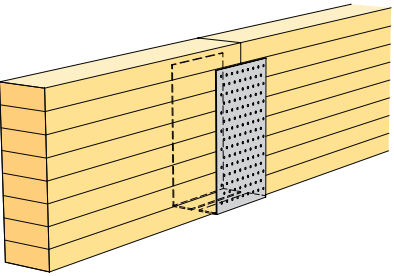
KUVA 90
Palkkien jatkoksia.



Naulauslevy
molemmiin puolin



Lattateräksistä tehty
Gerber-liitoskappale



Teräslevystä tehty
tehdasvalmisteinen
Gerber-liitoskappale

Palkin jatkos

Niveellinen palkin jatkos siirtää pysty- ja vaakasuoria voimia. Liitos ei siirrä taivutusmomenttia. Kiinnitys pitää muotoilla siten, että palkin osien välinen kulma voi vapaasti muuttua. Jos kulman muutos on estetty, rakenteeseen syntyvät lisäjännitykset voivat aiheuttaa ennalta arvaamattomia vaurioita.

Naulauslevyt

Naulauslevyjen avulla tehty palkin jatkos on yksinkertainen ja tarkoituksenmukainen. Liitos soveltuu sekä pienille että keskisuurille voimille. Valmistajan ohjeita pitää tarkkaan noudattaa. Levyt pitää sijoittaa keskeisesti liimapuupalkin keskiviivalle (neutraaliakselille). Voimat siirretään liimapuun ja nauluslevyjen välillä käyttämällä ankkurinauloja tai -ruuveja.

Hitsattu Gerber-liitoskappale

Nivelepalkin tekemistä Gerber-liitoksin suositellaan, kun liitoksessa pitää siirtää suuria leikkausvoimia, jotka ovat aina samansuuntaisia. Pienehköjä vastakkaiseen suuntaan vaikuttavia leikkausvoimia voidaan siirtää sivulevyjen ruuviliitoksilla. Voimat siirretään pääasiassa ankkurinaulojen tai -ruuvien avulla. Jos Gerber-liitoksen tarvitsee siirtää myös vetovoimia, sitä täydennetään päälle hitsatuilla lattateräksillä. Jotta palkin osien välisen kulman muutos ei estyisi, sijoitetaan sivuruuvit niin lähelle ylä- ja alalevyä kuin mahdollista. Pelkästään vaakavoimia siirtävän ruuvin sopiva reunaetäisyys on kaksi kertaa ruuvin halkaisija. Jos ruuvi siirtää myös pystysuoria voimia, niin reunaetäisyyden pitää olla neljä kertaa ruuvin halkaisija.

Tehdasvalmisteiset Gerber-liitoskappaleet

Tehdasvalmisteisiä Gerber-liitoskappaleita on saatavana varastotavarana. Ne on valmistettu sinkitystä pellistä, ja ne soveltuvat sekä pienille että keskisuurille leikkausvoimille. Valmistajan ohjeita pitää tarkkaan noudattaa. Liitoskappaleet voivat olla yksi- tai kaksiosaisia. Yksiosaiset sopivat vakiokokoisille liimapuupalkeille, kun taas kaksiosaiset yleensä soveltuvat useamman kokoisille palkeille. Voimat siirretään pääasiassa ankkurinaulojen tai -ruuvien avulla.

Palkin halkeamisriski pitää erityisesti ottaa huomioon käytettäessä molemminpuolisia kulmateräskiinnikkeitä, katso Liimapuukäsikirjan osa 2. Yleissääntönä voidaan pitää, että ylimmän naulan tai ruuvin etäisyyden alareunasta pitää olla $\geq 0,7$ kertaa palkin korkeus.

Sekundääripalkin kiinnitys

Pääpalkin päällä oleva sekundääripalkki siirtää pystysuorat kuormat ja pieniä pääpalkin suuntaisia vaakavoimia. Kun sekundääripalkki on kiinnitetty pääpalkin sivuun, siirtyvät myös sekundääripalkin suuntaiset vaakavoimat. Tarvittaessa kiinnitys voidaan tehdä myös momenttia siirtäväksi.

Ruuvikiinnitys

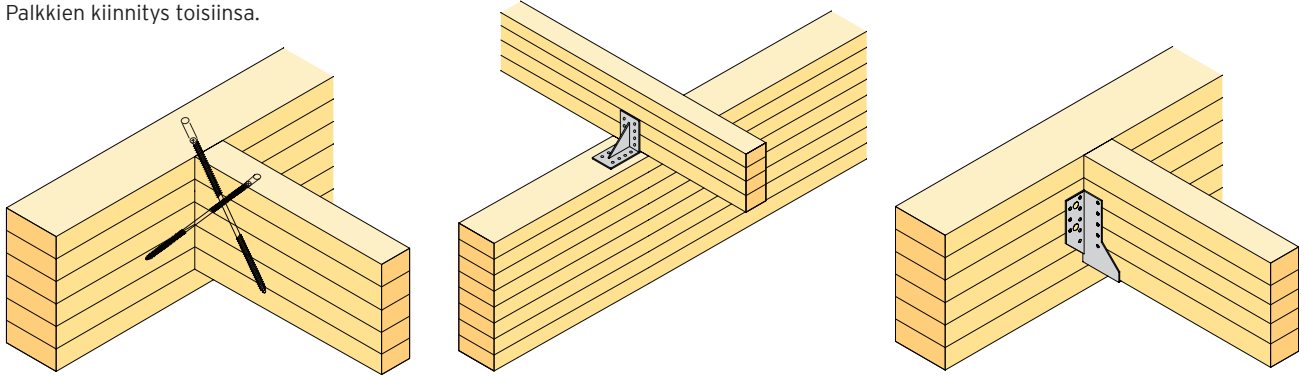
Aksiaalisesti kuormitettuja puurakennerruuveja voidaan käyttää pienille ja keskisuurille voimille. Valmistajan ohjeita pitää tarkkaan noudattaa. Ruuvien reiät pitää esiporata.

Orsikiinnitys

Orsien kiinnitys pääpalkin päälle tehdään yleensä tehdasvalmisteisin kylmämuokatusta kuumasinkitystä teräslevystä tehdyin kulmakiinnikkein. Kiinnikkeessä voi olla jäykiste. Voimat siirtyvät pääasiassa kosketuspaineen avulla ja ankkurinaulojen tai ruuvein. Valmistajan ohjeita pitää tarkkaan noudattaa.

KUVA 91

Palkkien kiinnitys toisiinsa.



Kiinnitys itseporautuvilla puurakennerruuveilla

Kuumasinkityillä kulmateräs-kiinnikkeillä tehty orren kiinnitys

Palkkikengä teräslevystä tai rakenneteräksestä

Hitsattu palkkikengä

Sekundääripalkin kiinnitys vakiovalmisteisella palkkikengällä on yksinkertainen ja taroituksenmukainen ratkaisu, erityisesti silloin kun palkkien yläpintojen pitää olla samassa tasossa.

Palkkikengien pitää kuitenkin yleensä olla kuumavalssatusta lattateräksestä hitsattu, kun sekundääripalkilta on siirrettävänä suuria tukireaktioita (leikkausvoimia). Tällaiset palkkikengät voidaan muotoilla monella tavalla.

Voimat siirretään sekundääripalkilta palkkikengälle pääasiassa kosketuspaineen avulla ja edelleen palkkikengältä pääpalkille ankkurinaulojen läpimenevien ruuvien tai puurakennerruuvien avulla.

Vetotangon kiinnitys

Vetotangon kiinnitys siirtää yksinomaan vetotangon suuntaisia voimia. Vetotangon muodostaa usein kaksi tai useampia terästankoja. Pienillä vetovoimilla vetotanko voidaan tehdä liimapuustakin. Kiinnitys muotoillaan tavallisesti siten, että vetovoima tuodaan palkille niin lähellä palkin ja pilarin neutraaliakselien leikkauspistettä kuin mahdollista.

Teräksinen vetotanko

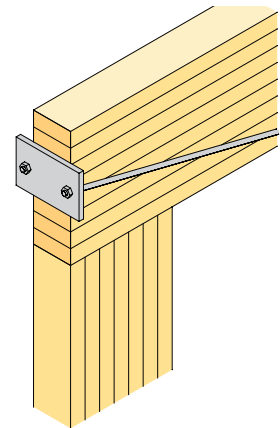
Erikoislujasta teräksestä tehty vetotanko soveltuu pienille ja suurille vetovoimille. Yksinkertaisin kiinnitystapa saadaan, kun vetotankoja on yksi palkin kummallakin puolella. Pienehköillä vetovoimilla nämä kaksi vetotankoa voidaan korvata yhdellä ainolla palkissa olevan keskeisen reiän kautta kulkevalla vetotangolla. Valmistusteknisistä syistä tätä pitää kuitenkin välttää käytettäessä korkeita palkkeja. Suurilla vetovoimilla molemmin puolin olevien vetotankojen lisäksi voidaan sijoittaa vielä kolmas näiden keskelle. Palkin päätypuuhun tulevaan teräslevyyn tehdään asennuksen helpottamiseksi reiät naulaamista varten. Voimat siirtyvät pääasiassa kosketuspaineella vinosti puun syiden suuntaa vastaan.

Liimapuinen vetotanko

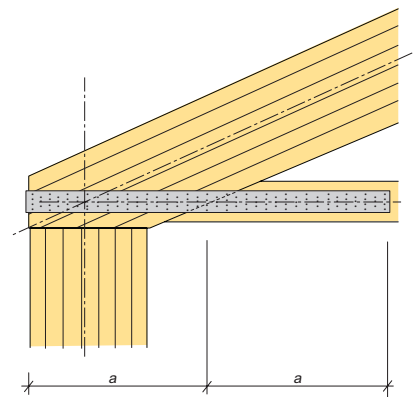
Pienille vetovoimille voidaan hyvin käyttää liimapuista vetotankoa. Vetotangon kiinnitys palkkiin tehdään teräsvanteella, joka menee palkin pään ympäri ja jonka päät loppuvat jonkun matkan päässä vetotangosta. Pienillä voimilla lattateräkset voidaan vaihtaa naulauslevyiksi. Vaakavoimat siirtyvät kosketuspaineella päälle hitsatun ankkurilevyn avulla ja ankkurinaulojen tai -ruuvien avulla.

KUVA 92

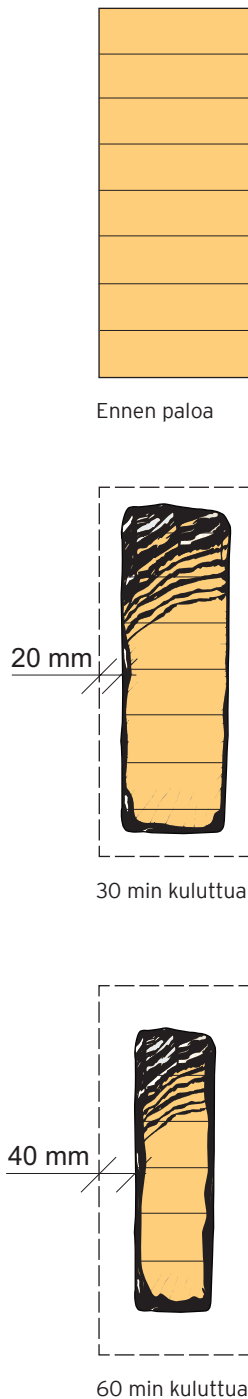
Vetotangon kiinnitys.



Teräksestä tehty kaksipuolinen vetotanko



Liimapuusta tehty vetotanko joka on kiinnitetty palkin pään kiertävällä teräsvanteella tai naulauslevyllä



KUVA 93

Liimapuu säilyttää suuren osan kantokyvystään myös palotilanteessa palavalle pinnalle muodostuvan suojaavan hiilikerroksen ansiosta. Kuva havainnollistaa liimapuun poikkileikkausta ennen paloa (ylhäällä), 30 min kuluttua palon alkamisesta (keskellä) ja 60 min kuluttua palon alkamisesta (alhaalla), kun palorasitus kohdistuu poikkileikkauksen kaikilta neljältä sivulta.

Palomitoitus

Historiasta tunnetaan useita tuhoisia puutalojen tulipaloja. Nämä ovat vaikuttaneet rakennusmääräysten kehittymiseen, yleensä siten että puun käyttöä rakennusaineena on eri tavoin rajoitettu.

Kokemus on kuitenkin myös osoittanut, että erityisesti järeät puurakenteet säilyttävät palon alkuvaiheissa hyvin kestävyytensä. Tämä kokemus on siirtynyt viranomaismääräyksiin, joiden mukaan suojaamattomia liimapuu- ja massiivipuurakenteita saa käyttää myös paloturvallisuuden kannalta oleellisissa rakenteissa.

Vuosien kokemus tulipaloista on osoittanut, että liimapuurungon sortuminen palotilanteessa on äärimmäisen harvinaista, sillä runko säilyttää riittävän kestävyden varsin pitkän ajan. On esimerkkejä siitäkin, että liimapuurunkoja on korjattu palon jälkeen, ja ne on voitu säilyttää korjatussa rakennuksessa.

1990-luvun puolesta välistä palomääräyksissä on siirrytty toiminnallisiin vaatimuksiin. Myös tietämys palomitoituksesta on lisääntynyt. Nämä seikat yhdessä ovat antaneet puurakenteiden käytölle uusia mahdollisuuksia myös silloin, kun niille asetetaan paloturvallisuusvaatimuksia. Sen vuoksi keveitä puurunkoja käytetään nykyisin myös kerrostaloissa.

Liimapuu ja palo

Tulipalon kohteeksi joutuneen puurakenteen pinnat syttyvät. Palaminen edistyy sen jälkeen sisäänpäin lähes vakionopeudella. Palon eteneminen tapahtuu kuitenkin hitaasti, sillä muodostuva hiilikerros eristää lämpöä ja estää lämmön kulkeutumista palavasta ympäristöstä pyrolyysivyöhykkeeseen. Pyrolyysivyöhykkeessä lämpötila on 250 - 350 °C. Siinä muodostuu palavia kaasuja, jotka kulkeutuvat hiilikerroksen läpi, kunnes ne kohtaavat sen pinnassa happea ja alkavat palaa. Selvä raja hiiltyneen kerroksen ja jäännöspoikkileikkauksen välillä muodostuu 300 °C:ssa. Leveiden halkeamien ja nurkkien kohdalla hiiltyneet vyöhykkeet ulottuvat syvemmälle. Myös metalliset liitososat kuten ruuvit, pultit, vaarnat ja muut vastaavat voivat nopeuttaa lämmön siirtymistä liimapuun poikkileikkauksen sisäosiin ja nopeuttaa siten palon etenemistä.

Liimasaumat eivät heikennä liimapuun palonkestävyyttä, jos on käytetty hyväksytyjä liimatyyppejä. Sen sijaan muut, sekä vanhemmat että uudemmat liimat, voivat menettää lujuutensa palotilanteessa jo verrattain matalissa lämpötiloissa ja aiheuttaa delaminointumista, lisääntynyttä hiililyymistä ja liimapuupoikkileikkauksen kantokyvyn ylimääräistä heikkenemistä.

Liimapuun suotuisa käyttäytyminen palotilanteessa johtuu pääasiassa siitä, että se ”suoja itse itsensä” hiililyymällä. Usein liimapuun luontainen palonkestävyys on riittämätön vain liitosten kohdalla; näissä voidaan tarvita lisäsuojasta esimerkiksi kiinnittämällä puusta tai kipsilevystä tehtyjä verhoulevyjä liitosten ulkopuolelle. Tehokas tapa paloturvallisuuden lisäämiseksi on käyttää piilokiinnityksiä, kuten esimerkiksi tappivaarnaliitoksia, missä liitoksen teräslevyt on upotettu liimapuusiin tehtyihin uriin. Vaarnat suojaavat paloa vastaan peittämällä ne puutapein.

Järeän puurakenteen palamattomien osien lämpötila pysyy pitkäaikaisessakin palotilanteessa lähes muuttumattomana. Vain kapeassa, välittömästi hiiltyneen kerroksen alla olevassa noin 10 mm syvässä vyöhykkeessä lämpötila ylittää 100 °C, ja tässä vyöhykkeessä lujuus ja jäykkyys ovat huomattavasti pienemmät kuin sellaisessa liimapuussa, joka ei ole ollut palolle alttiina.

Palotilanteessa liimapuurakenteen lämpöliikkeet jäävät siksi mitättömän pieniksi teräs- tai betonirungon lämpöliikkeisiin verrattuna, joiden lämpölaajeneminen voi aiheuttaa toissijaisia vaurioita esimerkiksi tukirakenteille tai liittyville muuratuille rakenteille. Liimapuurakenteen muotokaan ei muutu yhtä voimakkaasti tulipalon seurauksena kuin suojaamattoman teräsrakenteen muoto. Tämän vuoksi liimapuurunkoisten rakennusten kokonaisvauriot yleensä jäävät pienemmiksi kuin teräsrunkoisten rakennusten.

Rakennusmääräysten palotekniset vaatimukset

Pohjoismaiden palomääräyksissä vaatimukset on muotoiltu muun muassa siten, että rakenteella tai rakennusosalla pitää olla tietty palonkestävyys ja että sen pintakerroksella pitää olla tietty paloluokka. Vakavien henkilövahinkojen riskiin perustuva koko rakennusten luokittelu säätelee ennen kaikkea poistumisteille asetettavia vaatimuksia. Rakennuksen palotekniseen luokkaan vaikuttavat rakennuksen koko, kerroslukua ja käyttötarkoitus, kuten asuinrakennus, hoitolaitos tai kokoontumisrakennus.

Jos henkilövahinkojen riski on hyvin suuri, viranomaiset vaativat että rakennuksen pitää olla paloturvallinen ja kuulua luokkaan P1. Muilta rakennuksilta voidaan vaatia luokan P2 tai luokan P3 vaatimusten täyttämistä. Tavanomaiset omakotitalot kuuluvat yleensä luokkaan P3, missä on lievimmät vaatimukset.

Rakennusosat

Kantavat rakenteet pitää suunnitella ja mitoittaa kansallisten määräysten mukaan, niin että varmuus murtumista vastaan on riittävä myös palotilanteessa. Vaatimuksen täyttyminen voidaan osoittaa laskemalla kestävyys realististen oletusten perusteella, joista esimerkkinä on oletus lämpötilan kehittymisestä palossa (niin sanottu luonnollinen palotilanne). Yleensä käytetään yksinkertaistettua vakioitua menettelyä, missä lämpötila muuttuu ajan mukana aina samalla tavalla (standardipalotilanne). Kantava rakenne muodostuu tällöin paloteknisesti luokitelluista osista, jotka on mitoitettu kestäväksi standardipaloa kunkin maan kansallisten määräysten mukaisen ajan.

Materiaalista riippumatta kantavien rakennusosien paloluokka ilmoitetaan merkinnöin R15, R30, R60 ja niin edelleen ja osastoivien rakennusosien paloluokka EI30, EI60 ja niin edelleen. Kirjain R tarkoittaa kestävyyttä, E tiiviyyttä (palokaasujen ja liekkien läpimenon suhteen) ja I eristävyyttä (rakenteen palamattoman puolen liiallisen lämpenemisen suhteen). Numerot ilmoittavat sen ajan minuutteina, jonka rakennusosa pystyy kantavaa tai osastoivaa toimintaansa menettämättä vastustamaan paloa standardipalotilanteessa. Kantavan osastoivan seinän vaatimuksena voi esimerkiksi olla paloluokka REI60, mikä tarkoittaa että sen pitää kestää standardipaloa 60 minuutin ajan kaikille kolmelle ominaisuudelle asetettujen vaatimusten mukaisesti.

Liimapuisia palkkeja ja pilareita sisältyy usein sellaisiin rakennusosiin, joilta edellytetään kantavuutta ja osastoivuutta. Usein liimapuiset rakennusosat ovat näkyviä ja ne muodostavat silloin myös osan rakennuksen katto- tai seinäpintoja. Kantavuutta ja osastoivuutta koskevat vaatimukset eivät estä liimapuisten palkkien ja pilarien käyttämistä minkään tyyppisissä rakennuksissa, mutta pintakerroksille asetetut vaatimukset voivat muodostua rajoittaviksi. Enintään kaksikerroksisissa rakennuksissa vähintään R30-paloluokkaan kuuluvat liimapuuraakenteet voidaan jättää näkyviin. Sen sijaan 3-8 kerroksisissa rakennuksissa puurakenteet on suojaverhottava, mikäli käytetään palo-suunnittelussa taulukkomitoitusta.

Pintakerrokset

Pintakerroksella tarkoitetaan rakennusosan ulointa osaa, joka voi joutua palotilanteen aikaisessa vaiheessa tulelle alttiiksi. Se voi estää tai hidastaa syttymistä ja savun muodostumista. Pintakerros voi olla käsittelemätön puupinta, mutta jos se on pintakäsitelty, niin maali tai lakka kuuluu mukaan pintakerrokseen.

Pintakerrosten paloteknisen käyttäytymisen eurooppalaiset paloluokat merkitään kirjaimilla A1 – F, lisäksi annetaan savun tuottoa ja palavaa pisarointia kuvaava lisätieto. Lisämerkinnöillä ei kuitenkaan yleensä ole ratkaisevaa merkitystä materiaalivalinnoille. Palavien aineiden paras luokka on B, johon luokkaan esimerkiksi palosuojattu puu kuuluu. Pintakäsittelemättömät tai tavallisilla maaleilla tai lakoilla käsitellyt puulevyt ja -paneelit kuuluvat luokkaan D. Yli 40 mm paksun liimapuun, jonka tiheys on yli 380 kg/m³, on yleisesti osoitettu täyttävän luokan D-s2,d0 vaatimukset mikä on todettu liimapuun harmonisoidussa tuotestandardissa EN 14080.



KUVA 94

Toisin kuin suojaamaton teräs liimapuu säilyttää kestävyytensä palossa.

TAULUKKO 13 Eurooppalaiset pintakerrosluokat.

Luokka	Savuntuotto	Pisarointi	Esimerkki tuotteesta
A1	–	–	Kivi, betoni
A2	s1 – s3	d0 – d2	Kipsikartonkilevy, mineraalivilla
B	s1 – s3	d0 – d2	Palosuojattu puu
C	s1 – s3	d0 – d2	Tapetti kipsikartonkilevyn päällä
D	s1 – s3	d0 – d2	Puu, puulevyt
E	–	–	Joitain muoveja
F	–	–	–

Suomessa pintaluokkavaatimukset riippuvat rakennuksen käyttötarkoituksesta ja sen paloteknisestä luokasta. Poistumisteille on yleensä tiukemmat vaatimukset kuin muille tiloille. P1- ja P2-luokan rakennuksissa edellytetään poistumisteiden pintakerrosten täyttävän $A_2-s_1,d0$ luokan vaatimukset. Muissa tiloissa on lievemmät pintaluokkavaatimukset. Puukerrostalot kuuluvat luokkaan P2 ja niissä edellytetään sisäpinnoilta luokkaa $A_2-s_1,d0$ sekä suojaverhousten käyttöä. Puukerrostalot tulee varustaa myös automaattisella sammutuslaitteistolla ja sen ominaisuuksista riippuen voidaan tapauskohtaisesta jättää puupintoja näkyviin, kun suojaverhousvaatimus on täytetty. Katteiden on yleensä täytettävä luokan $B_{Roof}(t_2)$ vaatimukset. Pintakäsittelmättömän puun luokkaa D parempi pintakerros saadaan vaadittaessa aikaan käyttämällä paloluokiteltua pintakäsittelyä. Näitä on sekä peittäviä että kuultavia.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osa E1 sallii tietyin edellytyksin luokkavaatimusta heikompaan luokkaan kuuluvan pintamateriaalin käyttämisen vähäisessä määrin. Enintään kaksikerroksisissa halli-, kokoontumis-, liike-, tuotanto- ja varastorakennuksissa sallitaan D-pintaluokka ilman automaattista sammutuslaitteistoa. P2-luokan puukerrostaloissa voidaan myös käyttää luokan D-s2,d2 rakennustarvikkeita, jos asennetaan automaattinen sammutuslaitteisto. Tällöin määräykset edellyttävät OH-luokan sammutuslaitteistoa sekä kantavan rungon suojaverhousta A2-materiaaleilla. Suojaverhouksen pintaan voidaan tällöin asentaa esimerkiksi sisustusvaneri tai paneeliverhous.

Rakennusten paloturvallisuussuunnittelussa käytetään myös kehittyneitä mallinnusmenetelmiä, joita kutsutaan nimellä Fire safety engineering. Toiminnallinen paloturvallisuussuunnittelu on vaihtoehtoinen menetelmä taulukkomitoitukselle. Tällöin voidaan suunnitella yksittäisiä rakennuksia tai niiden osia ja toteuttaa ne erilaisilla ratkaisulla kuin mihin taulukkomitoitus antaisi mahdollisuuden, edellytyksenä on vaaditun turvallisuustason saavuttaminen. Toiminnallisen paloturvallisuussuunnittelun käyttö on perusteltua niissä tapauksissa, joissa taulukkomitoitus johtaisi liian varmalluudella oleviin ratkaisuihin.

Liimapuurakenteiden palonkestävyys

Kansallisissa määräyksissä ei ole paljoakaan sanottu puurakenteiden palotilanteen aikaisen kestävyuden osoittamismenetelmistä. Palamisen laskentamalli ja lujuuden aleneminen voidaan ottaa eurokoodi 5:sta (EN 1995-1-1 tai EN 1995-1-2), kun taas varmuuteen vaikuttavat parametrit (osavarmuuskertoimet, kuormien yhdistelykertoimet ja vastaavat) on annettu eurokoodi 0:n (EN 1990) kunkin jäsenmaan kansallisessa liitteessä.

Palolle alttiina olevan liimapuupalkin mitoitus on kaksivaiheinen. Ensin lasketaan jäännöspoikkileikkaus, eli se poikkileikkaus mikä jää jäljelle kun hiiltynyt kerros vähennetään. Hiiltymisnopeus on 0,7 mm/min. Tähän arvoon katsotaan sisältyväksi myös nurkkien nopeampi hiiltyminen. Hiiltyneen kerroksen jälkeen seuraa osittain lämmennyt kerros, jonka paksuus vähennetään myös. Osittain lämmenneen kerroksen paksuuden

oletetaan kasvavan tasaisesti, kunnes se 20 min paloajan jälkeen saavuttaa maksimiarvonsa 7 mm. Jäljelle jääneen tehollisen jäännöspoikkileikkauksen oletetaan olevan ominaisuuksiltaan samanlainen kuin kylmän poikkileikkauksen. Palomitoitus tehdään siten kuten normaalilämpötilassa käyttämällä pienennettyä poikkileikkausta.

Tehollisen jäännöspoikkileikkauksen lujuuden mitoitusarvo on (normaalilämpötilan) ominaislujuus jaettuna materiaalin palotilanteen mukaisella osavarmuuskertoimella ($\gamma_m = 1,0$). EN 1995-1-2 mukaan liimapuun lujuutta saa korottaa 15 %. Normaalilämpötilassa käytettäviä kuorman aikavaikutuksen ja käyttöluokan mukaisia kertoimia ei käytetä palomitoituksessa.

Liimapuupalkit ja pilarit

Liimapuupalkkien kestävyys palotilanteessa voidaan laskea edellä kuvatun menettelyn mukaisesti. Laskennassa pitää ottaa huomioon, onko palkki mahdollisesti suojattu muilla rakenteilla yhdeltä tai useammalta sivulta. Paloluokat R30 ja R60 ovat tavallisimmin esiintyvät. Kiepahdus pitää ottaa huomioon, jos kiepahdusta estävät rakenteet, kuten orret, palavat ennen liimapuupalkkia.

Liimapuupilarien kestävyyttä laskettaessa pitää ottaa huomioon, että pilarin hoikkuus lisääntyy palamisen pienentäessä poikkileikkausta. Usein luokka R30 on saavutettavissa poikkileikkausta kasvattamatta, kun taas luokka R60 tavallisesti edellyttää jonkin verran suurempia mittoja kuin mitä normaalilämpötilan laskelma edellyttää.

Rakennusosien palomitoitus on esitetty yksityiskohtaisemmin Liimapuukäsikirjan osassa 2.

Liitosten ja liitososien palosuojaus - yleisiä näkökohtia

Liimapisella rakennusosalla on itsessään erittäin hyvät palotekniset ominaisuudet. Rakenteiden liittyminen toisiinsa ja teräksiset liitokset ovat usein kuitenkin heikkoja kohtia, joiden suojaaminen on välttämätöntä, jos koko rakenteelta edellytetään tietyn paloluokan vaatimusten täyttämistä. Sääntöjä liitosdetaljien paloluokan määrittämiseksi esitetään Liimapuukäsikirjan osassa 2. EN 1995-1-2 (eurokoodi 5) sisältää lisää mitoitussääntöjä, joihin alla olevat ohjeet perustuvat.

Eurokoodi 5:ssä on yksinkertaistettu sääntö, jonka mukaan normaalitilassa äärimillään hyödynnetty suojaamaton naula-, puuruuvi- tai ruuviliitos kestää palotilanteessa vähintään 15 minuuttia ja suojaamaton tappivaarnaliitos vähintään 20 minuuttia (aika riippuu liitoksen muotoilusta). Jos liitoksen käyttöaste on pienempi, niin esimerkiksi vaarnaliitoksen kestävyyttä voidaan kasvattaa 40 minuuttiin. Jotta saavutettaisiin tavallinen liimapuun paloluokka R30 tai R60, vaaditaan joko suurempi liimapuun poikkileikkaus, rakennetta palolta suojaava lisäeristys tai pienempi liitoksen käyttöaste (ylimitoittaminen). Näitä toimenpiteitä voidaan myös yhdistää.

Palolta suojaavan eristyksen tarkoituksena on viivyttää suojaamattoman liitoksen lämpenemistä, niin että kriittinen lämpötila saavutetaan vasta 30 tai 60 minuutin kuluttua eikä 15 tai 20 minuutissa. Ulkopuoliset teräosat voidaan suojata palosuojamaalilla sen valmistajan ohjeiden mukaisesti. Tehokkaan suojan liitokselle antaa puusta, liimapuusta, vanerista, kipsilevystä tai kivivillasta tehty suojarakenne. Puisen tai vanerisen palosuojajeristyskerroksen paksuuden pitää olla niin suuri, että se pysyy paikoillaan koko vaaditun ajan, sillä palosuojajeristys antama hyöty häviää hyvin nopeasti sen pudottua pois. Sama koskee tavallisia kipsikartonkilevyjä, jotka voivat pudota pois kun puu alkaa hiiltä kipsilevyn takana. Tyypin F (lasikuidulla vahvistetut) palo-kipsikartonkilevyt pysyvät paikoillaan huomattavasti pidempään.

Ulkopuolisen palosuojajeristyskerroksen käyttäminen on tehokkaampaa kuin ylimitoittaminen, sillä eristekerros hidastaa myös lämmön johtumista poikkileikkaukseen liitos osien välityksellä. Liimapuusta tai vanerista tehdyt levyt liimataan kiinni liimapuun pintaan; tarvittava puristus saadaan aikaan nauloin. Liimauksen asemesta voidaan käyttää palosuojamaalia kosketuspinoilla, jolloin mahdolliset raot ja halkeamat sulkeutuvat tehokkaasti. Vaarnaliitoksien yhteydessä saadaan hyvin tehokas palosuojaus käyttämällä ylisuurta poikkileikkausta ja suojaamalla vaarnat palolta puutapein. Ruuviliitoksia käytettäessä on tärkeää upottaa ruuvin kanta ja peittää se paloa eristävällä kerroksella.

Taulukko 14 antaa esimerkkejä vaadituista paksuuksista luokissa R30 ja R60 käytössä erilaisia palosuojaeristyksiä tappivaarnaliitoksen, naulalevyjen ja naulauslevyjen kanssa. Tietyissä tilanteissa liitos on yllimitoitettava normaalilämpötilaan verrattuna. Halvin vaihtoehto on tavallisesti kivillä, mutta ulkonäkösyistä on suositeltavampaa käyttää liimapuusta tai vanerista tehtyä verhousta tai palosuojamaalilla tehtyä suojausta.

TAULUKKO 14

Esimerkkejä erityyppisten liitosten palosuojaeristämisestä. Eristepaksuus^a mm.

Materiaali	Vaarnaliitos		Naulalevy, naulauslevy	
	R30	R60	R30	R60
Kivillälevy	25	45	45	–
Puu, liimapuusta, LVL	19	33	27	39
Vaneri	20 ^b 2 x 12 ^c	50 ^b 3 x 12 ^c	30 ^b	60 ^b
Tavallinen kipsikartonkilevy	13	3 x 13 ^c	2 x 13 ^c	3 x 13 ^c
Kipsikartonkilevy, tyyppi F ^d	15	2 x 15 ^c	15	2 x 15 ^c

^a Vakiopaksuudet voivat olla suurempia

^b Kokonaispaksuus. Jos käytetään useampia levykerroksia, niin jokainen pitää naulata tai ruuvata kiinni

^c Jokainen levykerros pitää naulata tai ruuvata kiinni

^d Gyproc Protect F tai vastaava



Liimapuun pintakäsittely ja huolto

Kantavat liimapuurakenteet pitää suojata sateelta ja muulta kosteudelta, kuten maasta tulevalta kosteudelta. Liimapuuta voidaan kuitenkin käyttää ulkona, esimerkiksi sisääntulojen pilareina. Liimapuun pitäisi kuitenkin mieluiten aina olla katon alla sateelta suojassa.

Jotta liimapuun pinta pysyisi kauan hyvänä, niin se pitää yleensä pintakäsittellä. Pintakäsittelyä pitää myös huoltaa, erityisesti jos liimapuu on ulkona. Kyllästetyistä lamelleista tehty liimapuu ja kyllästetty liimapuu on tosin tehokkaasti suojattu lahoamista vastaan, mutta se pitää silti pintakäsittellä ja huoltaa kuten tavallinenkin liimapuu.

Useat pintakäsittelyt antavat jonkunlaisen suojan kosteusvaihteluita vastaan. Tietyillä pintakäsittelyillä voi lisäksi olla jonkunlainen suojavaikutus mikro-organismeja vastaan. Kosteudelta suojaava pintakäsittely estää jossain määrin muodonmuutoksia ja halkeilua. Useimmat liimapuusiin rakennusosiin muodostuvat halkeamat eivät yleensä aiheuta mitään riskiä rakenteiden kestävyydelle. Jos tästä on epävarmuutta, niin on kysyttävä neuvoa liimapuun toimittajalta tai rakenteen suunnittelijalta.

Pintakäsittely

Pintakäsittelyaineita on kahta tyyppiä, kalvon muodostavia ja kalvoa muodostamattomia.

- Kalvon muodostavia pintakäsittelyaineita ovat lakkamaiset kuullotteet, peittomaalit, lakat ja erityiset pintakäsittelyt kuten polyuretaani. Kalvon paksuus vaihtelee kunkin tuotteen mukaan.
- Kalvoa muodostamattomia pintakäsittelyjä ovat osa kuullotteista, keittomaalit, puuöljyt ja kemialliset pintakäsittelyaineet, kuten rautavihtrillikäsittely (rautasulfaatti), jota käytetään nopeuttamaan puupinnan vanhenemista. Kuullotteista löytyy tuotteita, jotka ovat käytännössä lähes kalvoa muodostamattomia.

Kuullotteiden ryhmittelyyn vaikuttaa niiden kuiva-ainepitoisuus ja käytetty levitysmäärä.

Kalvoa muodostamaton pintakäsittely vaatii enemmän huoltoa, mutta sen huoltaminen on helpompaa kuin kalvoa muodostavan pintakäsittelyn. Kalvon muodostava pintakäsittely tekee pinnasta helpommin puhdistettavan, ja se suojaa liimapuuta mekaanisilta vaurioilta. Kalvo antaa myös fysikaalista suojaa kosteudelta ja UV-valolta. Liian paksu pintakäsittelyainekalvo voi kuitenkin aiheuttaa lahovaurion riskin olosuhteissa, missä liimapuu halkeilee ja on jatkuvasti alttiina kosteudelle. Halkeamista puuhun tunkeutuva vesi leviää tasaisesti puuaineeseen, ja pintakäsittely hidastaa puun kuivumista.

On myös erityisiä peittomaaleja ja lakkoja, jotka estävät palon leviämistä ja savun kehittymistä palotilanteessa, katso luvusta Palomitoitus, sivu 70.

Liimapuun pintakäsittely on samanlainen kuin muunkin puun. Kosteuspitoisuus pinnassa ei saa ylittää 16 % käsittelyä tehtäessä. Tekniset, taloudelliset ja esteettiset perusteet ratkaisevat kussakin tapauksessa pintakäsittelyn valinnan.

Liimapuu sisätiloissa

Liimapuuta ei tarvitse pintakäsittellä sisätiloissa missä ilman suhteellinen kosteus on tavanomainen. On kuitenkin muistettava, että käsittelemättömän liimapuun väri muuttuu myös sisätiloissa; kuusi kellastuu ja mänty tummuu. Jos alkuperäinen väri halutaan säilyttää tai liimapuulle halutaan puun omasta väristä poikkeavaa väriä, niin liimapuu pitää pintakäsittellä. Käsittelyyn voidaan käyttää kaikkia mahdollisia sisäkäyttöön tarkoitettuja pintakäsittelyaineita, joita käytetään tavallisellekin puulle kuten peittomaalia, kuullotetta, lakkaa tai puuöljyä.

KUVA 95 (vasen sivu)
Jyväskylän lentoasema.
(Puuinfo Oy).

Uimahalleissa ja märkätiloissa liimapuun pintaan voi kondensoitua vettä. Tällaisissa olosuhteissa pitää varoa sellaisia pintakäsittelyjä jotka vaativat perusteellista esikäsitteilyä huoltomaalauksen yhteydessä, kuten peittomaalausta tai lakkausta. Jos pintakäsittelyaineikalvo muodostuu toistuvien käsittelykertojen seurauksena paikoitellen liian paksuksi, voi seurauksena olla kosteusvaurio kun puu ei pääse kuivumaan kalvon alla. Sen vuoksi suositellaan helposti huollettavaa pintakäsittelyä, kuten kuullotetta tai puuöljyä.

Liimapuun ulkona

Liimapuuta ei pitäisi käyttää ulkona sään vaikutukselta suojaamattomana. Käsittelemätön puupinta imee kosteutta ilmasta, sateesta, sulavasta lumesta ja roiskevedestä, mikä johtaa värivirheisiin, muodonmuutoksiin ja halkeiluun sekä lopulta liimapuun lahovaurioon.

Tärkeimmät ulkosalla olevaa liimapuuta tuhoavat tekijät ovat auringon säteily, sade, lika ja maakosteus. Sateen ja auringonpaisteen vaihtelu aiheuttaa suuria rasituksia liimapuun pinnalle. Auringossa pinta lämpenee nopeasti – tummien pintojen lämpötila voi olla jopa 70 °C. Tästä seuraa voimakas pinnan kuivuminen ja eläminen, mikä aiheuttaa vähitellen puun halkeilua. Myös puun kosteusvaihteluun liittyvä toistuva turpoaminen ja kutistuminen aiheuttavat puuhun jännityksiä, joiden seurauksena puuhun muodostuu halkeamia.

Pintakäsittelyn tarkoitus on vähentää puun halkeilua hidastamalla kosteuden imeytymistä puuhun. Peittomaalaus suojaaa puun kokonaan UV-valolta. Kuultavia tuotteita suositellaan aina käytettäväksi sävytettyinä, väripigmentti antaa näille tuotteille UV-suoja. Läpikuultavien tuotteiden UV-valon suoja ei koskaan ole yhtä hyvä kuin peittomaaleilla ja huoltovälikin jää lyhyemmäksi. Pigmenttömällä käsittelyaineella (väritön öljy tai lakka) käsiteltynä pinta vaurioituu ja harmaantuu, kun se on ollut jonkun aikaa alttiina säälle. Tällaista pintaa ei voi käsitellä uudelleen, ennen kuin vaurioitunut puuaines on perusteellisesti poistettu.

On tärkeää pienentää ulkona olevien liimapuupintojen kostumisriskiä, jotta vältetään halkeilu, muodonmuutokset ja mikro-organismien aiheuttamat vauriot. Tehokkaimman ja kestävimman kosteudelta suojaavan pintakäsittelyn antaa peittävä, kalvon muodostava maalausjärjestelmä.

Ulkomaalauksessa ensimmäisenä käsiteltynä on liimapuuhun tunkeutuva pohjuste. Pohjustuksen jälkeen tehdään pohja- ja pintamaalaus. Kun käytetään perinteisiä maalityyppejä, kuten pellavaöljymaalaa tai liuotinhenteistä alkydiöljymaalaa, pohjamaalauksen voi käyttää joko ohennettua pintamaalia tai erityistä pohjamaalia.

Periaate on sama käytettäessä akrylaattipohjaisia maaleja. Akrylaattiin perustuvissa maalausjärjestelmissä erillisen pohjamaalin käyttö on erittäin suositeltavaa. Akrylaattimaalit pysyvät paremmin puhtaina kuin öljymaalit ja niiden värisävyt kestävät paremmin säärasitusta.

Öljymäinen pohjuste antaa suojan kosteutta vastaan, ja siinä pitää olla mikro-organismien vaikutusta estäviä ainesosia. Pohjamaalin pitää olla tunkeutuvaa, ja se parantaa kosteusuojaa. Pintamaali on tavallisesti alkydiöljy- tai akrylaattimaali, mutta muitakin maalityyppejä käytetään, esimerkiksi alkydiöljymaalain ja akrylaatin seoksia. Pintamaalin toiminnallinen tarkoitus on antaa maaliyhdistelmälle tiivis säätä kestävä pinta ja kaunis lopputulos.

Uudet peittomaalattaviksi tarkoitetut liimapuupinnat pitää suojata auringon valon haittavaa vaikutusta vastaan niin nopeasti kuin mahdollista, sillä puun pinta heikkenee jo muutaman viikon kuluttua ulkosalle joutumisesta. Tämä huonontaa monien pintakäsittelyjen kestävyttä, erityisesti tämä koskee uudenaikaisia peittomaalijärjestelmiä. Ulkona oleva liimapuun pitää sen vuoksi käsitellä mahdollisimman pian asennuksen jälkeen.

Ulos säälle alttiiksi tarkoitetut liimapuutuotteet voidaan toimittaa teollisesti pohjamaalattuna ja ne maalataan asennuksen jälkeen valmiiksi.

Vältä halkeilu

Vähäiset halkeamat, niin kutsutut kuivumishalkeamat, ovat yleensä niin pieniä ja pinnallisia ettei niistä ole erityistä haittaa. Suuremmat halkeamat mahdollistavat veden nopean tunkeutumisen liimapuun sisäosiin. Ne muodostavat myös taskuja kosteutta keräävälle

TAULUKKO 15 Sopiva pintakäsittelytyyppi valitaan olosuhteiden mukaan.

Olosuhteet	Peittomaali	Kuullote	Lakka	Puuöljy
LIIMAPUU SISÄTILOISSA				
Kuivat tilat	OK	OK	OK	OK
Kosteat tilat	–	OK	–	OK
LIIMAPUU ULKONA				
Sateelle alttiina	OK	OK	–	OK
Suorassa auringonvalossa	OK	–	–	–
Mekaanisessa kulutuksessa	OK	–	–	–
Kyllästetty liimapuu	OK	OK	–	OK
AIKASEMMIN PINTAKÄSITELTY				
Peittomaalattu	OK	–	–	–
Kuullotekäsittely	OK	OK	–	–
Lakattu	–	–	–	–
Öljytty	OK	OK	OK	OK

lialle ja roskille ja voivat nopeuttaa lahon kehittymistä.

Lahovaurioiden vaara on erityisen suuri vaakasuorilla pinnoilla, joille vesi jää seisoamaan. Vaakasuorat pinnat tulisi rakentaa niin, että ne ovat kallellaan (esim. kaiteiden käsijohteet, aidat yms.) tai rakenteellisesti suojattu suoralta sadevedeltä.

Pitkäaikaista kostumista voidaan minimoida ennen kaikkea sopivalla rakennuksen osien muotoilulla ja teknisillä ratkaisuilla. Esimerkiksi lämpöputkien tai –puhaltimien aiheuttama lämpeneminen voi aiheuttaa paikallisen kuivumisen ja halkeamisen vaaran, ja ne pitää sen vuoksi sijoittaa riittävän kauaksi liimapuukuranteista.

Nopeita kosteuspitoisuuden vaihteluita voidaan välttää kosteudelta suojaavalla verhouksella tai sopivalla pintakäsittelyllä. Päätypuu imee vettä noin 20 kertaa nopeammin kuin muut puupinnat. Liimapuisen rakennusosan ulkona olevat päätypinnat ja yläpinta pitää yleensä suojata tuuletetulla verhouksella, kuten esimerkiksi pellityksellä (katso kuva 56) tai puuverhouksella. Jos tämä ei ole mahdollista, niin säälle alttiit pinnat pitää säännöllisesti käsitellä kosteussuoja-aineella, esimerkiksi tunkeutuvalla pohjusteella tai teholtaan vastaavalla puunsuoja-aineella.

Estä UV-säteilyn pintaa hajottava vaikutus

Puun pinta suojataan ultravioletisäteilyä vastaan käyttämällä pigmenttipitoista pintakäsittelyainetta. Mitä enemmän pigmenttiä, sen parempi suoja – peittomaalilla saadaan optimaalinen suoja ja hyvä kestävyys. Kuullotteet antavat vähemmän suojaa UV-säteilyä vastaan ja siten huonomman kestävyys peittomaaliin verrattuna.

Lakat ja värittömät öljyt eivät yleensä anna riittävää suojaa UV-säteilyä vastaan. Sen vuoksi niitä ei pidä käyttää ulkona olevan liimapuun käsittelyyn, etenkin jos liimapuu on vaikeasti vaihdettavissa, ellei sään aiheuttamaa pinnan virtymistä hyväksytä. Ulkona olevan liimapuun lakka alkaa vähitellen halkeilla ja kuoriutua, mikä vaikeuttaa huoltoa. On myös muutamia lakkoja jotka antavat suojaa UV-säteilyä vastaan. Erityistilanteissa liimapuuta voidaan suojata polyuretaanipinnoitteella, kuten Metropol Parasol rakennuksessa Sevillassa on tehty.

Liimapuurungon osalta huomioitavaa:

- kantokykyyn mahdollisesti vaikuttavat vauriot
- lahon esiintyminen
- mikro-organismien kuten homeen esiintyminen (voi olla merkki kasvaneesta lahovaurion riskistä)
- liimapuun kosteuspitoisuus (veden painon suhde puun kuivapainoon)
- hyönteisten tai niiden jälkien esiintyminen
- halkeamien tai delaminoitumisen esiintyminen
- rakojen ja hammastusten esiintyminen
- liitosten toiminta
- haitallinen notkuminen (lattioiden/parvekkeiden/terassien palkistot)
- muodonmuutokset, esimerkiksi epänormaali taipuminen tai muut muodonmuutokset
- liitosten kunto

Huolto

Rakennusten huolto aiheuttaa merkittävän osan kokonaiskäyttökustannuksista. Rakennusten huoltaminen vaatii ymmärrystä, tietoa, varovaisuutta ja harkintaa. Rakennus rappeutuu, jos sitä ei pidetä kunnossa.

Kunnossapidon tarkoituksena on ylläpitää toiminnallisuutta ja säilyttää rakennus. Säännöllinen vuotuinen eri rakennusosien katselmointi sisältyy jatkuvaan kunnossapitoon, ja se on välttämätöntä, jotta toiminnan huonontuminen tai alkava vaurio huomataan ajoissa ja voidaan päättää sopivista huoltotoimista.

Eri materiaaleilla ja rakenteilla ei ole mitään ennalta määrättyjä huoltovälejä. Ulkoisten olosuhteiden vaikutus voi vaihdella niin paljon, että on mahdotonta antaa yleisiä ohjeita siitä, kuinka usein katselmuksia pitää tehdä ja mitä huoltovälejä eri toimenpiteille kussakin yksittäistapauksessa pitää soveltaa.

Huollon suunnittelu

Huoltotoimet pitää aikatauluttaa ja suunnitelmaan pitää kuulua toimenpiteitä, joita suunnitelman kattamalla aikavälillä tarvitaan. Suunnitelma tehdään yleensä 10-15 vuodeksi. Huoltosuunnitelmassa esitetään vuosittain tehtävät toimenpiteet sekä niiden laajuus ja kustannukset.

Huoltotarpeen määrittämiseksi liimapuurungon kunto voidaan selvittää monella tavalla. Tavallisin tapa on tehdä paikan päällä katselmus. Kun kokenut tarkastaja katseloi rakennuksen, niin saadaan yleensä hyvä käsitys huoltotarpeesta.

Mittausten ja näytteenoton avulla voidaan hankkia täydentäviä tietoja, jotta voidaan tehdä varmpempia arvioita. Liimapuun kosteuspitoisuuden mittaaminen on tavallinen toimenpide, jolla arvioidaan mahdollisia kosteusvaurioita. Jos rakenteissa on mikro-organismien aiheuttamia vaurioita, niin niiden tyyppi ja laji voidaan määrittää viljelemällä. Voidaan myös tutkia mikroskoopilla näytteissä olevia rihmastoja ja niiden perusteella päätellä mikä sieni on kysymyksessä. Näitä tutkimuksia tekevät siihen erikoistuneet yritykset.

Tarkastuksia pitää tehdä säännöllisesti ja systemaattisesti toistuvien huoltokatselmusten. Huoltokatselmusten tulokset muodostavat perustan tarvittavien toimenpiteiden arvioimiseksi ja aikatauluttamiseksi.



Ulkona oleva liimapuu

Liimapuurakenteissa vaurioille alttiita kohtia ovat räystäiden ulkonevat palkit ja ulkona olevat pilarit. Päätypuu on erityisen arkaa kostumiselle ja vaatii sen vuoksi säännöllistä tarkastamista. Vaakasuurat liimapuupinnat pitää pellittää tai suojata vastaavalla tavalla sateelta. Peltien ja pellitysten kunto ja toiminta pitää säännöllisesti tarkastaa.

Ulkoisten olosuhteiden vaikutus vaihtelee voimakkaasti sisämaassa ja rannikolla olevien rakennusten välillä. Myös ilmansuunnilla on vaikutus – eteläinen julkisivu on voimakkaammin ilmaston vaikutukselle alttiina kuin muut julkisivut. Pohjoissivulla vallitsee kylmempi ilmasto.

Ilman kosteuden vaihtelut voivat aiheuttaa huomattavaa kosteuselämistä, joka puolestaan voi aiheuttaa puualustan halkeilua ja maalikerroksen säröilyä. Eri maalausjärjestelmien kunnossapitotarve vaihtelee yhtä paljon kuin ilmastokin.

Ulkona oleva materiaali on alttiina ilman epäpuhtauksien aiheuttamalle voimakkaalle likaantumisen. Teknisten ja esteettisten syiden vuoksi ulkona olevia maalattuja pintoja voidaan joutua puhdistamaan. Tämä voi tapahtua monin tavoin. Tavallinen vesipesu pehmeällä harjalla on yleensä riittävä. Korkeapainepesu on tehokas, mutta ympäristöhaittoja pitää varoa ja huolehtia työskentelyolosuhteista. Lisäksi pitää huolehtia siitä että julkisivurakenteisiin ei kerry suuria määriä kosteutta, joka ei pysty poistumaan kohtuullisessa ajassa.

Maalatuista pinnoista pitää säännöllisesti tarkastaa, onko niihin tullut värivikoja, rakkuloita tai halkeamia (hilseilevä maalipinta). Liimapuussa ei saa olla lahoa eikä mikro-organismeja (home- ja sinistäjäsiemeniä). Jos liimapuussa on suuria läpimeneviä halkeamia, niin sellainen puu ei sovellu peittomaalauksen alustaksi. Tällaiset kohdat pitää korvata uudella puulla huollon yhteydessä. Liimapuussa ei myöskään saa esiintyä sellaisia halkeamia, jotka päästävät sisään kosteutta ja joita ei voida sulkea maalaamalla.

Liimapuurungon kunnan määrittelyn jälkeen on vielä ehdotettava ja toteutettava tarpeelliset huoltotoimenpiteet. Jos vanha pintakäsittely pitää poistaa, niin uuden maalityypin valinta on varsin vapaata. Jos vanha pintakäsittely on sellaisessa kunnossa, että se voi suurimmaksi osaksi jäädä paikoilleen, sen laatu pitää ottaa huomioon uuden maalin valinnassa.

Huoltomaalaus

Maalikerros suojaa puuta hajottavaa UV-säteilyä vastaan sekä yleensä myös kostumista vastaan. Jo vuoden kuluttua maalikerrokseen syntyy havaittavia vikoja, jotka kasvavat ajan myötä. Huoltomaalaus pitää tehdä pintakäsittelyaineen valmistajan suositteleman huoltomaalauksvälin kuluessa. Pintakäsittelyjen kestävyys riippuu rakenteesta. Mitä enemmän pinta saa UV-valoa ja sadevettä, sitä lyhyemmäksi jää huoltoväli. Huoltomaalauksessa pitää myös käyttää suositeltuja esikäsitteilyjä.

Lahon vaurioittamaa tai pahasti halkeillutta liimapuuta ei saa peittää maalilla. Pie-nehköjä halkeamia esiintyy aina, eikä niistä yleensä aiheudu ongelmia, jos niiden kohdalla käytetään runsaasti tunkeutuvaa pohjustetta ja pohjamaalia.

Vahingoittunut tai muuten käsiteltäväksi sopimaton liimapuu pitää huollettaessa korvata uudella ennen maalaustyön aloittamista. Mikro-organismien vaurioittamat pinnat pitää puhdistaa.

Uudelleenmaalaus voidaan yleensä tehdä vanhan maalikerroksen päälle, jos se on hyvin kiinni alustassaan. Hilseilevät maalikerrokset pitää poistaa. Huoltomaalauksessa suositellaan ensisijaisesti käyttämään alkuperäisen tyyppistä pintakäsittelyä, katso taulukko 15. Useiden huoltomaalauksien jälkeen vanhasta maalikerroksesta voi tulla paksu ja halkeileva, jolloin sen poistamista on harkittava.

Yhteenvetona voidaan todeta, että alkuperäistä pintakäsittelyä valittaessa on otettu huomioon monia eri tekijöitä. Peittomaalausjärjestelmät antavat yleensä hyvän värin pysyvyyden ja kestävyys, mutta ne edellyttävät usein työlästä esikäsitteilyä ennen huoltomaalauksia. Kuultavien kokonaan tai lähes kokonaan kalvoa muodostamattomien käsittelyjen värin pysyvyys ja kestävyys on huonompi kuin peittomaalausjärjestelmien, mutta niitä on helpompi huoltaa. Myös esteettiset seikat vaikuttavat pintakäsittelyn valintaan.

KUVA 96 (vasen sivu)
Piano Paviljonki Lahden satamassa.
(Ladec, ISOKuva Panu Rissanen).

Kyllästetyistä lamelleista tehty ja kyllästetty liimapuu

Kyllästetyistä lamelleista tehtyä ja kyllästettyä liimapuuta on syytä käyttää, kun on vakavien henkilövahinkojen vaara ja rakenteellista suojausta ei pidetä riittävänä.

Kyllästetyistä lamelleista valmistettu liimapuu on pitkäaikaisesti ja tehokkaasti suojattu lahoamista vastaan. Tämä ei kuitenkaan voi korvata rakenteellista suojausta, vaan se on täydentävä toimenpide. Jos rakenne kostuu, niin siitä voi olla muutakin haittaa kuin lahoaminen, esimerkiksi muodonmuutokset.

Kyllästettyä puuta myydään Pohjoismaissa neljän eri suojausluokan mukaisena, NTR/M, NTR/A, NTR/AB ja NTR/B, jotka soveltuvat eri käyttökohteisiin. Suojausluokkaan NTR/M kuuluva puutavara on tarkoitettu käytettäväksi merivedessä kun on riski laivamatojen aiheuttamista vaurioista. Luokkaan NTR/A kuuluva puutavara on tarkoitettu käytettäväksi pysyvästi maakosketukseen joutuviissa rakennusosissa ja luokkaan NTR/AB kuuluva maanpinnan yläpuolella. Luokkaan NTR/B kuuluva puutavara on tarkoitettu käytettäväksi ulkona oleviin puusepäntuotteisiin ja sitä käytetään lähes yksinomaan puuikkunoiden ja -ovien materiaalina. Näiden luokkien mukainen puutavara on kyllästetty yhteisten pohjoismaisten sääntöjen mukaisesti, jotka on laatinut Nordiska Träskyddsrådet (NTR) ja jotka perustuvat eurooppalaisiin standardeihin. Luokiteltua kyllästettyä puutavaraa tuottavat yritykset sertifioidaan NTR:n laatimien sääntöjen mukaisesti.

Liimapuuta voidaan valmistaa kyllästetyistä lamelleista ja suojavaikutusta voidaan vielä lisätä käyttämällä jälkikäsitellyä tunkeutuvalla pohjusteella tai jopa uutta kyllästystä. On huomattava että itse liimapuuta ei voi luokitella NTR:n sääntöjen mukaan, vaan ainoastaan sen valmistamiseen käytettyjä lamelleja.

Kansalliset viranomaiset sääntelevät kyllästetyn puun käyttöä. Nämä määräykset ovat erilaisia eri Pohjoismaissa. Luokan NTR/A puutavaraa saa käyttää seuraavissa tilanteissa, missä rakenteissa tarvitaan puutavaralle erityisen hyvää suojausta mikro-organismeja vastaan:

- rakennusosa on maakosketuksessa tai makeassa vedessä
- rakennusosalla on lahoamisvaara ja henkilöturvallisuuden vaatimukset ovat suuret
- vaikeasti vaihdettavissa oleva rakennusosa on kosteissa olosuhteissa

Kyllästetyistä lamelleista valmistettua liimapuuta käytetään esimerkiksi siltarakenteissa. Nykyisillä aineilla kyllästetty puu pitää yleensä kiinnittää haponkestävillä kiinnikkeillä.

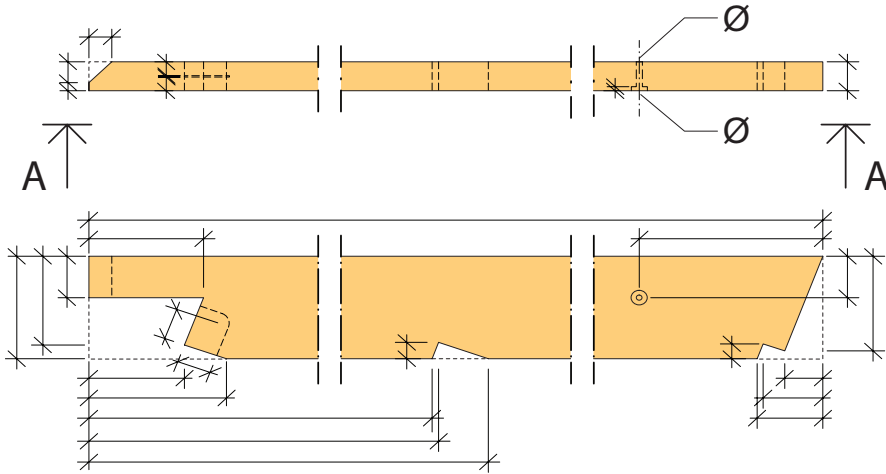
Tarkistuslista liimapuun kuvaamista ja tilaamista varten

Mittojen esittäminen piirustuksissa

Selkeä, oikea ja yksiselitteinen liimapuun rakennusosan mittojen esittäminen nopeuttaa valmistusta ja vähentää toimituksen virheiden ja myöhästymisen riskiä. Esimerkki mittojen esittämisestä on kuvassa 97.

Kaikki tarvittavat kuvaussuunnat pitää piirtää ja mitat esittää. Leikkausmerkinnät helpottavat kuvien ymmärtämistä. Kuitenkin usein riittää, että palkki tai pilari esitetään sivukuvassa. Jälkityöstökuvassa liimapuun rakennusosa sijoitetaan vaak- tai pystysuoraan, jotta säästetään piirustustilaa ja helpotetaan mittojen esittämistä. Mitat esitetään työstämättömän liimapuukappaleen suhteen ja kaikki kappaleen työstämiseen tarvittavat x- ja y-suuntaiset mitat pitää antaa. On suositeltavaa antaa esimerkiksi lovien mitat aina samasta pisteestä, vaikka se veisikin enemmän piirustustilaa. Työmaalla tehtävien reikien sijainti, reiän halkaisija ja mahdollinen upotus ja vahvistaminen pitää esittää. Jos esiintyy jyrjittyjä uria tai osan päälle liimattuja kappaleita, niin näiden mitat annetaan sopivalla tavalla. Mittoja voidaan täydentää selittävillä teksteillä.

Uudenaikaiset 3d-ohjelmat tekevät yleensä automaattisesti 2d-kuvia, mutta niiden osalta on tarkistettava, että mitat on riittävän selkeästi esitetty. Jos liimapuun rakennusosan 3d-malli voidaan liittää työstöpiirustukseen, niin se helpottaa monimutkaisten räätälöintien ymmärtämistä.



KUVA 97
Esimerkki selkeästä
työstöpiirustuksen
mittojen esittämisestä.

A-A

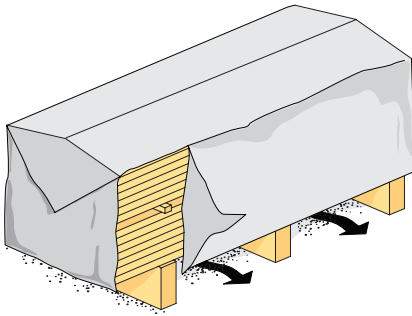
Tiluserittely

Jotta liimapuurakenne voidaan toteuttaa oikein, niin siitä tarvitaan hyvä ja yksiselitteinen tiluserittely. Suunniteltaessa ja asiakirjoja laadittaessa pitää antaa seuraavat tiedot:

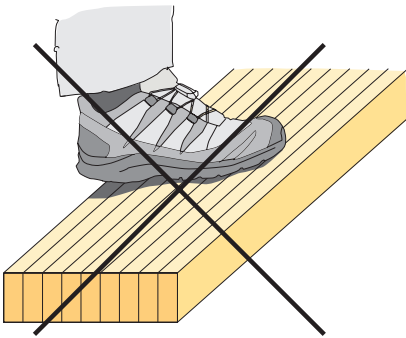
- Rakennusosien tunnistusmerkintä.
- Samanlaisten rakennusosien lukumäärä. Jos osia on monenlaisia, niin lukumäärät eritellään tyypeittäin, esimerkiksi 20 kpl pilareita joiden pituus on 5400 mm, 10 kpl pilareita joiden pituus on 3200 mm ja niin edelleen. On otettava huomioon, että kolminivelkehä tai kolminivelkaari muodostuu kahdesta rakennusosasta.
- Rakennusosan tyyppi, esimerkiksi suora palkki, pilari, harjapalkki tai viittausta kuvaan.
- Nimellimitat. Katso myös luku Mittojen esittäminen piirustuksissa, sivu 80.
- Liimapuupalkkien ja -pilarien annetaan poikkileikkausmitat b ja h ja pituus L .
- Kun palkkien korkeus vaihtelee (esimerkiksi harjapalkin tapauksessa) annetaan pienin ja suurin korkeus. Erityisien rakennusosien osalta annetaan mitat kuvissa. Työstöt, esimerkiksi loveukset ja sahaukset, voidaan tehdä tehtaalla kuvien mukaan, katso luku Mittojen esittäminen piirustuksissa, sivu 80.
- Lujusluokkaan EN 14080 mukaan
- Liimatyyppi. Tavallisesti käytetään liimatyyppiä I.
- Ulkonäkölaatu. Varastolaatu Suomessa on puhtaaksihöylätyt, viimeistellyt pinnat Ulkonäkölaadun osalta katso luku Ulkonäkölaatu ja pinnan viimeistely, sivu 26.
- Jos halutaan puhtaaksihöylättyjä, viimeistelyjä pintoja niin ilmoitetaan mitkä pinnat jäävät asennuksen jälkeen näkyviin.
- Jos halutaan esikorotusta, niin sen määrä annetaan millimetreinä.
- Jos halutaan muuta puulajia kuin kuusta, niin se ilmoitetaan, esim. mänty. Jos halutaan kyllästetyistä lamelleista valmistettua liimapuuta, ilmoitetaan minkä suojausluokan puutavaraa lamellien pitää olla ja mahdollinen pintakäsittely.
- Pakkaamista koskevat erityistoivomukset, esimerkiksi paketointi kappaleittain, kulmasuojattuina nosturiasennusta varten jne.
- Tavallisesta poikkeavat plus- ja miinustoleranssit, katso sivu 28.

Rakennusosan tyyppi	kpl	b	h	L	Ulkonäkölaatu Lujusluokka Liimatyyppi	Huom
Suora palkki	12	90	405	9000	R GL30c Liimatyyppi I	Pakkaus: PE-kalvo
Pilari	24	90	315	3500	R GL30c Liimatyyppi I	Pohjamaalattu 60 µm

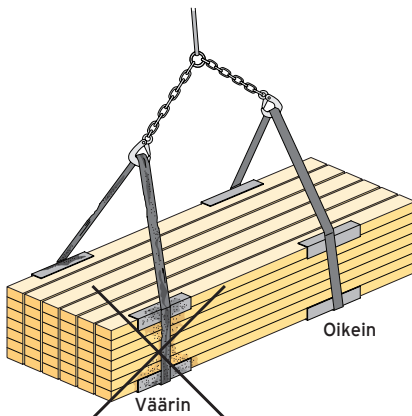
TAULUKKO 16
Esimerkki tiluserittelystä.
Liimapuun valmistajalla voi olla
ulkonäkölaadulle omia merkintöjä.



KUVA 98 Lyhytaikaista ulkovarastointia varten liimapuiset rakennusosat voidaan suojata esim. suojapeittein, jotka asetetaan puhtaisten tukien päälle siten, että niiden alle muodostuu riittävä tuuletus. Suojapeite ei saa ulottua maahan asti.



KUVA 99 Älä kävele pinnoilla, jotka jäävät asennuksen jälkeen näkyviin. Pidä liimapuu puhtaana.



KUVA 100 Käytä leveitä nostoliinoja nostaessasi osia nosturilla ja suojaa liimapuisten rakennusosien syrjät peltikulmin tai muilla kulmasuojilla välttääksesi nostojälkiä. Huolehdi että työkalut, nostoköydet ja muut nostovälineet ovat puhtaita.

Liimapuun käsittely - tarkistuslistoja

Liimapuun käsittely vaatii huolellisuutta, ja sillä on ratkaiseva vaikutus sekä rakenteiden valintaan että hankkeen kustannuksiin ja hankesuunnitteluun. Liimapuisten rakennusosien asentamiseen tarvitaan lähes aina jokin nostolaite, useimmiten autonosturi riittää.

Yleensä liimapuupalkit toimitetaan nipuittain tai yksitellen muoviin pakattuina. Pakkaus suojaa liimapuuta sateelta ja lialta kuljetuksen, varastoinnin ja asennuksen aikana.

Vastaanotettaessa

- Suunnittele asennus hyvissä ajoin ennen kuorman purkamista, jotta vältetään aikaa vieviltä siirroilta.
- Tarkasta että liimapuisten rakennusosien ja liitososien lukumäärä vastaa tilausta ja kuormakirjaa.
- Tarkasta että pakkaus on ehjä.
- Tarkasta toimitetut tavarat, kirjaa mahdolliset näkyvät vauriot. Vertaa lujuusluokkaa ja merkintöjä tilaukseen ja kuormakirjaan.
- Merkkää selvästi ja järjestelmällisesti yksittäiset liimapuuosat ja liitososat asennuksen helpottamiseksi.
- Poista mahdollinen kosteus pakkauksista viiltämällä ne alapuolelta auki.
- Tarkasta tarvittaessa kosteuspitoisuus muutamista liimapuista mittaamalla sähköisellä kosteusmittarilla.
- Tarkasta että liimapuu ei ole likaantunut.

Varastoitaessa

- Älä koskaan laita liimapuisia rakennusosia suoraan maata vasten.
- Käytä puhtaita vähintään 250 mm korkeita aluspuita, että saat aikaan hyvän tuuletuksen.
- Alustan pitää olla kuiva ja tasainen, etteivät liimapuiset rakennusosat vääny tai kuormitu vinosti.
- Käytä liimapuisten rakennusosien välissä välipuita, jotka sijoitetaan pystysuoraan riviin toistensa päälle.
- Suojaa ulkovarastoinnissa liimapuiset rakennusosat esimerkiksi suojapeitteillä, jotka asetetaan puhtaisten soirojen varaan niin että suojapeitteen alla on hyvä tuuletus. Suojapeite ei saa ulottua maahan asti.
- Vältä pitkäaikaista ulkovarastointia rakennuspaikalla.

Huom! Jos liimapuu on kostunut, niin sen pitää saada kuivua hitaasti halkeilemisen välttämiseksi. On kuitenkin normaalia, että halkeamia syntyy ensimmäisen vuoden aikana valmiissa rakennuksessa liimapuun kuivuessa. Pieniä halkeamia voi olla jo toimitettaessa.

Asennettaessa

- Käytä leveitä nostoliinoja nostaessasi osia nosturilla ja suojaa liimapuisten rakennusosien syrjät peltikulmin tai muilla kulmasuojilla välttääksesi nostojälkiä.
- Huolehdi että työkalut, nostoköydet ja muut nostovälineet ovat puhtaita.
- Älä kävele näkyviin jäävillä liimapuupinnoilla.
- Huolehdi rungon työnaikaisesta jäykistämisestä tuulta ja muita kuormia vastaan.
- Kiinnitä rakennusosat oikeaan asemaansa väliaikaisesti, kunnes tuuliristikot tai vastaavat on asennettu.
- Anna pakkauksen olla paikoillaan asennuksen jälkeen suojaamassa rakennusaikaiselta likaantumiselta ja sateelta.

Muuta

- Käyttö- ja huolto-ohjeet on saatavissa liimapuun valmistajilta
- Liimapuu voidaan pintakäsitellä kuten tavallinen puu, katso sivu 75.



KUVA 102

Tappivaarnaliitoksina tehtyjä niveliä, Universeum, Göteborg. (Åke E:son Lindman).



KUVA 103

Sateelta suojattu liimapuupilari, FMO Tapiola. (Ladec, ISOKuva Panu Rissanen).

VIITTEET

EN 301:2006: Adhesives, phenolic and aminoplastic, for load-bearing timber structures. Classification and performance requirements.

EN 1990: Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet.

EN 1991-1-3: Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-3: Yleiset kuormat. Lumikuormat.

EN 1991-1-4: Eurokoodi 1: Rakenteiden kuormat. Osa 1-4: Yleiset kuormat. Tuulikuormat.

EN 1995-1-1: Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-1: Yleiset säännöt ja rakennuksia koskevat säännöt.

EN 1995-1-2: Eurokoodi 5: Puurakenteiden suunnittelu. Osa 1-2: Yleistä. Puurakenteiden palomitoitus.

EN 14080:2013 Timber structures. Glued laminated timber and glued solid timber. Requirements.

EN 15425: Adhesives. One component polyurethane for load bearing timber structures. Classification and performance requirements.

EN ISO 1461: Valurauta- ja teräskappaleiden kuumasinkkipinnoitteet. Spesifikaatiot ja testausmenetelmät.

EN ISO 12944-2: Maalit ja lakat. Teräsrakenteiden korroosionesto suojamaaliyhdistelmillä. Osa 2: Ympäristöolosuhteiden luokittelu.



KUNINGAS- PALKKI LIIMAPUU

RAKENTEISIIN, JOISSA VAADIT-
TAAN PITKIÄ JÄNNEVÄLEJÄ
JA KAUNISTA ILMETTÄ.

WWW.METSAWOOD.FI/LIIMAPUU 

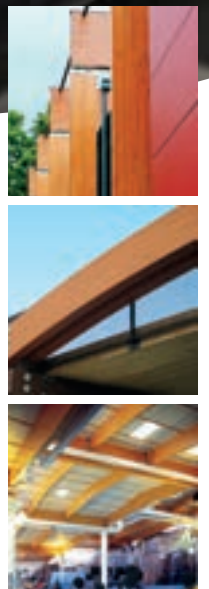


MetsäWood



Puuammattilaisen kumppani

Parhaat ratkaisut liimapuun kuultavaan
ja peittävään pintakäsittelyyn





Puuteollisuuden liimat ja pintakäsittelyaineet



Akzo Nobel Finland Oy
Wood Finishes and Adhesives
puh. 010 8419 500
www.akzonobel.com/wood/fi



PÖLKKY

PUURAKENTAMISEN MONITUOTEOSAAJA

Monipuolisesta PÖLKKY-tuoteperheestä löydät laajan valikoiman korkealaatuisia POLKKYgiant-liimapuutuotteita:

- liimapalkit
- liimapuupilarit
- halkaistu liimapuu
- lamellihirret
- maalatut verhouspaneelit julkisivuihin ja sisustukseen
- kyllästetyt liimapuutuotteet
- erikoistyötetyt liimapuutuotteet

Pölkyn erikoisosaaminen on käytössäsi – ota yhteyttä!



Pölkky Oy toimitti liimapuun ja muut puuosat Vantaan Kivistöön v. 2015 valmistuneeseen Euroopan suurimpaan puukerrostaloon.

SAWN

PANEL & FLOOR

FRAME

DECKS

COMPONENT

GIANT

FARM

BIOENERGY

PETS

STRONG WOOD
PÖLKKY

www.polkky.fi



JOULUPUKIN VIRALLINEN PUUTUOTTEIDEN TOIMITTAJA
JOULUPUKKISÄÄTIÖN YHTEISTYÖKUMPPANI





Late-Rakenteet Oy

Objektimyynti
puh. 020 755 1342
sales@late.net

PL 1 (Pansiontie 67)
20101 TURKU
puh. 020 755 1320
www.late.net

Vakiopalkkimyynti
puh. 020 755 1341
vakiopalkki@late.net

dynea.com



Your solution partner
for adhesive systems for load
bearing constructions and interior
wood applications



POHJOISMAINEN LIIMAPUUKÄSIKIRJA OSAT 1-3

Tämä eurokoodijärjestelmän mukaiseksi uudistettu liimapuukäsikirja korvaa aikaisemman vuonna 2003 julkaistun Liimapuukäsikirjan. Kirja on kolmiosainen ja se julkaistaan verkkojulkaisuna. Osa 1 julkaistaan myös painetussa muodossa.

Kirjojen pääasiallinen kohderyhmä on rakennuttajat, suunnittelijat, rakentajat ja opiskelijat. Osan 1 tarkoitus on antaa perustiedot liimapuun ominaisuuksista, valmistuksesta ja käytöstä rakentamiseen. Osassa 2 esitetään yksityiskohtaisemmin liimapuurakenteiden ja niiden liitosten suunnittelun perusteet. Osassa 3 esitetään tiivistetyssä muodossa mitoituksessa käytettävät yhtälöt, arvot ja suunnittelumenetelmät ja näiden käyttöä havainnollistetaan esimerkein.

Suomen Liimapuuyhdistys ry ja Puuinfo Oy