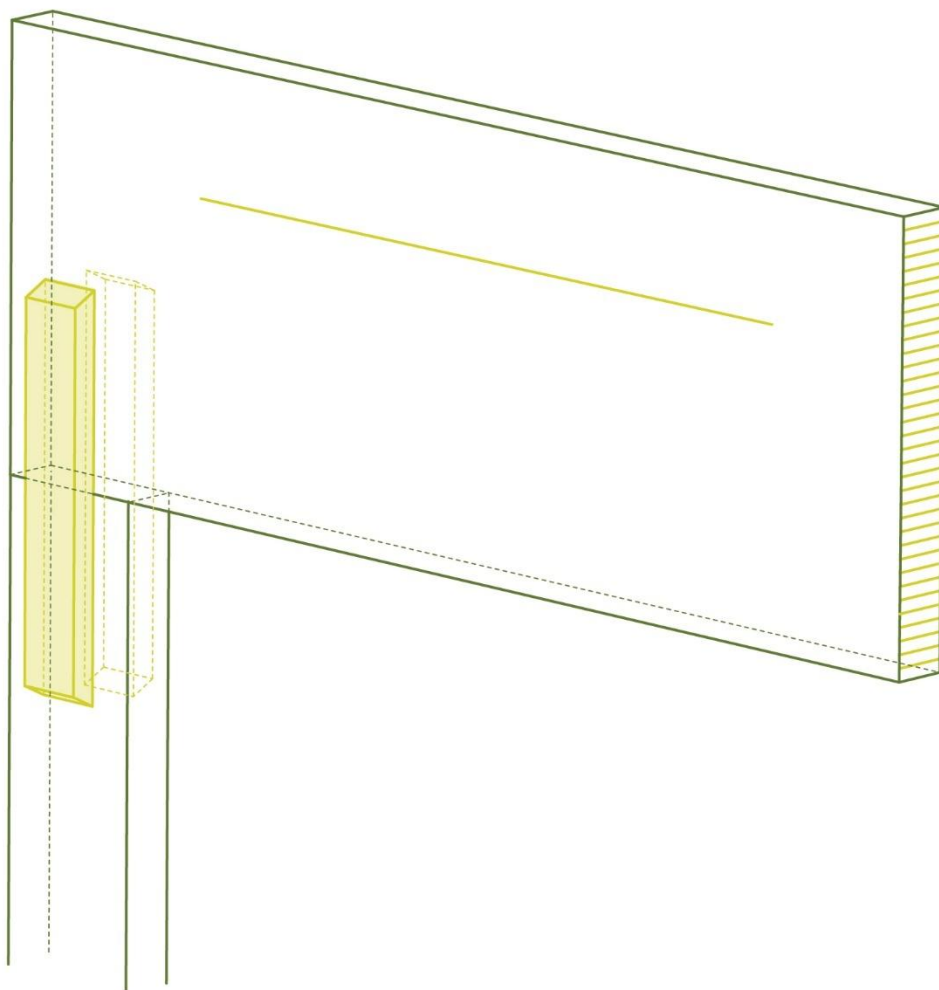


Ratkaisukortti – Hankolautaliitos

Versowood Oy

VW302 | FI1.0

5.5.2025



Sisällysluettelo

1	Yleiskuvaus	3
2	Liitoksen ominaisuudet.....	3
2.1	Rakenteellinen toiminta.....	4
2.2	Käyttöversiot	4
2.2.1	Hankolauta.....	5
2.2.2	Kiinnitysruuvaus	6
2.3	Liitoksen muokkaus	7
2.4	Käytön rajoitukset	7
2.5	Esivalmistus ja varustelu	8
3	Kestävyydet	8
3.1	Suunnitteluperusteet	8
3.2	Murtorajatilamitoitus	9
3.2.1	Liitosvoimat.....	9
3.2.2	Hankolauta.....	9
3.2.3	Kiinnitysruuvaus	9
3.3	Käyttörajatilamitoitus	10
3.4	Palotilannemitoitus.....	10
4	Suunnittelu.....	10
4.1	Suunnitteluohjeet ja -työkalut.....	10
4.2	Mallisuunnitelmat.....	11
4.3	Materiaaliluettelot.....	11
5	Asennus	11
6	Suunnittelun tukemme	12
6.1	Suunnittelutyökalut.....	12
6.2	Hyväksynät.....	12
6.3	Ohjeet	12
7	Ohjeen revisiot	12
8	Liitteet.....	12
A.	Hankolautaliitoksen mitoitus	13
A.1.	Mallilaskelma. Hankolautaliitos.	20
B.	Tuotantos suunnitelmamalli.....	26
C.	Liitosdetaljit.....	27
D.	Liitososakuvat.....	28

1 Yleiskuvaus

Tässä ohjeessa esitetään Versowood hankolautaliitoksen vakioratkaisun suunnittelun ja toteutuksen perusteet kohdesuunnittelun tueksi. Ohjeessa esitettävät menetelmät ja tarvikkeet ovat ensisijaisia toteutustapoja, ja muiden ratkaisujen toteutettavuus tuotannossa tulee varmistaa tapauskohtaisesti. Versowood hankolautaliitoksen toteutusratkaisu poikkeaa kansallisesta Halli-PES ohjeistuksesta sekä hankolaudan määrittämisestä kiinnikkeiden osalta.

Tässä ohjeessa esitetään liimapuupalkin ja -pilarin välisen liitoksen toteutus sekä viitataan ratkaisun muihin käyttömahdollisuuksiin. Ohjeessa esitettävää ratkaisua käytetään tyypillisimmin mastopilarijäykisteisissä kehissä, jossa palkki tukeutuu kehän suunnassa nivelellisesti pilarin päälle.

Hankolautaliitos on tavanomainen ja kustannustehokas tapa kiinnittää liimapuupalkki pilariin tai risteävän palkin päälle. Hankolauta toimii rakenneosien välisenä tukevana liitoksena, ja palkin pystykuormat välitetään pilarille erillisen mitoituksen mukaan, tarvittaessa hyödyntäen Versowood tukipintavahvistusohjetta.

Hankolautaliitos voidaan kohdesuunnittelussa yhdistää muihin Versowood liimapuuratkaisuihin, kuten tukipintavahvistukseen ja rakenteellisiin loviratkaisuihin.

Tässä ohjeessa käytettävät liimapuun ominaisuudet ja toleranssit esitetään Versowood Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus -ohjeessa.

Tässä ohjeessa esitetään suunnittelun ohjeita toteutuksen tueksi. Toimituskohteen vastuulliset suunnittelijat vastaavat ohjeen vaatimusten toteutumisesta toteutuskohteessa.

2 Liitoksen ominaisuudet

Hankolautaliitos koostuu liimapuupalkin ja -pilarin lisäksi liimapuisesta hankolaudasta ja kiinnitysruuveista kuvan 2.1 mukaan.

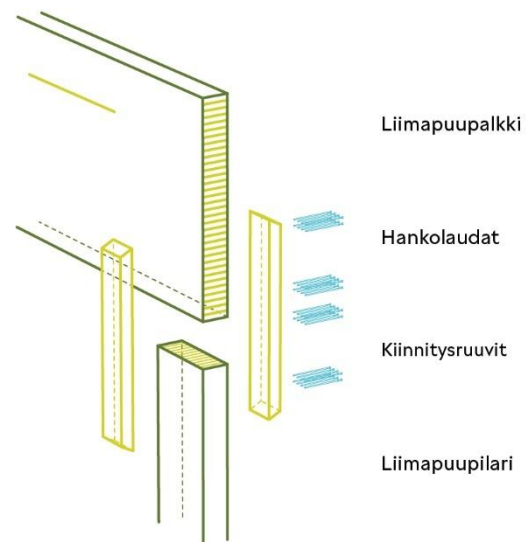
Liitos toimii palkin pituussuunnassa nivelenä ja sivuttaissuunnassa momenttijäykkänä liitoksena. Momenttijäykkyys huomioidaan pilarin mitoituksessa käyttämällä pilarin pituutena palkin tukikorkeuden yläpinnan etäisyyttä pilarin juuresta.

Hankolaudat muodostavat asennustilanteessa palkin sivuttaistuennan, eikä asennustilanteessa tarvita erillistä tuentaa.

Hankolauta soveltuu käytettäväksi R30 ja R60 paloluokissa ilman merkittäviä lisätehtäviä tai -suojuuksia.

Hankolaudat kiinnitetään tehtaalla pilarin molemmiin puolin. Toteutussuunnittelussa varmistetaan asennuksessa tarvittavat toleranssit erityisesti hankolautojen keskinäisen välin osalta. Liitoksen lopullinen kiinnitys asennuksessa tehdään ruuvaamalla hankolaudat palkkiin hankolaudassa olevien esiporauksien mukaan.

Vakiomittainen hankolauta on useimmissa käyttötilanteissa pituussuunnassa epäsymmetrinen liitospinnan yli, joka huomioidaan mitoittavien kuormitusten määrittämisessä.



Kuva 2.1 Liitoksen osat

2.1 Rakenteellinen toiminta

Hankolautaliitokseen kohdistuvat ulkoiset voimat määritetään kohdekohtaisesti, jonka lisäksi liitoksen mitoituksessa tarkastetaan palkin asennustoleranssin mukaisesta vinoudesta aiheutuva vääntö sivusuunnassa.

Rakennuksen pituussuuntaiset jäykistysvoimat ja rakennejärjestelmästä aiheutuva lisävaakavoima tulee ensisijaisesti hallita rungon jäykistysjärjestelmällä, mutta voidaan huomioida lisäkuormana hankolautaliitoksen sivusuunnassa erillisenä voimasuurena ($F_{1,d}$) palkin yläpinnassa.

Liitoksen sisäiset voimat hankolaudalle ja ruuveille määritetään ulkoisten voimien ja liitoksen geometrian perusteella. Mitoitustarkastelun lähtökohtana on Versowood vakiohankolauta ja vakioruuvien ruuvausryhmä, joita muokataan tarvittaessa ohjeessa esitettävien keinoin kohdekohtaiseksi ratkaisuksi.

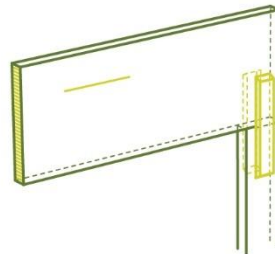
Hankolaudan korkoasema määräytyy liitoksen ylimmän ruuviryhmän mukaan, joka sijoitetaan n. 1/3 palkin tukikorkeuteen liitospinnasta, eli pilarin päästä. Hankolauta sijoitetaan liitoksessa keskeisesti pilarin sivuilla samaan linjaan mahdollisen tukipintavahvistuksen paineentasauslevyn kanssa.

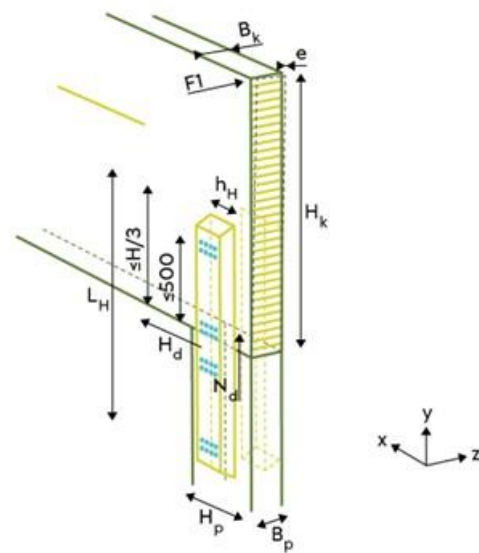
Hankolaudan ruuviryhmien kohtisuoraan syynsuuntaan keskinäinen etäisyys palkissa tulee olla enintään 500 mm kuivamiskutistumasta aiheutuvasta halkeamisriskistä johtuen. Suurilla tukipintapituuksilla palkin pitkän jännevälin taipumasta aiheutuvasta tukikiertymästä johtuvaa halkeamariskiä voi pienentää sijoittamalla hankolauta pilarin jännevälin puoleiseen reunaan kohdesuunnittelijan harkinnan mukaan.

2.2 Käyttöversiot

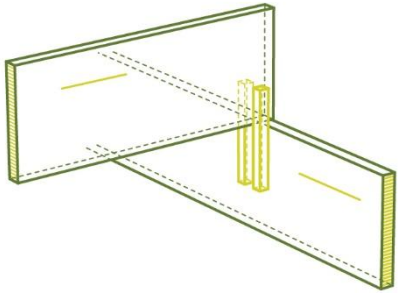
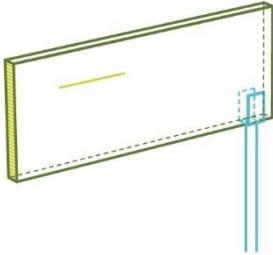
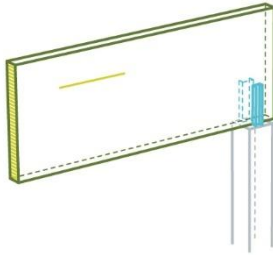
Taulukossa 2.1 esitetään hankolautaliitoksen tavanomaisia käyttötapoja ja ominaisuuksia.

Taulukko 2.1. Hankolautaliitoksen tavanomaisia käyttötapoja

Käyttötapa	Kuva
Hankolautaliitokset	
Liimapuupalkin liitos liimapuupilariin Hankolauta 90x225-L1400-GL30c	



Kuva 2.2 Liitoksen mittatiedot ja ulkoiset kuormitukset

Liimapuupalkkien välinen liitos ○ Hankolauta 140x140-L1400-GL30c	
Liimapuupalkin liitos teräspilariin ○ Haarukka teräspilarissa kohdekohtaisen suunnitelman mukaan ○ Mitoitusperiaatteet kuten liimapuupilariliitoksessa	
Liimapuupalkin liitos betonipilariin ○ Teräshaarukka betonipilaripäädyn kiinnityslevyyn kohdekohtaisen suunnitelman mukaan ○ Mitoitusperiaatteet kuten liimapuupilariliitoksessa ○ Myös betonihaarukka mahdollinen	

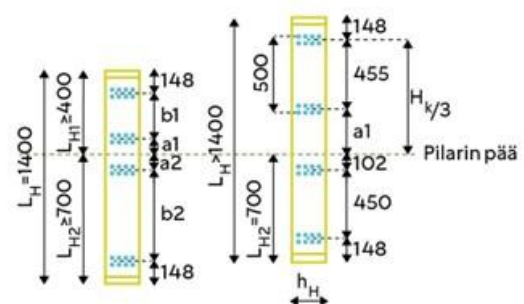
2.2.1 Hankolauta

Vakiohankolauta valmistetaan kohdekohtaisen suunnitelman mukaan esityöstetystä 90x225-L1400 ahiosta. Suuremmasta palkkidimensiosta tai pidemmät hankolaudat valmistetaan standardipalkeista kohdekohtaisesti.

Kuvassa 2.3 esitetään liimapuupalkin liitoksessa liimapuupilariin käytettävän hankolaudan mittatiedot.

Vakiohankolaudan korkeusasema liitoksessa määrittyy ylimmän ruuviryhmän etäisyyden mukaan liitospinnasta, eli pilarin päästä, jonka tulee olla n. $H_K/3$. Kiinnityskorkeudella ja palkkiin työmaalla kiinnitettävien ruuviryhmien keskinäisetäisyyden (b_1) rajoittamisella 500 mm:iin ehkäistään liimapuun halkeamista tuella kosteusmuodonmuutoksesta tai palkin taipuman aiheuttamasta kiertymästä johtuen.

Palkin tukikorkeuden H_K ja hankolaudan kiinnityspituuden L_{H1} palkissa suhde-ehto on likimääräinen, ja ensisijaisesti liitos mitoitetaan vakiohankolaudan mukaan riippumatta palkin tukikorkeudesta. Taulukossa 2.2 esitetään eri korkuisten hankolautojen mittatiedot



Kuva 2.3 Hankolaudan mittatiedot

ja tavanomaiset palkin tukikorkeudet, kun hankolautaliitoksen mitoitus edellyttää käyttämään 1 400 mm vakiohankolautaa pidempiä hankolautoja.

Pilarin ja palkin ollessa eri paksuisia työstetään hankolaudan takapintaan tarvittava loveus liitospintojen sovittamiseksi. Tuotantosuunnittelussa huomioidaan hankolautojen välissä palkin asennusvara + 2 mm palkin paksuuden lisäksi.

Taulukko 2.2. Hankolaudan mittatiedot. Hankolauta 90x225-GL30c.

Palkin tukikorkeus H_K	$H_K/3$	Hankolaudan pituus	
		L_H	$L_{H1} + L_{H2}$
Hankolaudan mittatiedot [mm]			
≤ 750	252	1 400	400 + 1 000
n.1 650	552	1 400	700 + 700
n.1 950	652	1 500	800 + 700
n.2 250	752	1 600	900 + 700
n.2 550	852	1 700	1 000 + 700
Hankolaudan mitoitus tarkastetaan aina ensin vakiopituudella $L_H = 1\,400$ mm riippumatta palkin tukikorkeudesta H_K . Mitoituksen mukaan pidemmät hankolaudat 100 mm pituusporrastuksin.			

Hankolaudan mallivalmistussuunnitelma esitetään liitteessä D. Kohdekohtaisina työstöinä esitetään ruuviryhmän reikäporaukset ja tarvittaessa takapinnan loveus.

2.2.2 Kiinnitysruuvaus

Hankolaudan kiinnittämisessä käytetään osakierteisiä uppokantaruuveja. Tässä ohjeessa esitettävät ratkaisut on määritetty Versowood vakioruuvitoimittajan mukaisesti.

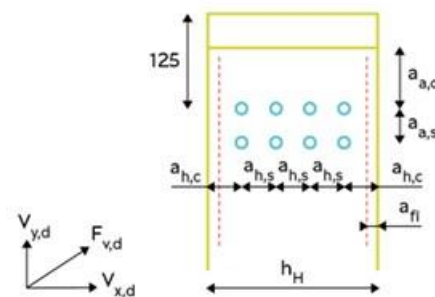
Hankolaudan kiinnitys tehtaalla pilariin ja työmaalla palkkiin tehdään kuvan 2.4 mukaisella ruuviryhmällä, jonka mittatiedot esitetään taulukossa 2.3.

Taulukossa esitetään vakimuotoisen 2x4 kpl ruuviryhmän reuna- ja keskinäisetäisyydet eri palotilanteissa. Mitoituskuorman edellyttämän ruuvimäärän kasvaessa keskinäisetäisyyksiä rivillä pienennetään.

Vähimmäisetäisyyksillä lisäruuvit sijoitetaan ensisijaisesti kolmanteen riviin ruuviryhmässä, jonka jälkeen tutkitaan leveämmän hankolaudan käyttämistä ruuvimäärän sovittamiseksi.

Palotilanteessa ruuvien vähimmäisreunaetäisyys kasvaa hiiltymän suojaetäisyyden takia, joka huomioidaan keskinäisetäisyyksien pienentämisellä, tai liitoksen kapasiteetti palotilanteessa tarkastetaan tehollisten ruuvien määrällä vähentämällä suoja- ja reunaetäisyydelle jäävät ruuvit.

Taulukossa esitettävissä ruuvien vähimmäisetäisyyksissä on huomioitu liitoksen resultanttikuorman $F_{v,d}$ [kN] epäedullisimman suuntakulman vaikutus, jota voi tarvittaessa kohdekohtaisessa mitoituksessa tarkentaa ruuvivalmistajan mitoitusohjelman avulla.



Kuva 2.4 Ruuviryhmän mittatiedot

Taulukko 2.3. Ruuviryhmän mittatiedot hankolautaliitoksessa.
Hankolauta 90x225-GL30c

	Suoja- etäisyys a_{fi}	Reuna- etäisyys $a_{h,c}$	Keskinäis- etäisyys $a_{h,s}$	Keskinäis- etäisyys $a_{a,s}$	Pääty- etäisyys $a_{a,c}$
Ruuvin vähimmäisetäisyydet [mm]					
R6,0x160		7d ¹⁾ ≥ 42 mm	4d ¹⁾ ≥ 24 mm	5d ≥ 30 mm	12d ≥ 72 mm
Ruuviryhmän etäisyydet palotilanteissa [mm]					
RO	0,0 mm	52,5 mm (24 mm)	40 mm (24 mm)	45 mm (30 mm)	80+45 =125 mm
R30	15,8 mm	60 mm (58 mm) ²⁾	35 mm (24 mm)		
R60 ^{3) 4)}	47,3 mm	60 mm (90 mm) ²⁾	35 mm (24 mm)		
Kiinnitysruuveina käytetään Versowood vakioitoimittajan ruuveja. Reuna- ja keskinäisetäisyys vakioruuviryhmän mukaan (vähimmäisetäisyydet suluissa).					
1) Ruuvien vähimmäisetäisyyksissä huomioitu resultanttikuorman suuntakulman epäedullinen vaikutus.					
2) Palotilanteessa vähimmäisreunaetäisyys teholliselle ruuville.					
3) Reunaruuvit eivät toimi palotilanteessa, tehollisten ruuvien tarkastelu					
4) Suojaverhousoiro R60 palotilanteessa					

2.3 Liitoksen muokkaus

Hankolautaliitosta voidaan soveltaa monin tavoin puurakenteisten rakenneosien liitoksissa sekä liimapuupalkkien liitoksissa betoni- ja teräspilareihin. Kohdesuunnittelija määrittää sovellusratkaisut sekä vastaa tarvittavista tarkasteluista tässä ohjeessa esitettävien perusteiden mukaisesti.

Kohdekohtaisissa ratkaisuissa poikkeavat hankolaudan dimensiot määritetään ensisijaisesti Versowood standardipalkkien mukaan, tai pienillä hankolautoilla 48 mm C24 sahatavaradimensioina.

Käytettäessä teräksisiä hankolautoja tai haarukoita on suositeltavaa toteuttaa kiinnitykset soikeilla rei'illä kutistumisjännitysten välttämiseksi, jolloin hankolaudan yläreuna voidaan myös nostaa korkeammalle liittyvässä liimapuupalkissa.

Hankolautaliitoksissa käytetään aina itseporautuvia ruuveja halkeamisen estämiseksi. Kansiruuvien käyttöä ei suositella.

2.4 Käytön rajoitukset

Hankolautaliitos soveltuu käytettäväksi kaikissa käyttöluokissa, kun liimapuurakenteet pintakäsittellään käyttöluokan mukaisesti ja kosteudenhallinnassa noudatetaan Versowood liimapuutoimituksen kosteudenhallintaohjetta.

Käyttöolosuhteiden ollessa toistuvasti tai jatkuvasti yli 30 °C tai tasaantumiskosteuden ollessa alle 9 %, tulee kohdesuunnittelijan huomioida liimapuudimension ja liitoksen mitoituksissa kuivamishalkeamien vaikutus kapasiteetteihin, sekä mahdollistaa tarvittavat kuivumiskutistuman liikkeet kiinnityksissä.

Eriyiset käyttöolosuhteet tulee käsitellä liimapuutoimituksen kaupallisessa vaiheessa ja merkitä suunnitelmissa.

Liitos on suunniteltu staattisille kuormille. Toimituskohteen suunnittelija vastaa dynaamisten kuormitusten, jatkuvan sortuman ja muiden poikkeustilanteiden mitoituksesta ja suunnittelemisesta.

2.5 Esivalmistus ja varustelu

Hankolaudat kiinnitetään tehtaalla kohdekohtaisen tuotantosuunnitelman mukaan. Uppokantaruuvit kiinnitetään liimapuun pinnan tasalle, jonka lisäksi hankolaudan ja pilarin välissä on työtekkinen liimaus.

Hankolaudat muokataan työstökeskuksella vakioaihioista kohdekohtaisen suunnitelman mukaan.

Varustelu tehdään ennen liimapuun mahdollista pintakäsittelyä.

Esivalmistuksen toteutustoleranssit esitetään Versowood Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutusohjeessa. Kohdesuunnittelussa tulee huomioida toleranssien vaikutus liimapuurakenteen tai varusteluosan toteutukseen.

3 Kestävyydet

Hankolautaliitoksen kestävyysominaisuudet määritetään suunnittelustandardin EN 1995 (Eurokoodi 5, puurakenteet) ja kansallisen puurakenteiden suunnitteluohjeen RIL 205, sekä valitun kiinnikevalmistajan ETA hyväksynnän menetelmin.

Tässä kappaleessa esitetään hankolautaliitoksen suunnittelun perusteet ja mitoituksen ohjeet. Kohdekohtaisesti muokattujen hankolautojen suunnittelussa tulee noudattaa tässä esitettyjä määrittämiä.

Toteutuskohteen vastaava rakennesuunnittelija tarkastaa toteutussuunnittelussa tässä ohjeessa esitettyjen kestävyysmitoituksen perusteiden toteutumisen.

3.1 Suunnitteluperusteet

Liitoksen suunnittelussa huomioidaan taulukoissa 3.1 ja 3.2 esitettyjen materiaalien, toteutusluokkien sekä standardien ja ohjeiden vaatimukset.

Taulukko 3.1. Liitoksen materiaalit ja toteutus

Määrittäminen	Kuvaus
Materiaalit ja toteutus	
GL30c	Liimapuun lujuusluokka
TL3	Toteutusluokka, puurakenteet (Versowood liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus)

Taulukko 3.2. Liitoksen suunnittelussa noudatettavat standardit ja ohjeet

Standardi/ohje	Kuvaus
Suunnittelu	
SFS-EN 1995	Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu.
RIL 205	Puurakenteiden suunnitteluohje (Eurokoodi 5)
Liimapuu	
EN 14080	Puurakenteet. Liimapuu ja liimattu sahatavara. Vaatimukset
Puurakenteiden toteutus	
SFS 5978	Puurakenteiden toteuttaminen. Rakennuksen kantavia rakenneosia koskevat säännöt.

Kiinnikkeet	
ETA12/0024	E.u.r.o. Tec GmbH Ruuvin ETA hyväksyntä EAD 130118-01-0603 mukaan. (Versowood vakioruuvitoimittaja)

Liimaamalla tehtävien kiinnitysten suunnittelun perusteet esitetään *Versowood – liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeessa.

Versowood *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* -ohjeessa esitetään käytettävän liimapuun ominaisuudet ja toleranssit sekä laadunvalvonnan perusteet.

3.2 Murtorajatilamitoitus

Kohdesuunnittelija määrittää hankolautaliitoksessa käytettävän hankolaudan ja ruuviryhmät liitokseen kohdistuvien ulkoisten kuormitusten perusteella määritettävien liitoksen sisäisten voimien mukaan.

Hankolautaliitos on rakennusosia sivuttaissuunnassa tukeva liitos, jossa palkin tukikuorma siirtyy suoraan pilarille tukipinnan kautta.

Hankolautaliitoksen sisäisten voimien sekä hankolaudan ja ruuviryhmän mitoituksen laskenta-kaavat ja mallilaskelma esitetään liitteessä A.

3.2.1 Liitosvoimat

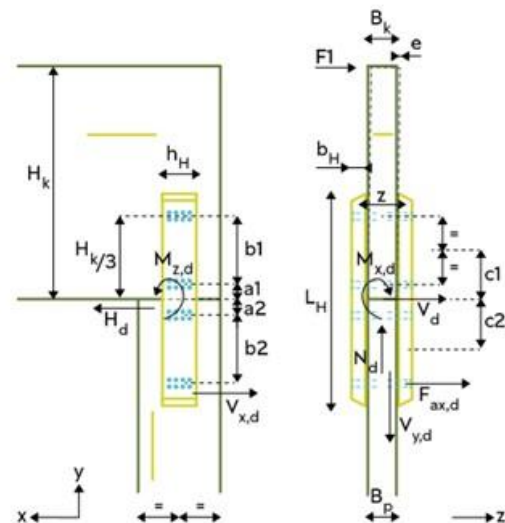
Ulkoisten kuormien ja palkin asennustoleranssin mukaisen epäkeskisyyden perusteella määritettävät liitoksen sisäiset voimat tarkastellaan liitospinnan, eli pilarin pään mukaan.

Kuvassa 3.1 esitetään liitoksen mittatiedot ja määritettävät voimat kestävyystarkastelua varten.

Liitospinnan mukaan epäsymmetristen hankolautojen liitosvoimat tarkastetaan sekä pilarin, että palkin puoleisilta osilta määräävien mitoitusvoimien määrittämiseksi.

Ruuviryhmien sijoituksen mukaisen painopisteen (c) momentti ja ruuviryhmän kapasiteetti ovat tavanomaisesti keskeiset mitoittavat suuret liitoksen tarkastelussa.

Asennustoleranssin mukainen suurin sallittu epäkeskeisyys (e) palkin korkeudella on 12 mm.



Kuva 3.1 Liitosvoimat ja mittatiedot

3.2.2 Hankolauta

Hankolaudan leikkauskestävyys tarkastetaan liitoksen molemmiin suuntaisille leikkausvoimille ja taivutuskestävyys liitoksen molemmiin suuntaisille momenteille. Veto- ja puristuskestävyydet tarkastetaan kahden ruuviryhmän leikkauskuormalle sekä yhdistettyjen jännitysten tarkasteluna määräävän taivutuskestävyyden kanssa.

3.2.3 Kiinnitysruuvaus

Hankolautojen kiinnitys tarkastellaan yhden ruuviryhmän mitoituksella. Taulukossa 2.3 esitetään ruuvauksen reuna- ja keskinäisetaisyydet, jotka huomioidaan mitoituksessa.

Ohjeen liitteen A laskentaesimerkki on laadittu Versowood vakioruuvitoimittajan ETA 11/0024 (Eurotec) hyväksynnän mukaan uppokantaiselle osakierreruuville Paneltwistec.

Ruuvien mitoituksessa suositellaan käytettäväksi vakioruuvitoimittajan laskentaohjelmistoa tapauskohtaisen kapasiteetin ja reunaehtojen tarkastamiseksi.

3.3 Käyttörajatilamitoitus

Hankolautaliitokselle ei tehdä liitossiirtymätarkastelua.

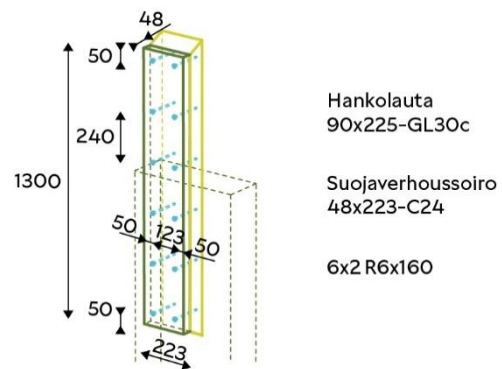
Hankolaudan kiinnitys palkissa kohtisuoraan syynsuuntaan huomioidaan liitoksen suunnittelussa hankolaudan korkeusaseman rajoittamisessa 1/3 palkin tukikorkeudesta ja ruuviryhmien enintään 500 mm etäisyydellä. Kohdesuunnittelija voi harkinnan mukaan soveltaa esitettyjä mitoituskriteerejä.

3.4 Palotilannemitoitus

Palotilannesuunnittelussa tarkastetaan ruuviryhmän kapasiteetti palotilanteen kuormille. Hankolaudan hiiltymä huomioidaan reunaetäisyyksiä kasvattavalla suojaetäisyydellä a_{fi} [mm].

Palotilanteessa teholliset ruuvit sijoitetaan suoja- ja reunaetäisyyden päähän hankolaudan reunasta ja osa murtorajatilanteen ruuveista voidaan jättää huomioimatta.

Yksinkertaistetussa palotilannetarkastelussa kaikki murtorajatilanteen ruuvit sijoitetaan suoja- ja reunaetäisyyden päähän hankolaudan reunasta.



Kuva 3.2 Hankolaudan R60 palosuojaus

R30 palonkestoajalla ruuvikantojen suojaukseksi riittää uppokantaruuvien asentaminen liimapuun pinnan tasaan. R60 palonkestoajalla ruuvit suojataan kuvan 3.2 mukaisella suojaverhoussoirolla.

Mahdollinen palosuojakäsittely B-luokkaan ei vaikuta palomitoitukseen.

4 Suunnittelu

Hankolautaliitosta voidaan soveltaa erilaisissa kohdekohtaisissa ratkaisuissa tässä ohjeessa esitetävän liimapuupalkin ja -pilarin välisen liitoksen periaatteita noudattaen.

Liitoksen geometria sovitetaan kohdesuunnittelussa palkin korkeuden sekä palkin ja pilarin paksuuksien mukaan hyödyntäen tässä ohjeessa esitettyä vakiohankolaudan mittatietoja. Hankolauta-aihiot työstetään kohdekohtaisen suunnitelman mukaan työstökeskuksella, jolloin eri tasoissa olevat liitospinnat ja toleranssi huomioidaan liitteessä D esitetävän hankolaudan mallisuunnitelman mukaisesti.

Hankolaudan toteutus esitetään pilarin tai muun liitoksessa tukipinnan muodostavan rakenneosan tuotantosuunnitelmassa liitteen B mallituotantosuunnitelman mukaisesti. Hankolautaliitoksen kanssa usein käytettävän liimapuupalkin tukipintavahvistuksen paineentasauslevy asennetaan samaan linjaan hankolaudan kanssa.

Toteutussuunnitelmien laatimisessa varmistetaan erityisesti hankolautojen keskinäisen välin toleranssin toteutuminen palkin asentamiseksi, sekä mitoituksen mukaisten ruuviryhmien esiporausten esittäminen suunnitelmissa.

4.1 Suunnitteluohjeet ja -työkalut

Liitoksen suunnittelu ja mitoitus tehdään tämän ohjeen mukaisesti noudattaen Versowood *Liimapuurakenteiden suunnitteluohjetta*. Kaikki ohjeet ovat ladattavissa osoitteessa Versowood.fi.

Liitoksen Tekla Structures mallinnustyökalu on ladattavissa Tekla Warehouse palvelusta, jossa on myös työkalun käyttöohjeet. Tietomallintamisessa tulee noudattaa Versowood *tietomallinnusohjeen* mukaista numerointia ja tietosisältöjä.

4.2 Mallisuunnitelmat

Ohjeen liitteenä esitetään mallisuunnitelmat liitoksen esittämisestä liimapuurakenteen kokoonpanosuunnitelmassa sekä liitoksen rakennedetaljista kohdesuunnittelua varten. Mallisuunnitelmat eri tiedostomuodoissa on ladattavissa osoitteessa Versowood.fi.

Ohjeessa esitetty ratkaisu suunnitteluperusteineen on voimassa noudatettaessa mallisuunnitelmissa esitettyä toteutustapaa materiaaleineen.

Hankolautaliitoksen yhdistäminen tukipintavahvistukseen tai loviliitokseen esitetään Versowood ratkaisukorteissa. Kohdekohtaisissa ratkaisuissa tulee noudattaa ratkaisukorttien mukaisia toteutustapoja.

4.3 Materiaaliluettelot

Kokoonpanoista ja tarvikkeista laaditaan elementti- ja materiaaliluettelot noudattaen Versowood *tietomallinnusohjeessa* esitettyjä malleja tietosisältöineen. Kohdekohtaiset, tehdasasennetut ja työmaatarvikkeet erottelevat luettelot on helppo laatia Tekla Structures ohjelman Versowood mallinnustyökaluilla ja luettelopohjilla.

5 Asennus

Liimapuupalkki asennetaan työmaalla hankolautojen väliin yläpuolelta laskemalla. Hankolaudat muodostavat asennusaikaisen sivuttaistuennan, eikä tuella tarvita erillisiä asennusaikaisia tukia.

Liimapuupalkin asennustoleranssien mukainen sijainti ja pystysuoruus tarkastetaan ja tarvittaessa korjataan asennustilanteessa. Liitoksen lopullinen kiinnitys tehdään asennuksen aikana kiinnittämällä hankolaudan yläosan esiporattuihin reikiin palkkiin tulevat puuruuvit.

Liimapuurakenteiden asennus- ja käsittelyohjeita esitetään yleisellä tasolla liimapuutoimituksen ”Liimapuurunkoisen hallin asennus” ohjeessa.

Toteutuskohteen liimapuurakenteiden asennuksesta vastaava työnjohtaja laatii asetusten edellyttämät asennus- ja nostosuunnitelmat sekä vastaa niiden toteutuksesta.

6 Suunnittelun tukemme

Versowood kehittää jatkuvasti liimapuuratkaisuja ja niihin liittyvää ohjeistusta suunnittelun ja toteutuksen tueksi. Liimapuumateriaalitiedon ja suunnittelun yleisten ohjeiden lisäksi tarjotaan yleisimpien liinapuuratkaisujen suunnitteluohjeet sujuvan toteutuksen työkaluiksi.

Tutustu ohjeiden päivityksiin ja uusiin ohjeisiin osoitteessa

Versowood.fi/fi/puurakentaminen

6.1 Suunnittelutyökalut

Yleisimmille liimapuurakenneratkaisuille tarjotaan mallinnustyökalut ja käyttöohjeet ladattavaksi Tekla Warehouse palvelusta.

6.2 Hyväksynnät

Liimapuutuote CE merkitään harmonisoidun tuotestandardin EN 14080 mukaan. Merkintä tehdään sertifiointilaitosten myöntämien tuotantoyksikkökohtaisten laadunvalvonnan vaatimuksenmukaisuustodistusten pohjalta. Liimapuun keskeiset ominaisuudet esitetään suoritustasoilmoituksessa (DoP), joka on ladattavissa osoitteessa Versowood.fi/dop.

Liimapuutuotteiden laadunvarmennuksen hyväksynnät esitetään Versowood *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* asiakirjan liitteessä A – Laadunvalvontaseloste.

6.3 Ohjeet

Tämän ohjeen rinnalla suosittelemme tutustumaan yleisiin liimapuurakenteiden ohjeisiin.

ohje	sisältö
HallIPES	Suurten jännevälien avoin puuelementtistandardi (Puuinfo.fi) ○ Hankolautaliitos

Tämän ohjeen rinnalla suosittelemme tutustumaan liittyviin Versowood ohjeisiin.

ohje	sisältö
VW101	Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus
VW201	Liimapuurakenteiden suunnitteluohje (julkaisu 8/2025)
VW207	Suunnitteluohje – Tukipintavahvistus
	Liimapuurunkoisen hallin asennus

7 Ohjeen revisiot

versio	päiväys	muutos, täydennys
1.0	5.5.2025	Ensijulkaisu

8 Liitteet

- A. Hankolautaliitoksen mitoitus
- B. Tuotantosuunnitelmamalli
- C. Liitosdetaljit
- D. Liitososakuvat

A. Hankolautaliitoksen mitoitus

Tässä liitteessä esitetään laskentakaavat ja käytettävät mitoituksen lähtötiedot tämän ohjeen mukaisen hankolautaliitoksen mitoittamiseksi. Mitoituksen laskentakaavat ovat voimassa, kun ohjeen taulukossa 2.3 esitettävät reuna- ja keskinäisetäisyydet toteutuvat.

Liitoksessa ulkoset kuormitukset siirretään palkilta hankolautojen välityksellä pilarille muodostaen palkin sivusuunnassa momenttijäykän liitoksen ja palkin pituussuunnassa nivelliitoksen.

Kuormitukset

Kohdesuunnitteliija määrittää hankolautaliitoksen mitoittamiseksi tarvittavat voimasuureet rungon eri kuormitustilanteissa. Liitoksen mitoitus tarkastelu tehdään mitoittavilla kuormitustapausten voimasuureyhdistelmillä. Liitos mitoituksessa tarvittavat voimasuureet:

Mitoituksen kuormituslähtötiedot:

N_d	palkin tukireaktio murtorajatilassa [kN]
H_d	palkin suuntainen vaakavoima [kN]
F_1	sivusuuntainen kuormitus palkin ylälaitaan [kN]

Liitosvoimat

Palkin epäkeskisyydestä ja palkin ylälaidan kuormituksesta aiheutuva sivusuunnassa vaikuttava momentti M_d [kNm] lasketaan kaavalla:

$$M_d = N_d * e + F_1 * H_k$$

, jossa
e epäkeskisyyks [0,0012 m]
H_k palkin tukikorkeus [m]

Palkin epäkeskisyydestä ja palkin ylälaidan kuormituksesta aiheutuva sivusuunnassa vaikuttava leikkausvoima V_d [kNm] lasketaan kaavalla:

$$\alpha = \max \left\{ \tan^{-1}(e/H_k), 0,50^\circ \right\}$$

$$V_d = N_d * \sin \alpha + F_1$$

, jossa
α epäkeskisyydestä aiheutuva kulma [°] (laskennassa vähintään 0,50°)

Hankolaudan mitoitus tarkastetaan molempiin suuntiin liitospinnasta pilarin päässä. Liitosgeometrian mukaiset etäisyydet esitetään ohjeen kuvassa 3.1.

Hankolautaan vaikuttavat momentit $M_{i,d}$ [kNm] lasketaan kaavoilla:

$$M_{x,d} = \frac{V_d * c1}{n_H} - \frac{V_d * b1}{n_H * n_R}$$

$$M_{z,d} = \frac{H_d * c1}{n_H} - \frac{H_d * b1}{n_H * n_R}$$

$M_{x,d}$ $M_{z,d}$	, jossa $b1, b2$ ruuviryhmien välinen etäisyys [mm] $c1, c2$ ruuviryhmien painopisteen etäisyys liitospinnasta [mm] n_H hankolautojen määrä [kpl] n_R ruuviryhmien määrä/hankolaudan puolisko [kpl] e epäkeskisyyss [0,0012 m] $M_{x,d}$ momentti palkin pituussuuntaisen akselin ympäri [kN] $M_{z,d}$ momentti palkin sivusuuntaisen akselin ympäri [kN]
------------------------	---

Hankolautaan vaikuttavat leikkausvoimat $Q_{i,d}$ [kN] lasketaan kaavoilla:

$$Q_{x,d} = \frac{H_d}{n_H}$$

$$Q_{z,d} = \frac{V_d}{n_H}$$

$Q_{x,d}$ $Q_{z,d}$	, jossa $Q_{x,d}$ leikkausvoima palkin pituussuunnassa [kN] $Q_{z,d}$ leikkausvoima palkin sivusuunnassa [kN]
------------------------	---

Hankolaudan kiinnitysruuviryhmän leikkausvoima $V_{i,d}$ [kN] lasketaan kaavoilla:

$$z = B_K + b_H$$

$$V_{y,d} = \frac{M_d}{z * n_R}$$

$$V_{x,d} = \frac{H_d}{n_H * n_R} + \frac{H_d * c1}{n_H * b1}$$

z B_K b_H $V_{y,d}$ $V_{x,d}$	, jossa z hankolautojen keskilinjien etäisyys [mm] B_K palkin paksuus [mm] b_H hankolaudan paksuus [mm] $V_{y,d}$ leikkausvoima hankolaudan pituussuunnassa [kN] $V_{x,d}$ leikkausvoima hankolaudan sivusuunnassa [kN]
---	--

Kiinnitysruuviryhmän mitoittava resultanttivoima $F_{v,d}$ [kN] lasketaan kaavalla:

$$F_{v,d} = \sqrt{V_{y,d}^2 + V_{x,d}^2}$$

$F_{v,d}$	, jossa
-----------	---------

Kiinnitysruuviryhmän ulosvetovoima $F_{ax,d}$ [kN] lasketaan kaavalla:

$$F_{ax,d} = \frac{\frac{V_d * c1}{b1} + \frac{V_d}{n_R}}{n_H}$$

$F_{ax,d}$	, jossa
------------	---------

Hankolaudan mitoitus

Hankolaudan poikkileikkaus mitoitetaan liitosvoimien ja -geometrian mukaan käyttäen liimapuun materiaaliosavarmuuskerrointa.

Hankolaudan pituussuuntainen vetojännitys $\sigma_{t,0,d}$ [N/mm²] ja vetolujuus syynsuunnassa $f_{t,0,d}$ [N/mm²] murtorajatilassa lasketaan kaavoilla:

$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{t,0,k}}{\gamma_M}$ $\sigma_{t,0,d} = \frac{2 * V_{y,d}}{b_H * h_H} \leq f_{t,0,d}$	, jossa k_{mod} aikaluokkakerroin γ_M liimapuun materiaaliosavarmuuskerroin (1,25) $f_{t,0,k}$ liimapuun ominaisvetolujuus syynsuunnassa [19,5 N/mm ²] b_H hankolaudan paksuus [mm] h_H hankolaudan leveys [mm]
--	---

Hankolaudan pituussuuntainen puristusjännitys $\sigma_{c,0,d}$ [N/mm²] ja puristuslujuus syynsuunnassa $f_{c,0,d}$ [N/mm²] murtorajatilassa lasketaan kaavoilla:

$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\gamma_M}$ $\sigma_{c,0,d} = \frac{2 * V_{y,d}}{b_H * h_H} \leq f_{c,0,d}$	, jossa $f_{c,0,k}$ liimapuun ominaispuristuslujuus syynsuunnassa [24,5 N/mm ²]
--	--

Hankolaudan taivutusjännitykset $\sigma_{m,i,d}$ [N/mm²] hankolaudan molemmissa suunnissa ja taivutuslujuus $f_{m,d}$ [N/mm²] murtorajatilassa lasketaan kaavoilla:

$f_{m,d} = \frac{k_{mod} * f_{m,k}}{\gamma_M}$ $\sigma_{m,x,d} = \frac{M_{x,d}}{\frac{1}{6} * h_H * b_H^2} \leq f_{m,d}$ $\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{\frac{1}{6} * b_H * h_H^2} \leq f_{m,d}$	, jossa $f_{m,k}$ liimapuun ominaistaivutuslujuus [30,0 N/mm ²]
--	--

Hankolaudan leikkausjännitykset $\tau_{i,d}$ [N/mm²] hankolaudan molemmissa suunnissa ja leikkauslujuus $f_{v,d}$ [N/mm²] kohtisuoraan syynsuuntaan murtorajatilassa lasketaan kaavoilla:

$$\begin{aligned} f_{v,d} &= \frac{k_{mod} * f_{v,k}}{Y_M} \\ \tau_{x,d} &= \frac{3}{2} * \frac{Q_{x,d}}{h_H * b_H} \leq f_{v,d} \\ \tau_{z,d} &= \frac{3}{2} * \frac{Q_{z,d}}{b_H * h_H} \leq f_{v,d} \end{aligned} \quad \left| \begin{array}{l} \text{, jossa} \\ f_{v,k} \quad \text{liimapuun ominaisleikkauslujuus kohtisuoraan} \\ \quad \quad \text{syynsuuntaan [3,5 N/mm}^2\text{]} \end{array} \right.$$

Hankolaudan yhdistetyt rasitukset

Hankolautaa samanaikaisesti rasittavien eri suuntaisten voimien yhdistettyjen rasitusten kapasiteetit tarkastetaan kaikilla merkitsevien kuormitustapausten voimasuureyhdistelmillä.

Hankolaudan yhdistetty veto- ja taivutuskestävyys lasketaan kaavoilla:

$$\begin{aligned} \frac{\sigma_{t,0,d}}{F_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{F_{m,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{F_{m,d}} &\leq 1 \\ \frac{\sigma_{t,0,d}}{F_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,x,d}}{F_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{F_{m,d}} &\leq 1 \end{aligned} \quad \left| \begin{array}{l} \text{, jossa} \\ k_m \quad \text{poikkileikkauksesta riippuva kerroin 0,7} \end{array} \right.$$

Hankolaudan yhdistetty puristus- ja taivutuskestävyys lasketaan kaavoilla:

$$\begin{aligned} \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{F_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,x,d}}{F_{m,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{F_{m,d}} &\leq 1 \\ \left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{F_{c,0,d}} \right)^2 + k_m * \frac{\sigma_{m,x,d}}{F_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{F_{m,d}} &\leq 1 \end{aligned} \quad \left| \begin{array}{l} \text{, jossa} \\ k_m \quad \text{poikkileikkauksesta riippuva kerroin 0,7} \end{array} \right.$$

Hankolaudan kiinnitysruuviryhmien mitoitus

Ruuviryhmien kestävyys mitoitetaan liitosvoimille käyttäen liitoksen materiaaliosavarmuuskertoimta. Mitoituksen laskentakaavat ovat voimassa, kun ohjeen taulukossa 2.3 esitetyt reuna- ja keskinäisetäisyydet toteutuvat.

Ruuvien mitoitus esitetään kansallisen suunnitteluohjeen RIL 205 ja Versowood vakioruuvitoimittajan Eurotec ruuvien ETA hyväksynnän ETA-11/0024 mukaan. Hankolautojen kiinnityksessä käytetään Paneltwistec ruuvia. Tässä ohjeessa käytetään yhtenäistettyjä termejä, jotka poikkeavat ruuvivalmistajan laskentakaavojen termeistä.

Ruuvien leikkauskapasiteetti

Ruuvien leikkauskestävyyden ominaisarvo $R_{v,k}$ [N] lasketaan kaavoilla:

$$d_{eff} = 1,1 * d_i$$

$$R_{v,k} = 120 d_{eff}^{1,7}$$

Kaava RIL 205-1-2017 (8.5.1S), jossa

d_i ruuvien sydänhalkaisija [mm]
(vakioruuvilla R6,0x160 = 4,0 mm)

d_{eff} ruuvien tehollinen halkaisija [mm]

Ruuvien leikkauskestävyydelle voidaan käyttää korotuskertoimia, kun liitoksen kappaleiden mitat täyttävät rajoitusehdot:

$$t_1 \geq 8 d_{eff}$$

$$t_2 \geq 12 d_{eff}$$

, jossa

t_1 kiinnitettävän osan paksuus [mm]

t_2 ruuvien tartuntapituus (t_{pen}) [mm]

Ruuvien leikkauskestävyyden korotuskertoimet k_ρ ja $k_{t,fi}$ puun tiheyden ja tartuntapituuksien mukaan lasketaan kaavoilla:

$$k_\rho = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}}$$

$$k_{t1} = 1 + 0,3 * \frac{t_1 - 8 d_{eff}}{8 d_{eff}}$$

$$k_{t2} = 1 + 0,3 * \frac{t_2 - 12 d_{eff}}{6 d_{eff}}$$

$$k_t = \max \left\{ k_{t1} \right. \\ \left. k_{t2} \right\}$$

$$k_{t3} = \sqrt{\frac{M_{y,k}}{160 * d_{eff}^{2,6}}}$$

$$k_{t,fi} = \max \left\{ k_{t3} \right. \\ \left. k_t \right\}$$

Kaava RIL 205-1-2017 (8.5.4S, 8.5.5S), jossa

k_ρ puun ominaistiheyden mukainen korotuskertoim

$k_{t,fi}$ liittimen tartuntapituuden mukainen korotuskertoim

ρ_k liimapuun ominaistiheys [390 kg/m³]

$M_{y,k}$ ruuvien myötömomentti [9 493 Nmm]

Ruuvien leikkauskestävyyden mitoitusarvo $R_{v,d}$ [N] lasketaan kaavalla:

$$R_{v,d} = k_{\rho} * k_{t,fi} * \frac{k_{mod} * R_{v,k}}{\gamma_M} \quad \left| \begin{array}{l} \text{Kaava RIL 205-1-2017 (8.5.3S)} \end{array} \right.$$

Ruuviryhmän leikkauskestävyyden tulee olla suurempi kuin leikkausvoiman mitoittava resultanttivoima kuormitustapauksessa. Mitoitusehto ja käyttöaste KA [≤ 100 %] tarkastetaan kaavoilla:

$$F_{v,d} \leq R_{v,d} * n_1$$

$$KA = \frac{F_{v,d}}{R_{v,d} * n_1} \leq 100 \%$$

$$\left| \begin{array}{l} \text{Kaava RIL 205-1-2017 (8.5.3S)} \\ n_1 \quad \text{ruuvien määrä ryhmässä [kpl]} \end{array} \right.$$

Ruuviryhmän tartuntakapasiteetti

Ruuviryhmän ominaisulosvetokestävyys $R_{ax,Rk}$ [N] määritetään ruuvien kierteen ulosvetokestävyyden $R_{ax,Rk,kierre}$ ja kannan läpivetokestävyyden $R_{ax,Rk,kanta}$ mukaan kaavoilla:

$$f_{ax,k} = 0,52 d^{-0,5} * t_2^{-0,1} * \rho_k^{0,8}$$

$$n_{eff} = n^{0,9}$$

$$R_{ax,Rk,kierre} = n_{ef} * f_{ax,k} * t_2 * k_d$$

$$R_{ax,Rk,kanta} = n_{ef} * f_{head,k} * d_h^2 * \left(\frac{\rho_k}{\rho_a}\right)^{0,8}$$

$$R_{ax,Rk} = \min \begin{cases} R_{ax,Rk,kierre} \\ R_{ax,Rk,kanta} \end{cases}$$

$$\left| \begin{array}{l} \text{Kaava RIL 205-1-2017 (8.38,8.39, 8.40b),} \\ \text{jossa} \\ f_{ax,k} \quad \text{ruuvien ulosvetolujuuden} \\ \quad \text{ominaisarvo [N/mm}^2\text{]} \\ d \quad \text{ruuvien nimellishalkaisija [mm]} \\ \rho_k \quad \text{puun tiheys ulosvetolujuuden } f_{a,x} \\ \quad \text{ominaisarvolla [350 kg/m}^3\text{]} \\ n_{ef} \quad \text{tehollisten ruuvien määrä [kpl]} \\ n \quad \text{ruuvien määrä ryhmässä [kpl]} \\ k_d \quad \text{kerroin 0,75 (6 mm ruuveille)} \\ f_{head,k} \quad \text{liittimen kannan} \\ \quad \text{ominaisläpivetolujuus [N/mm}^2\text{]} \\ d_h \quad \text{ruuvien kannan halkaisija [mm]} \end{array} \right.$$

Ruuviryhmän ulosvetokestävyyden mitoitusarvo $R_{ax,d}$ [N] lasketaan kaavalla:

$$R_{ax,d} = \frac{k_{mod} * R_{ax,k}}{\gamma_M} \quad \left| \begin{array}{l} \text{, jossa} \\ \gamma_M \quad \text{liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin (1,30)} \end{array} \right.$$

Ruuviryhmän ulosvetokestävyyden mitoitusarvon tulee olla suurempi kuin ulosvetovoima kuormitustapauksessa. Ulosvetokestävyyden mitoitusehto ja käyttöaste KA [$\leq 100\%$] tarkastetaan kaavoilla:

$$F_{ax,d} \leq R_{ax,d}$$

$$KA = \frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}} \leq 100\%$$

Kaava RIL 205-1-2017 (8.5.3S)

n_1 ruuvien määrä ryhmässä [kpl]

Ruuviryhmän valmistajan ruuville ilmoittaman vetokestävyyden mitoitusarvon $f_{tens,d}$ tulee olla suurempi ulosvetovoima kuormitustapauksessa. Vetokestävyyden mitoitusarvo lasketaan sekä mitoitusehto ja käyttöaste KA [$\leq 100\%$] tarkastetaan kaavoilla:

$$R_{ax,d} = n_{eff} * \frac{F_{tens,k}}{\gamma_M}$$

$$F_{ax,d} \leq F_{tens,d}$$

$$KA = \frac{F_{ax,d}}{F_{tens,d}} \leq 100\%$$

, jossa

$F_{tens,k}$ ruuvien vetolujuuden ominaisarvo [kN]

γ_M ruuvien materiaaliolosuhteuskerroin (1,10)

Ruuviryhmän yhdistetyt rasitukset

Ruuviryhmää samanaikaisesti rasittavien eri suuntaisten voimien yhdistettyjen rasitusten kapasiteetit tarkastetaan kaikilla merkitsevien kuormitustapausten voimasuureyhdistelmillä. Tarkastelussa oletetaan, ettei hankolauta nurjahda.

Ruuviryhmän yhdistetty veto- ja leikkauskestävyys lasketaan kaavalla:

$$\left(\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,d}}{R_{v,d}}\right)^2$$

, jossa

Ruuvien reunaetäisyys palotilanteessa

Ruuviryhmän palotilanteessa tehollisten ruuvien reunaetäisyyteen lisätään palonkestoajan mukainen suojaetäisyys a_{fi} [mm], joka lasketaan kaavalla:

$$a_{fi} = \beta_n * k_{flux} * (t_{req} - t_{d,fi})$$

, jossa

β_n hiiltymisnopeus [mm/min]

k_{flux} kerroin 1,5

t_{req} vaadittu palonkesto aika [min]

$t_{d,fi}$ suojaamattoman liitoksen palonkesto aika [min]

A.1. Mallilaskelma. Hankolautaliitos.

Liimapuuharjapalkin hankolautaliitos liimapuupilariin.

Liitoksen tiedot:

Palkin leveys $B_K = 240 \text{ mm}$

Palkin tukikorkeus $H_K = 1650 \text{ mm}$

Palkin epäkeskisyys $e = 12 \text{ mm}$

Hankolaudan pituus $L_H = 1400 \text{ mm}$

Hankolauta $b_H = 90 \text{ mm}$

$h_H = 225 \text{ mm}$

Hankolautojen määrä/liitos $n_H = 2 \text{ kpl}$

Ruuviryhmien määrä/hankolaudan puolisko

$n_R = 2 \text{ kpl}$

Ruuviryhmien sijainnit hankolaudassa

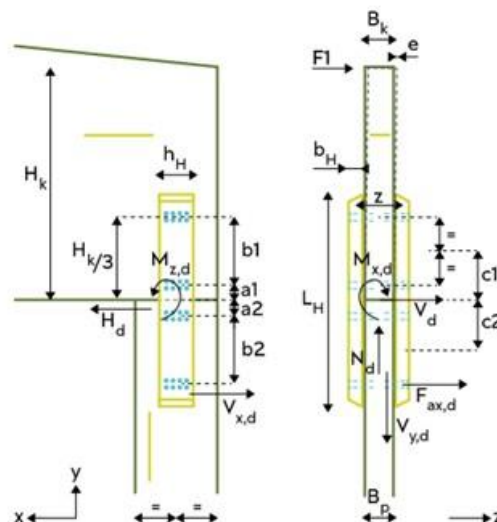
Etäisyys tukipinnasta $a1 = a2 = 102 \text{ mm}$

Keskinäisetäisyys $b1 = b2 = 450 \text{ mm}$

Painopiste tukipinnasta $c1 = c2 = 327 \text{ mm}$

Kuormituksen aikaluokka Keskipitkä

Käyttöluokka 1



Taulukkotiedot:

Kuormituksen aikaluokkakertoin $k_{mod} = 0,8$

Liimapuun materiaaliosavarmuuskerroin $\gamma_M = 1,25$

Liimapuun ominaistiheys $\rho_k = 390 \text{ kg/m}^3$

Puun tiheys ulosvetolujuuden $f_{a,x}$ ominaisarvolla

$\rho_a = 350 \text{ kg/m}^3$

Liimapuun ominaisvetolujuus syynsuunnassa

$f_{t,0,k} = 19,5 \text{ N/mm}^2$

Liimapuun ominaispuristuslujuus syynsuunnassa

$f_{c,0,k} = 24,5 \text{ N/mm}^2$

Liimapuun ominaistaivutuslujuus $f_{m,k} = 30,0 \text{ N/mm}^2$

Liimapuun ominaisleikkauslujuus kohtisuoraan syynsuuntaan

$f_{v,k} = 3,5 \text{ N/mm}^2$

Poikkileikkauksesta riippuva kerroin $k_m = 0,7$

Tarkasteltava mastopilarikehä:

Kehäväli	$L_1 = 6,0 \text{ m}$
Jänneväli	$L = 18,0 \text{ m}$
Palkki	Harjapalkki, harjakorkeus 2 000 mm

Ominaiskuormitukset:

Lumikuorma katolla	$s_k = 1,8 \text{ kN/m}^2$
Katon omapaino	$g_k = 1,0 \text{ kN/m}^2$
Palkin omapaino	$q_k = 2,1 \text{ kN/m}$
Kuormituksen voimasuureet:	
Pystytukireaktio	$N_d = 259 \text{ kN}$
vaakatukireaktio	$H_d = 15 \text{ kN}$ (kehäohjelmasta)
Vaakavoima palkille	$F_1 = 0,0 \text{ kN}$

Liitosvoimat

$$M_d = (N_d * e) + (F_1 * H_k) = (259 \text{ kN} * 0,012 \text{ m}) + (0 \text{ kN} * 1,65 \text{ m}) = \underline{3,10 \text{ kNm}}$$

$$\alpha = \max \left\{ \tan^{-1}((e/H_k)) = \begin{cases} 0,42^\circ \\ 0,50^\circ \end{cases} = 0,50^\circ \right.$$

$$V_d = N_d * \sin \alpha + F_1 = 259 \text{ kN} * \sin 0,50^\circ + 0 \text{ kN} = \underline{2,26 \text{ kN}}$$

$$M_{x,d} = \frac{V_d * c_1}{n_H} - \frac{V_d * b_1}{n_H * n_R} = 0,12 \text{ kNm}$$

$$M_{z,d} = \frac{H_d * c_1}{n_H} - \frac{H_d * b_1}{n_H * n_R} = 0,77 \text{ kNm}$$

$$Q_{x,d} = \frac{H_d}{n_H} = 7,50 \text{ kN}$$

$$Q_{z,d} = \frac{V_d}{n_H} = 1,13 \text{ kN}$$

$$z = B_K + b_H = 240 \text{ mm} + 90 \text{ mm} = 330 \text{ mm}$$

$$V_{y,d} = \frac{M_d}{z * n_R} = 5,14 \text{ kN}$$

$$V_{x,d} = \frac{H_d}{n_H * n_R} + \frac{H_d * c_1}{n_H * b_1} = 9,20 \text{ kN}$$

$$F_{v,d} = \sqrt{V_{y,d}^2 + V_{x,d}^2} = \sqrt{(5,14 \text{ kN})^2 + (9,20 \text{ kN})^2} = 10,54 \text{ kN}$$

$$F_{ax,d} = \frac{\frac{V_d * c}{b} + \frac{V_d}{n_R}}{n_H} = 3,08 \text{ kN}$$

Hankolaudan mitoitus

$$f_{t,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{t,0,k}}{\gamma_M} = \frac{1,1 * 19,5 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 17,1 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{2 * V_{y,d}}{b_H * h_H} \leq f_{t,0,d} = 0,51 \text{ N/mm}^2 \leq 17,1 \text{ N/mm}^2 (3\%)$$

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{1,1 * 24,5 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 21,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{2 * V_{y,d}}{b_H * h_H} \leq f_{c,0,d} = 0,51 \text{ N/mm}^2 \leq 21,5 \text{ N/mm}^2 (2\%)$$

$$f_{m,d} = \frac{k_{mod} * f_{m,k}}{\gamma_M} = \frac{1,1 * 30,0 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 26,4 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,x,d} = \frac{M_{x,d}}{\frac{1}{6} * h_H * b_H^2} \leq f_{m,d} = \frac{0,12 \text{ kNm}}{\frac{1}{6} * 225 \text{ mm} * (90 \text{ mm})^2} = 0,38 \text{ N/mm}^2 \leq 26,4 \text{ N/mm}^2 (1\%)$$

$$\sigma_{m,z,d} = \frac{M_{z,d}}{\frac{1}{6} * b_H * h_H^2} \leq f_{m,d} = \frac{0,77 \text{ kNm}}{\frac{1}{6} * 90 \text{ mm} * (225 \text{ mm})^2} = 1,0 \text{ N/mm}^2 \leq 26,4 \text{ N/mm}^2 (4\%)$$

$$f_{v,d} = \frac{k_{mod} * f_{v,k}}{\gamma_M} = \frac{1,1 * 3,5 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 3,08 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{x,d} = \frac{3}{2} * \frac{Q_{x,d}}{h_H * b_H} \leq f_{v,d} = 0,56 \text{ N/mm}^2 \leq 3,08 \text{ N/mm}^2 (18\%)$$

$$\tau_{z,d} = \frac{3}{2} * \frac{Q_{z,d}}{b_H * h_H} \leq f_{v,d} = 0,08 \text{ N/mm}^2 \leq 3,08 \text{ N/mm}^2 (2\%)$$

Yhdistetty veto ja taivutuskestävyys:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{F_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,x,d}}{F_{m,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{F_{m,d}} \leq 1 (8\%)$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{F_{t,0,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,x,d}}{F_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{F_{m,d}} \leq 1 (7\%)$$

Yhdistetty puristus ja taivutuskestävyys:

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{F_{c,0,d}} \right)^2 + \frac{\sigma_{m,x,d}}{F_{m,d}} + k_m * \frac{\sigma_{m,z,d}}{F_{m,d}} \leq 1 (4\%)$$

$$\left(\frac{\sigma_{c,0,d}}{F_{c,0,d}} \right)^2 + k_m * \frac{\sigma_{m,x,d}}{F_{m,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{F_{m,d}} \leq 1 (5\%)$$

Kiinnikkeiden mitoitus:

Liitoksen tiedot:

Ruuvi	R6,0x160
Liitettävän osan paksuus	$t_1 = 90 \text{ mm } (b_H)$
Tartuntapituus	$t_2/t_{pen} = 65 \text{ mm}$
Ruuvien määrä	$n_1 = 8 \text{ kpl}$
Kuormituksen aikaluokka	Hetkellinen
Käyttöluokka	1

Taulukkotiedot:

Kuormituksen aikaluokkakerto $k_{mod} = 1,1$

Liitoksen materiaaliosavarmuuskerroin $\gamma_M = 1,30$ (Liitokset)

Ruuvien mitoitustiedot:

Ruuvien ulkohalkaisija	$d = 6,0 \text{ mm}$	
Ruuvien sydänhalkaisija	$d_i = 4,0 \text{ mm}$	(ruuvivalmistajan mukaan)
Ruuvien kannan halkaisija	$d_h = 12,0 \text{ mm}$	(ruuvivalmistajan mukaan)
Ruuvien vetolujuuden ominaisarvo	$f_{tens,k} = 11,0 \text{ kN}$	(ruuvivalmistajan mukaan)
Ruuvien kannan ominaisläpivetolujuus	$f_{head,k} = 12,0 \text{ N/mm}^2$	(ruuvivalmistajan mukaan)
Ruuvien myötömomentti	$M_{y,k} = 9\,493 \text{ Nmm}$	(ruuvivalmistajan mukaan)

Ruuviryhmään vaikuttavat voimat:

Leikkausvoima hankolaudan pituussuunnassa	$V_{y,d} = 5,14 \text{ kN}$
Leikkausvoima hankolaudan sivusuunnassa	$V_{x,d} = 9,20 \text{ kN}$
Voimien resultantti	$F_{v,d} = 10,54 \text{ kN}$
Ruuviryhmään vaikuttava ulosvetovoima	$F_{ax,d} = 3,08 \text{ kN}$

Ruuviryhmän leikkauskapasiteetti

$$d_{eff} = 1,1 * d_i = 1,1 * 4,0 \text{ mm} = 4,4 \text{ mm}$$

$$R_{v,k} = 120 d_{eff}^{1,7} = 120 * (4,4 \text{ mm})^{1,7} = 1\,489 \text{ N}$$

$$t_1 \geq 8 d_{eff} = 90 \text{ mm} \geq 35,2 \text{ mm} = OK$$

$$t_2 \geq 12 d_{eff} = 70 \text{ mm} \geq 52,8 \text{ mm} = OK$$

$$k_{\rho} = \sqrt{\frac{\rho_k}{350}} = \sqrt{\frac{390 \text{ kg/m}^3}{350 \text{ kg/m}^3}} = 1,06$$

$$k_{t1} = 1 + 0,3 * \frac{t_1 - 8 d_{eff}}{8 d_{eff}} = 1 + 0,3 * \frac{90 \text{ mm} - 8 * 4,4 \text{ mm}}{8 * 4,4 \text{ mm}} = 1,467$$

$$k_{t2} = 1 + 0,3 * \frac{t_2 - 12 d_{eff}}{6 d_{eff}} = 1 + 0,3 * \frac{70 \text{ mm} - 8 * 4,4 \text{ mm}}{8 * 4,4 \text{ mm}} = 1,195$$

$$k_t = \max \left\{ \begin{matrix} k_{t1} \\ k_{t2} \end{matrix} \right\} = \max \left\{ \begin{matrix} 1,467 \\ 1,195 \end{matrix} \right\} = 1,467$$

$$k_{t3} = \sqrt{\frac{M_{y,k}}{160 * d_{eff}^{2,6}}} = \sqrt{\frac{9\,493 \text{ Nmm}}{160 * (4,4 \text{ mm})^{2,6}}} = 1,12$$

$$k_{t,fi} = \min \left\{ \begin{matrix} k_{t3} \\ k_t \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 1,12 \\ 1,467 \end{matrix} \right\} = 1,12$$

$$R_{v,d} = k_{\rho} * k_{t,fi} * \frac{k_{mod} * R_{v,k}}{\gamma_M} = 1,06 * 1,12 * \frac{1,1 * 1\,489 \text{ N}}{1,30} = 1\,496 \text{ N}$$

$$F_{v,d} \leq R_{v,d} * n_1 = 10,54 \text{ kN} \leq 1\,496 \text{ N} * 8 \text{ kpl} = 11,97 \text{ kN} (88\%)$$

Ruuviryhmän tartuntakapasiteetti

$$f_{ax,k} = 0,52 d^{-0,5} * t_2^{-0,1} * \rho_k^{0,8} = 0,52 * (6 \text{ mm})^{-0,5} * (65 \text{ mm})^{-0,1} * \left(390 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right)^{0,8} = 16,54 \text{ N/mm}^2$$

$$n_{ef} = (8 \text{ kpl})^{0,9} = 6,5 \text{ kpl}$$

$$R_{ax,Rk,kierre} = n_{ef} * f_{ax,k} * t_2 * k_d = 6,5 \text{ kpl} * 16,54 \text{ N/mm}^2 * 65 \text{ mm} * 0,75 = 31\,443 \text{ N}$$

$$R_{ax,Rk,kanta} = n_{ef} * f_{head,k} * d_h^2 * \left(\frac{\rho_k}{\rho_a} \right)^{0,8} = 6,5 \text{ kpl} * 12 \text{ N/mm}^2 * \left(\frac{390 \text{ kg/m}^3}{350 \text{ kg/m}^3} \right)^{0,8} = 12\,247 \text{ N}$$

$$R_{ax,Rk} = \min \left\{ \begin{matrix} R_{ax,Rk,kierre} \\ R_{ax,Rk,kanta} \end{matrix} \right\} = \min \left\{ \begin{matrix} 31\,443 \text{ N} \\ 12\,247 \text{ N} \end{matrix} \right\} = 12\,247 \text{ N}$$

$$R_{ax,d} = \frac{k_{mod} * R_{ax,k}}{\gamma_M} = \frac{1,1 * 12\,247 \text{ N}}{1,3} = 10\,362 \text{ N}$$

$$F_{ax,d} \leq R_{ax,d} = 3,08 \text{ kN} \leq 10,36 \text{ kN} (30\%)$$

Ruuviryhmän vetokestävyys:

$$F_{tens,d} = n_{ef} * \frac{F_{tens,k}}{\gamma_M} = 6,5 * \frac{11 \text{ kN}}{1,1} = 65,0 \text{ kN}$$

$$F_{ax,d} \leq F_{tens,d} = 3,08 \text{ kN} \leq 65,0 \text{ kN} (5\%)$$

Yhdistetty veto- ja leikkauskestävyys:

$$\left(\frac{F_{ax,d}}{R_{ax,d}}\right)^2 + \left(\frac{F_{v,d}}{R_{v,d}}\right)^2 = \left(\frac{2,87kN}{10,36kN}\right)^2 + \left(\frac{10,64kN}{11,97kN}\right)^2 \leq 1 \text{ (86\%)}$$

Ruuvien reunaetäisyys palotilanteessa (R30):

$$a_{fi} = \beta_n * k_{flux} * (t_{req} - t_{d,fi}) = 0,7 \text{ mm/min} * 1,5 * (30 \text{ min} - 15 \text{ min}) = 15,75 \text{ mm}$$

$$a_{a,c} = 12d = 72 \text{ mm} = 72 \text{ mm}$$

$$a_{h,c} = 7d = 42 \text{ mm}$$

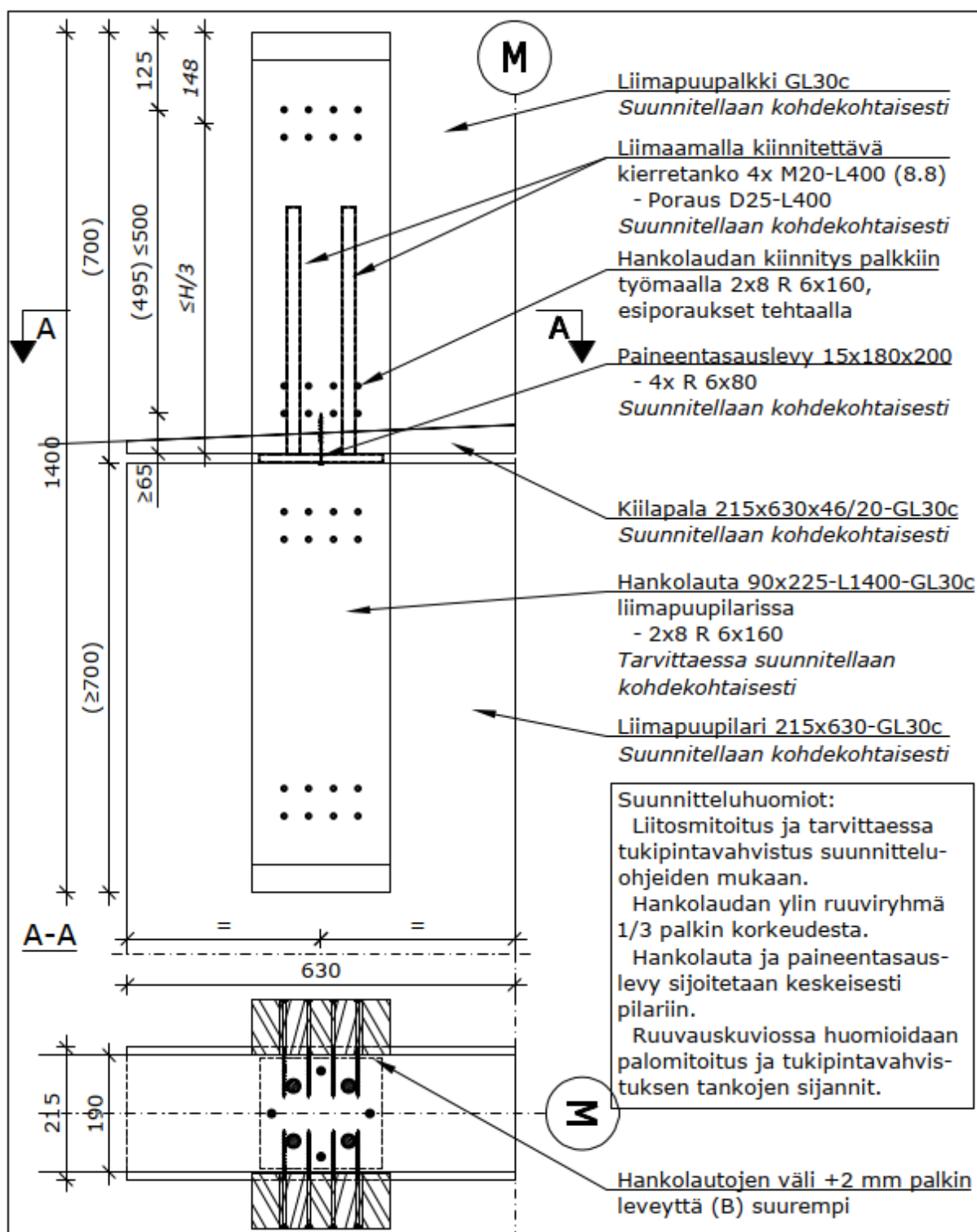
$$a_{a,c,fi} = 72 \text{ mm} + a_{fi} = 88 \text{ mm} < 105 \text{ mm OK!}$$

$$a_{h,c,fi} = 42 \text{ mm} + a_{fi} = 58 \text{ mm} < 60 \text{ mm OK!}$$

C. Liitosdetaljit

Liitosdetaljeissa esitetään rakenneosien keskinäinen mitoitus, asennuksessa tarvittavat tiedot sekä liitososan tuotteet ja asennus. Mallisuunnitelma ladattavissa .dwg muodossa.

Kuva C1. Esimerkkiliitos. Liimapuupilari 215x630, Liimapuupalkki b=190.



D. Liitososakuvat

Liitososan tuotantosuunnitelmassa esitetään valmistamisessa tarvittavat materiaali- ja mittatiedot sekä pintakäsittely. Mallisuunnitelma ladattavissa .dwg muodossa.

Kuva D1. Hankolaudan tuotantosuunnitelma.

