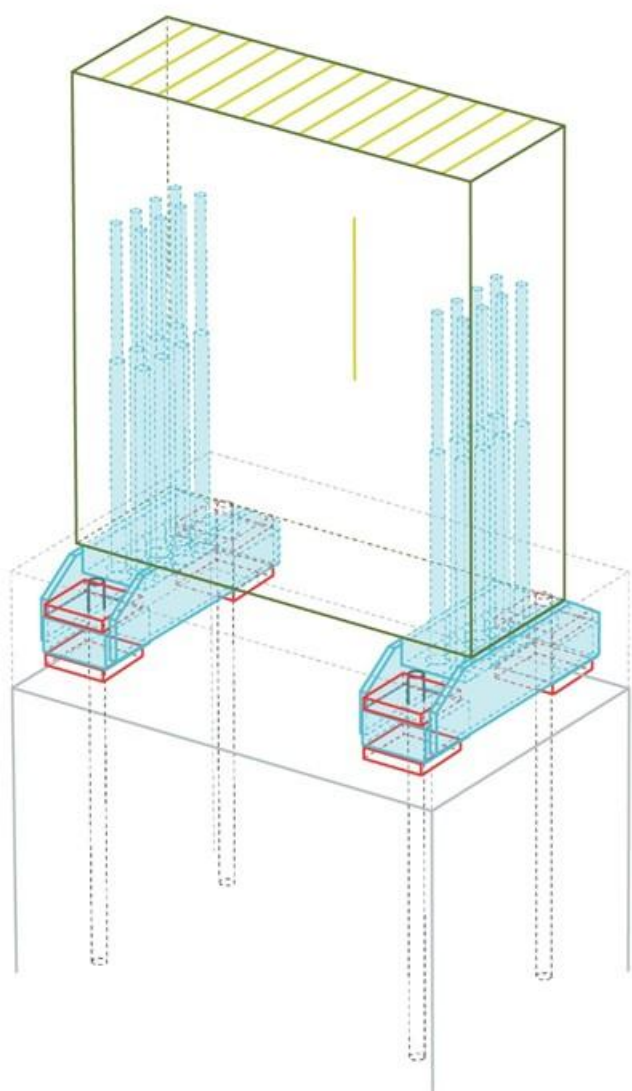


Suunnitteluohje – Mastopilarikenkäliitos

Versowood Oy

VW206 | FI 1.1

30.1.2026



Sisällysluettelo

1	Yleiskuvaus	3
2	Liitososan ominaisuudet	3
2.1	Rakenteellinen toiminta	4
2.2	Käyttöratkaisut.....	4
2.3	Käyttöversiot	5
2.4	Liitoksen muokkaus	7
2.5	Käytön rajoitukset.....	8
2.6	Esivalmistus ja varustelu	8
3	Kestävyydet	8
3.1	Suunnitteluperusteet.....	9
3.2	Murtorajatilamitoitus	10
3.2.1	Liitoksen taivutuskapasiteetti	11
3.2.2	Liitosvoimat	12
3.2.3	Liimaamalla kiinnitettävän kansiruuvin kapasiteetti	12
3.2.4	Kansiruuviryhmän vetokapasiteetti lopputilanteessa	13
3.2.5	Kansiruuviryhmän leikkauskapasiteetti lopputilanteessa	14
3.2.6	Mastopilarikenkäliitoksen puristuskapasiteetti lopputilanteessa	15
3.2.7	Mastopilarikenkäliitoksen vetokapasiteetti asennustilanteessa.....	15
3.2.8	Mastopilarikenkäliitoksen puristuskapasiteetti asennustilanteessa.....	15
3.3	Käyttörajatilamitoitus.....	16
3.4	Palotilannemitoitus	17
4	Suunnittelu	19
4.1	Suunnitteluohjeet ja -työkalut	19
4.2	Mallisuunnitelmat.....	20
4.3	Materiaaliluettelot	20
5	Asennus.....	20
6	Suunnittelun tukemme.....	21
6.1	Suunnittelutyökalut	21
6.2	Hyväksynät.....	21
6.3	Ohjeet.....	21
7	Ohjeen revisiot	22
8	Liitteet	22
A.	Mastopilarikenkäliitoksen mitoitus.....	23
A.1.	Mallilaskelma. Mastopilarikenkäliitos.....	29
B.	Tuotantosuunnitelmamalli.....	36
C.	Liitosdetaljit.....	37
D.	Liitososakuvat.....	38

1 Yleiskuvaus

Tässä ohjeessa esitetään Versowood mastopilarikenkäliitoksen vakioratkaisun suunnittelun ja toteutuksen perusteet kohdesuunnittelun tueksi. Ohjeessa esitettävät menetelmät ja tarvikkeet perustuvat testauspohjaisiin lausuntoihin. Versowood mastopilarikenkäliitoksen toteutusratkaisu poikkeaa kansallisesta Halli-PES ohjeistuksesta sekä kansiruvvin palomitoituksen että hieman pilarikengän mittojen osalta.

Tässä ohjeessa esitetään liimapuumastopilarin perustusliitoksen mitoitus sekä Versowood *liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeen mukainen kenkien kiinnitys liimatuilla kansiruuveilla.

Mastopilarikenkäliitos on tavanomainen ja kustannustehokas tapa kiinnittää liimapuupilari perustukseen hallimaisissa rakennuksissa ja käyttötilanteissa, joissa perustus- tai muu rakenneliittymä voi olla liimapuupilaria leveämpi. Liimapuupilarien liitoksissa betonirakenteeseen, joissa rakennepaksuuksien tulee olla sama liitoksen molemmiin puoliin, käytetään kohdekohtaisesti pienempiä kenkiä tai suunniteltavia teräsosia.

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 Liitososan ominaisuudet

Mastopilarikenkäliitosta käytetään tavanomaisesti liimapuupilarin liittämiseen perustusrakenteisiin, mutta tarvittaessa sitä voidaan soveltaa myös esim. pilarin liittämiseen väestönsuojan betonilaattaan tai muuhun betonirakenteeseen.

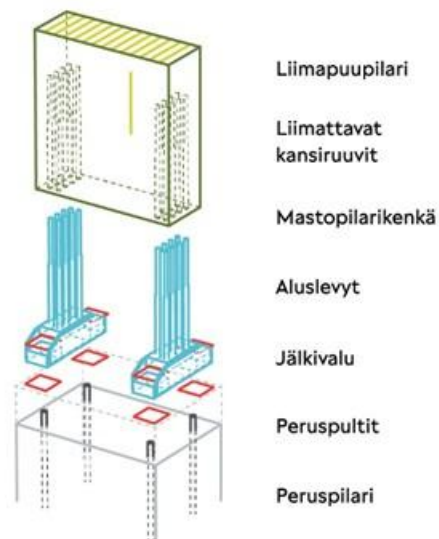
Mastopilarikenkäliitos koostuu liimapuupilariin tehtaalla liimattavilla kansiruuveilla kiinnitettävistä mastopilarikengistä, jotka kiinnitetään työmaalla peruspilarissa oleviin peruspultteihin. Liitos suojataan jälkivalulla pilarin asennuksen jälkeen.

Liitoksen osat esitetään kuvassa 2.1.

Kahden mastopilarikengän liitos toimii momenttijäykkänä liitoksena, jolloin liimapuupilareita tarkastellaan mitoituksessa mastopilareina.

Liitoksen mitoitus perustuu lausuntoon liimaruuviliitosten suunnitteluohjeeksi, jonka rinnalla on annettu lausunto mastopilarin nurjahduspituuden laskentaohjeeksi, jonka avulla huomioidaan liitoksen jäykkyys pilarin mitoittamisessa.

Tässä ohjeessa esitetään Versowood vakiomastopilarikengien mittatiedot ja kapasiteetit eri kuormitustilanteissa.



Kuva 2.1 Liitoksen osat

Liitos soveltuu käytettäväksi R30 ja R60 paloluokissa huomioimalla liimapuun hiiltymä palotilanteessa tehollisten kansiruuviin määrässä ja sijoituksessa.

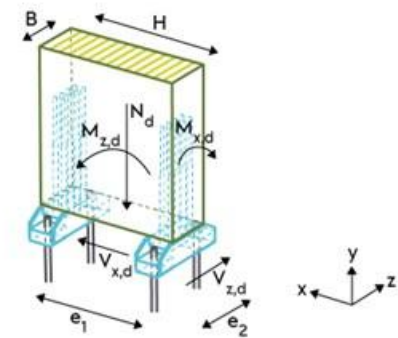
Mastopilarikengä on konepajavalmisteinen teräsosa, joka käsitellään kohdekohtaisesti suunniteltuna. Kohteen vastaava rakennesuunnittelija tarkastaa mastopilarikengän laskentaselosteen ja hyväksyy ratkaisun käytettäväksi kohteessa.

Mastopilarikengän kiinnitys liimapuuhun liimattavilla kansiruuveilla toteutetaan Versowood - liimatut kiinnikkeet suunnitteluohjeen mukaan. Ohjeessa esitetään liimauksen erityinen laadunvalvonta kiinnitystavan varmistamiseksi. Tämän ohjeen kapasiteetit ovat voimassa ainoastaan tehtaalla kiinnitettäville mastopilarikengille.

2.1 Rakenteellinen toiminta

Liitoksessa mastopilarin momentista aiheutuva vetokuormitus siirretään liimaamalla kiinnitettyjen kansiruuviin ja mastopilarikengän välityksellä peruspulteille. Liitosmitoituksessa tarkastetaan myös puristuskapasiteetti ja kansiruuviin leikkauskestävyys. Liitoksen lopullinen kapasiteetti ja palosuojaus toteutuvat, kun juuren jälkivalu on toteutettu ohjeen mukaisesti.

Liitoksen mittatiedot ja kuormituksen voimasuureet esitetään kuvassa 2.2.



Kuva 2.2 Liitoksen mittatiedot

Liitoksessa käytetään tavanomaisesti kahta mastopilarikengää, jotka valitaan liimapuun leveyden (B) mukaan. Kiinnityksessä käytettävien kansiruuviin määrä valitaan tarvittavan veto- ja leikkauskapasiteetin mukaan.

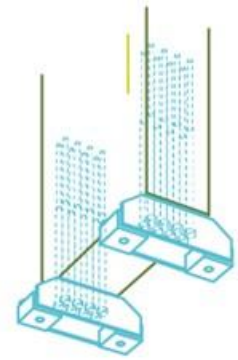
Liitoksen mitoitus pilarin syvyysuunnassa (H) mastopilarikengien välisellä etäisyydellä (e_1) tarkastetaan asennustilanteessa ja lopputilanteessa kohdesuunnittelijan määrittämien kuormitustilanteiden voimille.

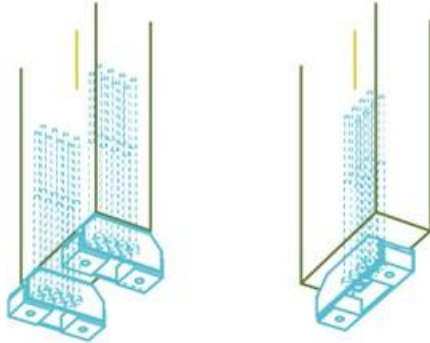
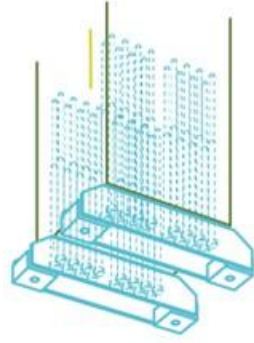
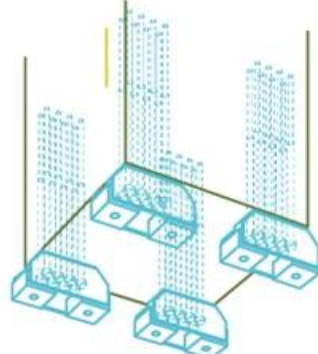
Liitoksen sivuttaissuuntainen kapasiteetti voidaan määrittää kuormituksen puoleisten kansiruuviin mukaan, kun liimapuupilarilta edellytetään sivusuuntaista jäykkyyttä esim. asennustilanteessa. Rakennuksen jäykistys ei voi perustua ainoastaan mastopilariden sivuttaissuuntaiseen jäykkyyteen.

2.2 Käyttöratkaisut

Taulukossa 2.1 esitetään mastopilarikengän tavanomaisia käyttöratkaisuja.

Taulukko 2.1. Mastopilarikengän tavanomaisia käyttöratkaisuja

Käyttötapa	Kuva
Mastopilarikengät liimapuupilarissa	
Jäykistävä suorakaidepilari - Perusratkaisuna kengän koko pilarin paksuuden mukaan, asennus pinnan tasaa - Kengän sisennys liitosgeometrian tai palomitoituksen mukaan - Kapeamman kengän käyttäminen mahdollista - Mitoitus veto- ja leikkauskuormille	

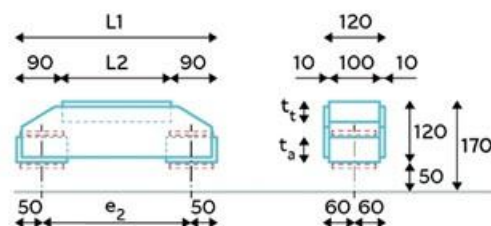
Nivelpilari ○ Mitoitus leikkauskuormalle ○ Toteutus yhdellä tai kahdella vakiomastopilarikengällä ○ Mitoitus tarvittaessa jäykkäkantaisena nurjahduspituuden kasvattamiseksi	
Monilohkoinen neliöpilari ○ Pilarikengän muokkaus pilarileveyden mukaan ○ Mitoitus nivelenä tai jäykkäkantaisena	
Suuri monilohkoinen pilari ○ Erilliset vakiomastopilarikengät nurkissa	

2.3 Käyttöversiot

Liimapuumastopilareina käytetään tavanomaisesti suorakaiteen muotoisia vakiopaksuisia liimapuita, joihin sopivien Versowood vakiomastopilarikengien mittatiedot esitetään taulukossa 2.2 sekä kuvissa 2.3 ja 2.4.

Mastopilarikengän kiinnittämisessä liimapuuhun käytettävä kansiruuvi on aina **M19x500 (5.8)**. Kansiruuvi on käsittelemätön ja puhdistetaan puhaltamalla liimauksen tartunnan parantamiseksi.

Mastopilarikengän alalaipan reiät kaikissa vakiokengissä on D 40 mm, joihin perustussuunnittelussa määritetään

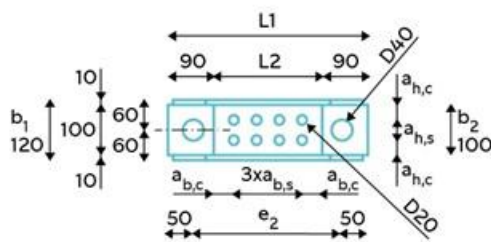


Kuva 2.3 Mastopilarikengän mittatiedot

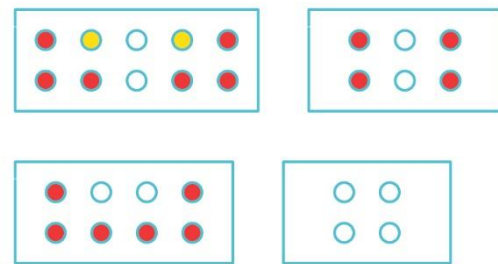
käytettävän peruspulttikoon mukaan sopivat aluslevyt alalaipan ala- ja yläpuolille. Osa peruspulteista sisältää soveltuvat aluslevyt.

Mastopilarikengän ylälaipan kansiruuvireikien (D 20 mm) mittatiedot esitetään taulukossa 2.3 ja kuvassa 2.4. Reikä määrä ensisijaisesti kansiruuvimäärän mukaan, mutta kenkiä voidaan käyttää myös pienemmällä kansiruuvimäärällä, jolloin kansiruuvit asetetaan ylälaippaan kuvan 2.5 mukaan.

Mastopilarikengän kansiruuvien reuna- ja keskinäisetäisyyksissä on huomioitu Versowood – liimatut kiinnikkeet suunnitteluohjeen vähimmäisetäisyydet sekä kapasiteetin ja keskinäisetäisyyksien pienentämisen ohjeet.



Kuva 2.4 Mastopilarikengän mittatiedot yläpuolelta



Kuva 2.5 Kansiruuvien sijoitukset mastopilarikengän ylälaipassa

Taulukko 2.2. Vakiomastopilarikengien mittatiedot.

Mastopilarikengä	Kengän pituus L1	Liitospinnan pituus L2	Peruspulttien väli e2	Liimaruuvi-reikien määrä
Vakiomastopilarikengien mitoitus [mm]				
TK 240-x/y	420	240	320	10, 8, 6
TK 215-x/y	395	215	295	8, 6
TK 190-x/y	370	190	270	8, 6
TK 165-x/y	345	165	245	6, 4
TK 140-x/y	320	140	220	4
TK 115-x/y	295	115	195	4

Mastopilarikengän tunnuksen merkintä-y ilmaisee ruuvireikien määrän. Liimattujen kansiruuvien määrä ilmaistaan tunnuksessa x-merkinnällä. Versowood varastoimat vakiomastopilarikengät on merkitty **vahvistetulla** ruuvireikämäärällä, muut versiot valmistetaan kohdekohtaisesti.

Taulukko 2.3. Mastopilarikengän kansiruvireikien (D 20 mm) mittatiedot ylälaipassa.

Mastopilarikengä	Pituus (L2)			Leveys b_2 [100 mm]	
	L2	$a_{b,c}$	$a_{b,s}$	$a_{h,c}$	$a_{h,s}$
Reikien reuna- ja keskinäismitat ylälaipassa [mm]					
TK 240-x/10	240	40	40	30	40
TK 240-x/8	240	45	50		
TK 240-x/6	240	50	70		
TK 215-x/8	215	40	45		
TK 215-x/6	215	47,5	60		
TK 190-x/8	190	35	40		
TK 190-x/6	190	40	55		
TK 165-x/6	165	42,5	40		
TK 165-x/4	165	50	65		
TK 140-x/4	140	40	60		
TK 115-x/4	140	37,5	40		

Mallisuunnitelma mastopilarikengän kiinnittämisestä liimapuuhun esitetään liitteessä B.

Mastopilarikengän mallituotantosunnitelma esitetään liitteessä D.

Liittyminen peruspultteihin ja -pilariin

Kohdesuunnittelussa peruspulttien sijaintikaaviot laaditaan käytettävän mastopilarikengän ja kenkien sijoituksen mukaan. Kohteen perustussuunnittelija määrittää mitoituksen mukaan peruspulttien koon ja tarvittavat aluslevyt. Versowood ei vastaa peruspulttien tai aluslevyjen mitoituksesta tai toimituksesta.

Mastopilarikengän vakiokokoinen reikä alalaipoissa peruspultille on D 40 mm. Perustussuunnittelija määrittää peruspulttikoon perusteella sopivat aluslevyt alalaipan molemmille puolille, mikäli peruspulttiin ei sisälly riittävät aluslevyt. Aluslevyn suositeltava koko on 70x70 mm², jolloin aluslevyn sivuttaistoleranssit mastopilarikengän sivujen välissä mahdollistaa pilarin asennuksen peruspulttiryhmän asennustoleranssien mukaan.

Perustussuunnittelija määrittää peruspilarin koon huomioiden peruspulttien ja hakasrautojen suojaetäisyyksien lisäksi mastopilarikengän suojauksen.

Pintakäsittelemättömän pilarikengän suojaus palotilanteessa ja korroosiosuojaus perustussuunnitelmissa esitettävällä liitoksen jälkivalulla.

Liitoksen mallisuunnitelma esitetään liitteessä C.

2.4 Liitoksen muokkaus

Liitoksessa voidaan käyttää liimapuuleveyttä kapeampaa mastopilarikengää tai mastopilarikengän kokoa voidaan muokata poikkeaville liimapuupilarin dimensioille.

Liimapuupilari voi olla monilohkoinen tai useasta aihioista muodostuva kokoonpano, joissa käytetään vakiomastopilarikengä lujusmitoituksen mukaan.

Vakiomastopilarikengästä voidaan muodostaa erikoismittaisia versioita soveltuvalla kansiruvimäärällä käyttötilanteen vaatimuksen mukaan noudattaen tässä ohjeessa liitoksen geometrialle esitettyjä määrittämiä. Muokatun kengän mitoitus tarkastetaan Liimapuupilarikengän laskelmaselosteessa esittävien ohjeiden mukaan.

Mastopilarikengä voidaan korvata Asiakkaan suunnittelijan määrittämällä kohdekohtaisella pilarikengä ratkaisulla. Kohdekohtaisen ratkaisun suunnittelussa kiinnitys liimapuupilariin toteutetaan tämän ohjeen periaatteiden mukaisesti.

Ohjeessa esitetyt kapasiteetit ovat voimassa tehtaalla asennettaville mastopilarikengille mallituotantosunnitelman mukaisilla materiaaleilla. Kohdekohtaisesti muokatuista

mastopilarikengistä ja muista pilarikenkäratkaisuista esitetään kohdekohtaiset mitoituslaskelmat ja tuotantosuunnitelmat. Kohdekohtaisten pilarikenkien toimitusaika ja kustannukset tarkastetaan kohdekohtaisesti.

2.5 Käytön rajoitukset

Mastopilarikenkäliitos soveltuu käytettäväksi staattisille kuormille käyttöluokassa KL1 (lämpimät sisätilat) sekä käyttöluokassa KL2 (katetut ulkotilat), 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.

Erityiset käyttöolosuhteet tulee käsitellä liimapuutoimituksen kaupallisessa vaiheessa ja merkitä suunnitelmissa.

Kohteen suunnittelija vastaa liimaamalla tehtävien kiinnitysten käyttämisestä käyttöluokassa 3 (säärasitukselle alttiit ulkorakenteet) sekä dynaamisten kuormitusten, jatkuvan sortuman ja muiden poikkeustilanteiden mitoituksesta ja suunnittelemisesta.

2.6 Esivalmistus ja varustelu

Tässä ohjeessa esitetyt ohjeet ja kapasiteetit pätevät vain Versowoodin tehtaalla liimatankoliitosten valmistus- ja laadunvalvontaohjeiden mukaan toteutettuihin liimaruuvi- ja liimakiinnityksiin. Ohjeistuksen mukainen liimaus toteutetaan hallituissa olosuhteissa ja käytettävät materiaalit tarkastetaan ennen liimausta, jonka lisäksi jokainen liimauserä varmennetaan rinnakkaisella testauskappaleella.

Liimakiinnitykset toteutetaan kohdekohtaisten tuotantosuunnitelmien mukaan. Kiinnitysten työstöt liimapuuhun tehdään pääasiassa työstökeskuksilla, mutta myös tarvittaessa käsityöstöinä.

Liimaruuvikiinnityksessä varusteluosa kiinnitetään aina liimauksen yhteydessä lopulliseen asentoon, eikä ruuvia voi kiristää liiman avoimen ajan päätyttyä

HUOM! Työmaalla toteutettavissa liimakiinnityksissä tulee noudattaa liimavalmistajan antamia työohjeita ja kapasiteetteja, jotka voivat poiketa merkittävästi tehdastoteutuksen ominaisuuksista.

Esivalmistuksen toteutustoleranssit on esitetty Versowood *liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* – ohjeessa. Kohdesuunnittelussa tulee huomioida toleranssien vaikutus liimapuurakenteen tai varusteluosan toteutukseen.

3 Kestävyydet

Mastopilarikenkäliitoksen kestävyysominaisuudet määritetään suunnittelustandardin EN 1995 (Eurokoodi 5, puurakenteet), kansallisen puurakenteiden suunnitteluohjeen RIL 205 sekä testausperusteisen liimaruuviliitosten suunnitteluohjeen menetelmin.

Tässä kappaleessa esitetään mastopilarikenkäliitoksen suunnittelun perusteet ja mitoituksen ohjeet. Vakiokokoisille mastopilarikengille ja kansiruuviryhmille esitetään kapasiteetit eri mitoitusolosuhteissa. Kohdekohtaisesti muokattujen mastopilarikenkien suunnittelussa tulee noudattaa tässä esitettyjä määrityksiä.

Tässä suunnitteluohjeessa esitettävät mastopilarikenkäliitoksen kapasiteetit perustuvat teräsosan FEM- ja muuhun mitoituslaskentaan, sekä tarkastuslaitoksen lausuntoon Liimaruuviliitosten suunnitteluohjeeksi. Mastopilarikenkä on mitoitettu laskelmaselosteen mukaan valittujen peruspulttien maksimikapasiteetille, eikä kengän oleteta olevan mitoittava ohjeen mukaisissa ratkaisuissa. Yleinen liimapuupilarikengän

tekninen käyttöohje on ladattavissa Versowood.fi. Liimapuupilarikengän laskelmaseloste seloste toimitetaan vastaavalle rakennesuunnittelijalle kohdekohtaista hyväksyntää varten.

Mastopilarikengän teräsosan laajempi laskelmaselostus toimitetaan kohteen vastaavan rakennesuunnittelijan tarkastettavaksi ja hyväksyttäväksi pyydettyäessä.

Liimaruuviliitosten suunnitteluohjeen mukaiset mitoitusperusteet esitetään Versowood *liimatut kiinnikkeet* ohjeessa, jota tulee noudattaa mitoitettaessa mastopilarikengän muokattuja versioita.

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
Mastopilarikengän materiaalit ja toteutus	
S355J2	Teräslaatu
EXC2 1/100, eli $\pm 1,0$ mm	Toteutusluokka Suurin sallittu vinous pystysuunnasta
C	Hitsausluokka (saumapaksuudet mallisuunnitelmien mukaan)
5.8	Kansiruuvien lujuusluokka
GL30c	Liimapuun lujuusluokka
TL3	Toteutusluokka (Versowood liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus)

Taulukko 3.2. Liitoksen suunnittelussa noudatettavat standardit ja ohjeet

Standardi/ohje	Kuvaus
Suunnittelu	
SFS-EN 1993	Eurokoodi 3. Teräsrakenteiden suunnittelu.
SFS-EN 1995	Eurokoodi 5. Puurakenteiden suunnittelu.
RIL 205	Puurakenteiden suunnitteluohje (Eurokoodi 5) o Liimakiinnityksen suunnittelu
EUF129- 25000438-T1	Eurofins Expert Services Oy. o Lausunto; Liimaruuviliitosten suunnitteluohje
EUF129- 25000438-T2	Eurofins Expert Services Oy. o Lausunto; Liimaruuveilla perustuksiin kiinnitettävän liimapuun mastopilarin nurjahduspituuden laskentaohje
Mastopilarikengän mitoitus	
	A-Insinöörit Suunnittelu Oy. o Liimapuupilarikengä, tekninen käyttöohje ja kapasiteetit
Liimapuu	
EN 14080	Puurakenteet. Liimapuu ja liimattu sahatavara. Vaatimukset
Puurakenteiden toteutus	
SFS 5978	Puurakenteiden toteuttaminen. Rakennuksen kantavia rakenneosia koskevat säännöt.

Kiinnikkeet	
DIN 975 SFS-EN ISO 10684	Kiinnittimet. Kuumasinkkipinnoitteet. ○ Kierretanko
Teräsosat	
EN10025-2	Kuumavalssatut rakenneteräkset. Osa 2: Seostamattomat rakenneteräkset. Tekniset toimitusehdot
Teräsosien toteutus	
EN 1090-2	Teräs- ja alumiinirakenteiden toteutus. Osa 2: Teräsrakenteiden tekniset vaatimukset
EN ISO 5817	Hitsaus. Teräksen, nikkelin, titaanin ja niiden seosten sulahitsaus (paitsi sädehitsaus). Hitsiluokat

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 mastopilarikenkäliitoksessa käytettävän mastopilarikengän ja liimaamalla kiinnitettävien kansiruuvien määrän liitokseen kohdistuvien ulkoisten kuormitusten perusteella määritettävien liitoksen sisäisten voimien mukaan.

Liitoksen murtorajatilamitoitustarkastelu tehdään kohdesuunnittelijan määrittämistä kuormituksista syntyville liitosvoimille sekä asennusaikaisen että lopputilanteen kuormitustapauksilla huomioiden muut mitoituksen lähtötiedot.

Liitoksen mitoituksessa tarkastellaan mastopilarikengän kiinnityksen kestävyysliimapuussa. Ohjeessa esitettävien mastopilarikengien mitoitus perustuu liimapuupilarikengän laskelmaselosteeseen, jossa pilarikengä on mitoitettu kansiruuviryhmien ja valittujen peruspulttien maksimikapasiteetin mukaan. Mastopilarikengän ei oleteta olevan mitoittava ohjeen mukaisissa ratkaisuissa.

Liitoksen kapasiteetti määrittyy käytännössä kansiruuviryhmän mukaan, joka mitoitetaan liitosvoimien veto-, puristus- ja leikkausrasituksille. Leikkausvoimakapasiteetti on usein mitoittava, joka tarkistetaan ensimmäisenä.

Liitoksen leikkauskapasiteetti voidaan parantaa pilarin päähän kiinnitettävillä vaarnoilla, kun mastopilarikengän leikkauskapasiteetti ei ole riittävä liitoksen leikkausvoimalle.

Asennustilanteessa, kun liitoksen jälkivalua ei ole tehty, tarkastetaan mastopilarikengän sekä peruspulttien puristuskapasiteetit. Asennustilanteen tarkastelussa peruspultin oletetaan olevan pystysuora, jolloin kengälle ei synny vaakakuormitusta.

Mastopilarikengälle ei ilmoiteta asennustilanteen leikkauskapasiteettia. Kohdekohtaisessa tarkastelussa mastopilarikengän leikkauskapasiteetin voi määrittää kansiruuvien mitoitusohjeiden mukaisesti ja peruspultin kapasiteetin käytettävän tuotteen suunnitteluohjeen mukaan.

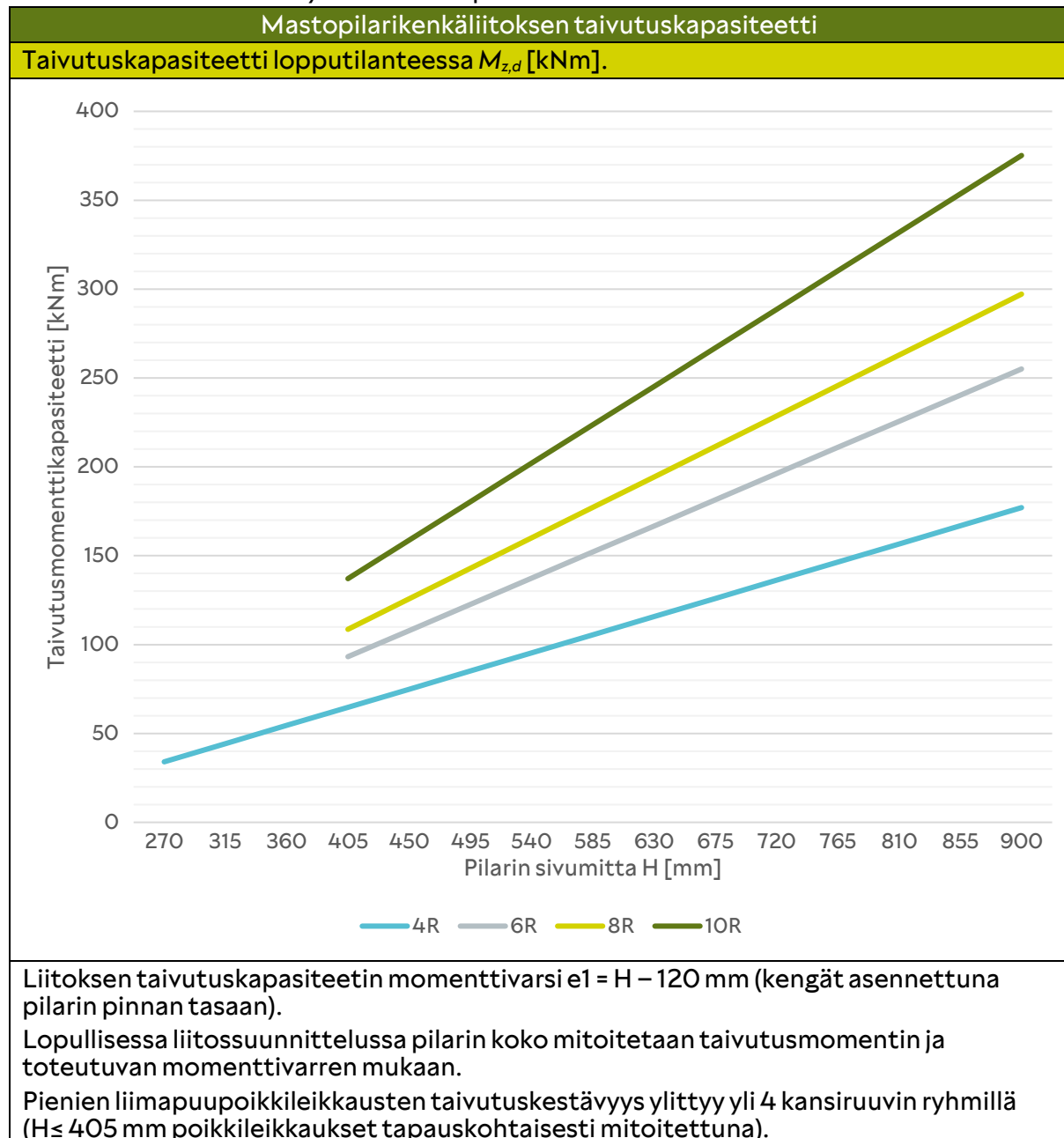
Versowood vakiomastopilarikenkäliitoksen mitoitus työkalu on suunnittelijoiden vapaasti hyödynnettävissä calculationtools.fi palvelussa.

Mastopilarikenkäliitoksen sisäisten voimien ja kansiruuviryhmän mitoituksen laskentakaavat ja mallilaskelma esitetään liitteessä A.

3.2.1 Liitoksen taivutuskapasiteetti

Liimapuupilarin ja vakiomastopilarikengän esimitoitus voidaan tehdä kuvaajan 3.1 mukaan liitoksen taivutusmomentin $M_{z,d}$ [kNm] avulla. Esimitoituksessa tarkastetaan myös liitoksen leikkausvoimakapasiteetti taulukon 3.5 mukaan leikkausvoimalle V_d [kN].

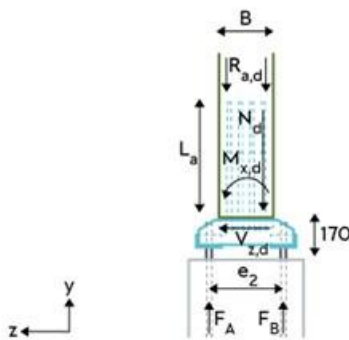
Kuvaaja 3.1. Mastopilarikenkäliitoksen taivutuskapasiteetti ja vähimmäispilarikoko kansiruuviyhjän vetokapasiteetin mukaan



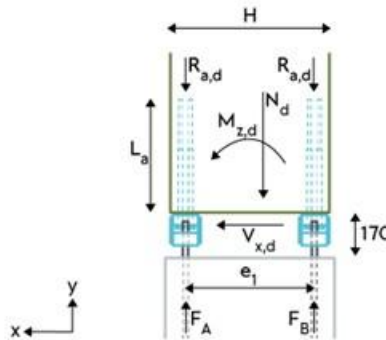
3.2.2 Liitosvoimat

Liitoksen sisäiset voimat määritetään kohdekohtaisen rakennejärjestelmän ja rakennusosien mitoituksen perusteella. Liitosvoimat ja voimien mittatiedot liitoksen eri suunnissa esitetään kuvissa 3.1. ja 3.2.

Pilarin normaalivoima N_d oletetaan keskeiseksi, liitoksen pystykuorman oletetaan jakautuvan tasaisesti kaikille peruspilteille.



Kuva 3.1 Liitosvoimat ja mittatiedot liitoksen suunnassa



Kuva 3.2 Liitosvoimat ja mittatiedot liitoksen sivuttaissuunnassa

Mastopilarikenkien kansiruuviryhmien ja peruspulttien normaalivoimat veto- ja puristussuunnassa määritetään normaalivoiman ja pilarin momentin yhdistelmänä tarkastelusuunnan etäisyyksien mukaan.

Liitoksen momentit määritetään akselin ympäri kohtisuoraan tarkastelusuunnasta. Pilarin korkeussuunnassa (H) tarkasteluetaisyys on kansiruuviryhmien painopisteiden ja peruspulttien etäisyys (e), jotka vakiomastopilarilla ovat samat. Pilarin sivuttaissuunnassa (B) kansiruuvien rasitus määritetään reunimmaisten kansiruuviparien etäisyyden mukaan.

Liitoksen leikkauskapasiteetti tarkastellaan puristetuille kansiruuviryhmille, eli leikkauskuormitus suunnasta kauempana olevalle yhdelle mastopilarikengälle. Vedetyillä kansiruuveilla ei oleteta olevan leikkauskapasiteettia. Lopputilanteessa leikkausvoiman oletetaan siirtyvän juotosvalun kautta peruspilarille.

3.2.3 Liimaamalla kiinnitettävän kansiruuvin kapasiteetti

Mastopilarikengän kiinnittämisessä liimapuuhun käytettävän liimaamalla kiinnitettävän kansiruuvin suunnittelu ja toteutus esitetään Versowood *liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeessa.

Liimaamalla kiinnitettävän vetorasitetun yksittäisen kansiruuvin tartuntakapasiteetti liimapuun päätypuussa eri käyttöluokissa esitetään suunnitteluohjeen taulukossa 3.3.

Liimaamalla kiinnitettävän puristetun yksittäisen kansiruuvin leikkauskapasiteetti liimapuun päätypuussa eri käyttöluokissa esitetään suunnitteluohjeen taulukossa 3.5.

Suunnitteluohjeen taulukossa 3.4. esitetään kansiruuviliitosryhmän vähimmäisreuna- ja keskinäisetäisyydet eri aikaluokissa. Suunnitteluohjeessa esitetään myös ohjeistus keskinäisetäisyyksien ja kapasiteettien pienentämisestä mastopilarikengän suunnittelua varten.

Kansiruuvien tartuntalujuuden lisäksi kansiruuviryhmän lohkeamismurtuma liimapuusta tarkastetaan suunnitteluohjeen mukaan.

Liimaamalla kiinnitettävän kansiruuvin mitoitus perustuu Eurofins Expert Service Oy laatimaan lausuntoon Liimaruuviliitosten suunnitteluohjeeksi.

3.2.4 Kansiruuvir ryhmän vetokapasiteetti lopputilanteessa

Kansiruuvir ryhmien vetokapasiteetti syynsuunnassa liimapuun päätypuusta eri mastopilarikenkien yhdistelmillä esitetään taulukossa 3.3. Kapasiteeteissa on huomioitu ruuvimäärän mukainen mitoitusvetokapasiteetti, ruuviryhmän tehollisen vetopinta-alan lohkeamismurtokapasiteetti sekä toteutuva tartuntapituus.

Taulukko 3.3. Liimattavien kansiruuvir ryhmien vetokapasiteetti lopputilanteessa.

Mastopilarikenkä	Kansiruuvien lukumäärä (x) / mastopilarikenkä			
	10	8	6	4
Vetokapasiteetti lopputilanteessa N_{Rd} [kN].				
TK 240-x/10	481	424	327	-
TK 240-x/8	-	428	331	-
TK 240-6/6	-	-	334	-
TK 215-x/8	-	424	327	-
TK 215-6/6	-	-	334	-
TK 190-x/8	-	381	323	-
TK 190-6/6	-	-	331	-
TK 165-x/6	-	-	327	227
TK 165-4/4	-	-	-	232
TK 140-4/4	-	-	-	232
TK 115-4/4	-	-	-	229
Liitosten suuntakulma $\alpha = 0^\circ - 15^\circ$ Hetkellinen kuormitus $k_{mod} = 1,1$. Tartuntalujuuden osavarmuus $\gamma_m = 1,3$. Käyttöluokka 1. Käyttöluokassa 2 vetokapasiteettia pienennetään kertoimella 0,8. Kansiruuvin toteutuva tartuntapituudessa huomioitu ylälaipan paksuus ($L_a/490$). Ruuvien määrän ollessa reikämäärää pienempi, sijoittelu kuvan 2.5 mukaan.				

3.2.5 Kansiruuvir ryhmän leikkauskapasiteetti lopputilanteessa

Pilariin kohdistuvat leikkauskuormitukset välittyvät perustuksiin mastopilarikengän kautta, jolle kuormitukset välitetään liimatuilla kansiruuveilla. Vakiomastopilarikengän kansiruuvi keskinäisetäisyys $a_h = 40$ mm, ja leikkauskestävyydessä on huomioitu liimaruuviliitosten suunnitteluohjeen kapasiteetin ja keskinäisetäisyyksien pienennyskerroin ($a_h/a_{h,s} = 40$ mm / 75 mm). Mastopilarikengien lopputilanteen leikkauskapasiteetit kansiruuvir ryhmien mukaan kuormituksen hetkellisessä aikaluokassa esitetään taulukossa 3.4.

Liitoksen leikkauskapasiteettia voidaan parantaa myös pilarin alapäähän kiinnitettävällä leikkausputkella tai muilla puuhun upotettavilla teräsosilla.

Taulukko 3.4. Puristuskuormitettujen kansiruuvir ryhmien leikkauskapasiteetti lopputilanteessa kuormituksen hetkellisessä aikaluokassa.

Mastopilarikengä	Kansiruuvi lukumäärä (x) / mastopilarikengä			
	10	8	6	4
Puristetun kansiruuvir ryhmän leikkauskapasiteetti lopputilanteessa $R_{v,d}$ [kN]				
TK 240-x/10	53,3	42,6	32	21,3
TK 215-x/8	-	42,6	32	21,3
TK 190-x/8	-	42,6	32	21,3
TK 165-x/6	-	-	32	21,3
TK 140-x/4	-	-	-	21,3
TK 115-x/4	-	-	-	21,3
Hetkellinen kuormitus $k_{mod} = 1,1$. Liitoksen materiaaliosavarmuus $\gamma_M = 1,3$. Käyttöluokat 1 ja 2. Kapasiteetissa huomioitu kansiruuvi keskinäisetäisyys leikkauskuormituksen suunnassa 40 mm ($a_h/a_{h,s} = 40$ mm / 75 mm) Puristetun ruuviryhmän etäisyys pilarin leikkauskuormitetusta reunasta $\geq 0,5 H$. Ruuvien määrän ollessa reikämäärää pienempi, sijoittelu kuvan 2.5 mukaan.				

Kansiruuvir ryhmien leikkauskapasiteetit eri kuormituksen aikaluokissa esitetään taulukossa 3.5.

Taulukko 3.5. Puristuskuormitettujen liimattujen kansiruuvir ryhmien leikkauskapasiteetti lopputilanteessa eri kuormituksen aikaluokissa

Kansiruuvi [kpl]	Kuormituksen aikaluokka		
	Pysyvä $k_{mod} = 0,6$	Pitkäaikainen $k_{mod} = 0,8$	Hetkellinen $k_{mod} = 1,1$
Puristetun kansiruuvir ryhmän leikkauskapasiteetti lopputilanteessa $R_{v,d}$ [kN]			
6 kpl	17,6	23,3	32,0
8 kpl	23,4	31,1	42,6
10 kpl	29,3	38,9	53,3
Liitoksen materiaaliosavarmuus $\gamma_M = 1,3$. Käyttöluokat 1 ja 2. Puristetun ruuviryhmän etäisyys pilarin leikkauskuormitetusta reunasta $\geq 0,5 H$.			

3.2.6 Mastopilarikenkäliitoksen puristuskapasiteetti lopputilanteessa

Lopputilanteessa puristuskuormitettu mastopilarikenkä tukeutuu liitoksen juotosvaluun. Lopullisessa rakenteessa puristuksen oletetaan välittyvän pääosin suoraan kengän ylälaipan alapuoliselle juotosvalulle, joten lopputilanteen puristuskapasiteetissa mastopilarikenkä ei ole mitoittava osa liitoksessa.

Taulukko 3.6. Liimapuun päätypuun puristuskestävyys mastopilarikengän ylälaipalla

Mastopilarikenkä	Ylälaippa	Kuormituksen aikaluokka		
	L2 x b ₂	Pysyvä $k_{mod} = 0,6$	Pitkäaikainen $k_{mod} = 0,8$	Hetkellinen $k_{mod} = 1,1$
Liimapuun päätypuun puristuskapasiteetti ylälaipalla $R_{A,d}$ [kN]				
TK 240-x	240x100	282	376	517
TK 215-x	215x100	253	337	464
TK 190-x	190x100	223	298	410
TK 165-x	165x100	194	259	356
TK 140-x	140x100	165	220	302
TK 115-x	115x100	135	180	248
Liimapuun materiaaliosavarmuus $\gamma_M = 1,25$. Käyttöluokat 1 ja 2.				

Liimapuun syynsuuntainen puristuskestävyys normaalivoiman ja taivutusrasituksen tukivoimalle F_A [kN] tarkastetaan ensisijaisesti mastopilarin ylälaipan alalla. Liitoksen juotosvalua voidaan hyödyntää liimapuupilarin puristuskuormituksen jakamiseksi suuremmalle alalle kohdekohtaisessa suunnittelussa.

3.2.7 Mastopilarikenkäliitoksen vetokapasiteetti asennustilanteessa

Pilarin momentista aiheutuva vetokuormitus mastopilarikengälle siirretään peruspultille alalaipan yläpuolisten aluslevyjen välityksellä. Mastopilarikengän kansiruuviryhmän vetokapasiteetin mitoituksessa vetokuormitus oletetaan täysin keskeiseksi ja jakautuvan tasaisesti ylälaipassa kansiruuviryhmässä. Peruspulttien oletetaan olevan sivuun siirtyviä.

Mastopilarikenkien asennustilanteen vetokapasiteetit kansiruuviryhmien mukaan esitetään taulukossa 3.7.

Taulukko 3.7. Mastopilarikenkien vetokapasiteetit asennustilanteessa

Mastopilarikenkä	Kansiruuvien lukumäärä (x) / mastopilarikenkä			
	10	8	6	4
Vetokapasiteetti asennustilanteessa N_{rd} [kN]				
TK 240-x	265	265	265	-
TK 215-x	-	280	280	-
TK 190-x	-	300	300	-
TK 165-x	-	-	320	280
TK 140-x	-	-	-	270
TK 115-x	-	-	-	260

3.2.8 Mastopilarikenkäliitoksen puristuskapasiteetti asennustilanteessa

Pilarin normaalivoimasta ja momentista aiheutuva puristuskuormitus siirretään peruspultille alalaipan alapuolisten aluslevyjen välityksellä. Pilarin pystysuuntainen puristuskuormitus oletetaan jakautuvan tasaisesti mastopilarikengän ylälaipalle ja peruspultille. Ilmoitetussa kapasiteetissa on huomioitu pilarikengälle korkeintaan 1/100 vinoustoleranssi pystysuorasta.

Mastopilarikenkien asennustilanteen puristuskapasiteetit kansiruuviryhmien mukaan esitetään taulukossa 3.8.

Taulukko 3.8. Mastopilarikenkien puristuskapasiteetit asennustilanteessa pystysuoralle puristukselle

Mastopilarikengä	Kansiruuvienv lukumäärä (x) / mastopilarikengä			
	10	8	6	4
Puristuskapasiteetti asennustilanteessa N_{rd} [kN]. Pystysuora puristus.				
TK 240-x	-300	-300	-300	-
TK 215-x	-	-320	-320	-
TK 190-x	-	-340	-340	-
TK 165-x	-	-	-350	-260
TK 140-x	-	-	-	-240
TK 115-x	-	-	-	-230

3.3 Käyttörajatilamitoitus

Mastopilariliitoksen muodonmuutoksissa huomioidaan kaikissa liitoksen komponenteissa tapahtuvat muodonmuutokset kuten peruspulttien venymä, kansiruuvienv venymä sekä puun puristuminen.

Mastopilarikengän liimaamalla kiinnitettävien kansiruuvienv aksiaalinen jäykkyys ja liitinryhmän muodonmuutosparametrit määritetään Eurofins Expert Services Oy:n lausunnon EUFI29-25000438-T2 mukaan. Kansiruuvin aksiaalisen jäykkyyden muodonmuutosparametri esitetään taulukossa 3.9 ja mastopilarikengän kuormituksesta aiheutuvan pystysuuntaisen muodonmuutoksen parametrit esitetään taulukossa 3.10.

Ohjeen liitteessä A esitetään liitoksen kokonaismuodonmuutoksen ja siitä aiheutuvan pilarin yläpään vaakasiirtymän mitoitus, joka huomioidaan pilarin taipuman lisäksi kokonaissiirtymän määrittämisessä.

Taulukko 3.9. Liimatun kansiruuvin aksiaalinen siirtymäkerroin

Kansiruuvin materiaali	Liimatyyppi	
	Epoksi	Polyuretaani
Muodonmuutosparametri $K_{ser,ax,R}$ [N/mm] *10 ⁶ .		
5.8	0,285	0,180
Vakioliima vahvistettuna .		

Taulukko 3.10. Mastopilarikenkien muodonmuutosparametrit lopputilanteessa

Mastopilarikengä	Kansiruuvienv lukumäärä (y) / mastopilarikengä			
	10	8	6	4
Muodonmuutosparametri $K_{ser,ax,TK}$ [N/mm] *10 ⁶ .				
TK 240-x/y	1,30	1,15	0,95	-
TK 215-x/y	-	1,20	0,95	-
TK 190-x/y	-	1,60	1,25	-
TK 165-x/y	-	-	1,30	0,85
TK 140-x/y	-	-	-	0,85
TK 115-x/y	-	-	-	0,90
Parametrit määritetty lopputilanteen kuormitukselle kuormitusvälille 0...575 kN				

Lopputilanteessa oletetaan, ettei mastopilarikengään muodostu suuria vaakasuuntaisia muodonmuutoksia liitoksen jälkivalun vuoksi. Vaakasuuntaisen muodonmuutokset syntyvät pääasiassa mastopilarikengän ja liimapuun välillä kansiruuvienv leikkausmuodonmuutoksesta.

3.4 Palotilannemitoitus

Liimaamalla kiinnitettävän kansiruuvin palomitoitus tehdään Liimaruuviliitosten suunnitteluohjeen ja Versowood *liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeen kohdan 3.4 mukaisesti. Kuormitukset ja materiaaliominaisuudet palotilanteessa määritetään suunnittelustandardin EN 1995 palo-osan mukaan.

Palotilanteessa teholliset kansiruuvit määritetään pilarin poikkileikkauksen leveyden (B) sekä suunnitteluohjeen reunaetäisyyden (a_1) mukaan kansiruuviyhmän molemmissa suunnissa. Palotilannemitoituksessa tehollisten kansiruuviyhmien määrä voidaan optimoida valitsemalla pilarin leveyttä pienempi vakiomastopilarikengä taikka sijoittamalla mastopilarikengä irti pilarin reunasta etäisyydelle A [mm] (kts. kuva 4.1). Palomitoitettavissa liitoksissa tavanomaisesti asennetaan kansiruuvit kaikkiin mastopilarikengän reikiin.

Pilarin vähimmäisleveys tarkastetaan palonkestoluokan ja palotilanteessa tehollisten ruuvirivien määrän mukaan. Aikaisemmissa ohjeissa esitettyjä palotilanteen ruuveja ei käytetä.

Vakiomastopilarikengien liimaamalla kiinnitettävien kansiruuviyhmien palotilanteen vetokapasiteetti esitetään taulukossa 3.11. ja leikkauskapasiteetti esitetään taulukossa 3.12.

Taulukko 3.11. Mastopilarikengien liimattujen kansiruuviyhmien vetokapasiteetit palotilanteessa.

Mastopilarikengä	B [mm]	A [mm]	R30	R60
Vetokapasiteetti palotilanteessa $N_{rd,fi}$ [kN].				
TK 240-10/10	280	50	642 (10)	406 (6)
TK 240-10/10	240	0	217 (3)	-
TK 240-10/10	240	50	406 (6)	151 (2)
TK 240-8/8	240	0	151 (2)	-
TK 240-8/8	240	50	282 (4)	282 (4)
TK 240-6/6	240	0	81 (1)	-
TK 240-6/6	240	50	151 (2)	151 (2)
TK 215-8/8	240	50	282 (4)	282 (4)
TK 215-8/8	215	0	151 (2)	-
TK 215-8/8	215	30	282 (4)	-
TK 215-6/6	215	50	151 (2)	151 (2)
TK 190-8/8	240	30	525 (8)	151 (2)
TK 190-8/8	190	0	151 (2)	-
TK 190-8/8	190	30	282 (4)	-
TK 190-6/6	215	50	151 (2)	151 (2)
TK 190-6/6	190	0	81 (1)	-
TK 190-6/6	190	30	151 (2)	-
TK 165-6/6	240	50	406 (6)	151 (2)
TK 165-6/6	215	50	406 (6)	151 (2)
TK 165-6/6	165	0	81 (1)	-
TK 165-6/6	165	30	151 (2)	-
Aikaluokkakerto $k_{mod} = 1,0$. Materiaaliosavarmuus $\gamma_M = 1,0$. Kansiruuvin toteutuva tartuntapituudessa huomioitu ylälaipan paksuus ($L_a/490$). Suluissa () palotilanteessa toimivien liittimien määrä.				

Taulukko 3.12. Puristuskuormitettujen mastopilarikenkien liimattujen kansiruuviryhmien leikkauskapasiteetit palotilanteessa.

Mastopilarikenkä	B [mm]	A [mm]	R30	R60
Leikkauskapasiteetti palotilanteessa $N_{rd,fi}$ [kN].				
TK 240-10/10	280	50	63,0 (10)	37,8 (6)
TK 240-10/10	240	0	18,9 (3)	-
TK 240-10/10	240	50	37,8 (6)	12,6 (2)
TK 240-8/8	240	0	12,6 (2)	-
TK 240-8/8	240	50	25,2 (4)	25,2 (4)
TK 240-6/6	240	0	6,3 (1)	-
TK 240-6/6	240	50	12,6 (2)	12,6 (2)
TK 215-8/8	240	50	25,2 (4)	25,2 (4)
TK 215-8/8	215	0	12,6 (2)	-
TK 215-8/8	215	30	25,2 (4)	-
TK 215-6/6	215	50	12,6 (2)	12,6 (2)
TK 190-8/8	240	30	50,4 (8)	12,6 (2)
TK 190-8/8	190	0	12,6 (2)	-
TK 190-8/8	190	30	25,2 (4)	-
TK 190-6/6	215	50	12,6 (2)	12,6 (2)
TK 190-6/6	190	0	6,3 (1)	-
TK 190-6/6	190	30	12,6 (2)	-
TK 165-6/6	240	50	37,8 (6)	12,6 (2)
TK 165-6/6	215	50	37,8 (6)	12,6 (2)
TK 165-6/6	165	0	6,3 (1)	-
TK 165-6/6	165	30	12,6 (2)	-
Aikaluokkakerroin $k_{mod} = 1,0$. Materiaaliosavarmuus $\gamma_M = 1,0$. Kapasiteetissa huomioitu kansiruuvien keskinäisetäisyys leikkauskuormituksen suunnassa 40 mm ($a_h/a_{h,s} = 40 \text{ mm} / 75 \text{ mm}$). Puristetun ruuviryhmän etäisyys pilarin leikkauskuormitetusta reunasta $\geq 0,5 H$. Suluissa () palossa toimivien liittimien määrä.				

Mastopilarikenkää ei ole mitoitettu palotilanteelle. Mastopilarikenkä suojataan palotilanteessa liitoksen jälkivalulla perustussuunnitelmien mukaan.

Teräksen myötölujuus heikkenee 400 °C alkaen. Suojabetonipaksuus määritetään betonilämpötilakehitykseen perustuen standardipalossa siten, ettei teräksen lämpötila nouse yli 450 °C. Jälkivalun voidaan yleisesti katsoa suojaavan mastopilarikenkää palotilanteessa paksuuden ollessa 15 mm R30 tai 35 mm R60 palonkestolla.

Liimapuun mahdollinen palosuojauskäsittely B-luokkaan ei vaikuta palomitoitukseen.

4 Suunnittelu

Mastopilarikenkäliitosta voidaan soveltaa erilaisissa käyttötilanteissa tässä ohjeessa esitettäviä periaatteita noudattaen.

Rakennesuunnittelussa määritetään liimapuupilarin ja perustuksen yhteinen geometria sekä mahdolliset rajoitteet mastopilarikengän sijoitukselle pilarissa. Mastopilarin esimerkkiiliitos perustukseen esitetään liitteessä C.

Perustusrakenteiden suunnittelussa huomioidaan pilarin lopputilanteen kuormitukset sekä asennustilanteen puristustarkastelussa peruspulttien kapasiteetti, suoruus ja asennuksen epäkeskisyys. Perustussuunnittelija määrittää käytettävät peruspultit sekä laatii peruspulttikaaviot liimapuurakenteiden suunnittelijan laatimien tuotantosuunnitelmien mukaan noudattaen peruspulttien tuotevalmistajan ohjeita.

Liimapuupilarin tuotantosuunnitelmassa esitetään mastopilarikengän asennus liimapuuhun ohjeen liitteen B mallituotantosuunnitelman mukaisesti. Liimattavien kansiruuvien toteutus on määritetty Versowood – *liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeessa.

Kuvassa 4.1 esitetään liimapuupilarin alapää, jossa mastopilarikengä on sijoitettu irti liimapuun pinnasta etäisyydelle A. Liimapuupilarin alapää kosteussuojataan kansiruuvien kiinnittämisessä käytettävällä matala viskositeettisellä epoksiliimalla, joka nostetaan pilarin sivulle tuotantosuunnitelman mukaan (esim. $a = 20 \text{ mm}$).

Mastopilarikengäkokona voidaan käyttää pilarin paksuutta kapeampia kenkiä ja kenkä voidaan asentaa pinnasta sisään päin, jolloin palotilanteen tehollisten kansiruuvien määrä on suurempi. Samalla myös liitoksen jälkivalun suojabetonipaksuus palon ja korroosion suojauksena kasvaa.

Mastopilarikenkäliitoksen mitoituksessa tarkastetaan:

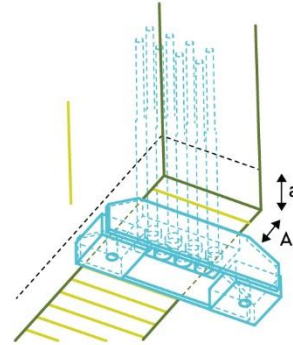
1. Liimapuupilarin vähimmäiskorkeus H [mm] taivutusmomentin $M_{z,d}$ [kNm] mukaan (kuvaaja 3.1)
2. Yhden kansiruuviryhmän leikkauskapasiteetti liitoksen leikkausvoimalle $V_{x,d}$ [kN] (taulukko 3.4)
3. Kansiruuviryhmän vetokapasiteetti liitoksen vetovoimalle F_B [kN] (taulukko 3.3)
4. Liimapuun päätypuun puristuskestävyys mastopilarikengän ylälaipalla liitoksen puristusvoimalle F_A [kN] (tarvittaessa tarkastelu laajemmalle juotosvalun alalle)
5. Kansiruuviryhmän pystysuuntainen venymä osana muodonmuutostarkastelua
6. Palotilanteen mitoitus huomioiden teholliset kansiruuvit

4.1 Suunnitteluohjeet ja -työkalut

Liitoksen suunnittelu ja mitoitus tehdään tämän ohjeen mukaisesti noudattaen lisäksi Versowood Liimapuuhallin suunnitteluohjetta, sekä Versowood Liimatut kiinnikkeet ohjetta. Kaikki ohjeet ovat ladattavissa osoitteessa Versowood.fi.

Suunnittelussa huomioidaan liimapuun ominaisuudet ja toteutuksen toleranssit Versowood *liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* -ohjeen mukaan.

Liitoksen Tekla Structures mallinnustyökalu on ladattavissa Tekla Warehouse palvelusta.



Kuva 4.1 Mastopilarikengä liimapuupilarin alapäässä

4.2 Mallisuunnitelmat

Ohjeen liitteenä on esitetty 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.

Liitoksen konepajaosan tuotantosuunnitelma on esitetty ohjeen liitteenä. Toteutuskohteen vastaava rakennesuunnittelija tarkastaa ja hyväksyy liitososan käytön kohdekohtaisesti. Konepaja osan mitoituksen laajempi laskentaseloste toimitetaan pyydettyä.

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

Liimapuukokoonpanoon liitetty mastopilarikenkä kiinnitetään työmaalla peruspultteihin kohdekohtaisen suunnitelman mukaisesti. Asennusaikana pilarikenkä kannatellaan pulteista/muttereista, joiden avulla pilarin korkoasema ja pystysuoruus säädetään suunnitelmien mukaiseksi. Pilareiden tulee asennustilanteessa olla tuettuna sivuttaissuunnassa. Kohteen vastaava rakennesuunnittelija vastaa asennusaikaisen stabiliteetin suunnittelusta.

Liitoksen peruspultit määritetään kohdekohtaisesti perustussuunnitelmissa huomioiden peruspulttivalmistajan kapasiteetit sekä toteutusohjeet ja käytön rajoitteet.

Liitoksen juotosvalu on tehtävä painelaatikkovaluna juotoslaastilla. Massan lujuusluokka määräytyy perustusrakenteiden lujuuden mukaan, kuitenkin vähintään C 40/50. Massan tulee olla helposti tiivistyvää ja suurin raekoko korkeintaan 3 mm. Massan kuivumiskutistumisen tulee olla mahdollisimman pientä. Kovettumisen aikana liitoksen muodonmuutokset tulee estää. Valutyön toteutuksessa on noudatettava valmistajan ohjeita.

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

Asennuksessa huomioidaan:

- Peruspulttien sijainti ja korko perustussuunnitelman mukaan
- Peruspulttikoon mukaiset vahvistetut aluslevyt perustussuunnitelmien mukaan
- Mutterit ja aluslevyt asetetaan peruspultteihin korkoaseman mukaan
- Pilarin nostamisessa huomioidaan Versowood asennus- ja käsittelyohjeet sekä kohdekohtaisen asennussuunnitelman ohjeet
- Pilarin korkoasema ja pystysuoruus säädetään asennustilanteessa
- Liitosmutterit kiristetään ja tarvittavat tuennat asennetaan ennen nosto-osien irrottamista
- Liitokselle sallitaan asennusaikaisen tilanteen kuormitus, kun liitosmutterit on kiristetty
- Liitokselle sallitaan lopputilanteen kuormitus, kun juuren jälkivalu on kovettunut

Katso myös Versowood *Liimapuukokoonpanojen asennus- ja käsittelyohje*, sekä *liimapuutoimituksen kosteudenhallintaohje*.

6 Suunnittelun tukemme

Versowood kehittää jatkuvasti liimapuuratkaisuja ja niihin liittyvää ohjeistusta suunnittelun ja toteutuksen tueksi. Liimapuumateriaalitiedon ja suunnittelun yleisten ohjeiden lisäksi tarjotaan yleisimpien liimapuuratkaisujen 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.

Yleisimmille liimapuurakenteille ja vakioliitoksille tarjotaan mitoitustyökaluja calculationtools.fi palvelussa osoitteessa

calculationtools.com/versowood/

6.2 Hyväksynnit

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 hyväksynnit esitetään Versowood *Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus* asiakirjan liitteessä A – Laadunvalvontaseloste.

Mastopilarikengän kohdekohtainen kelpoisuus kohteen vastaavan rakennesuunnittelijan hyväksynnällä liimapuupilarikengän laskelmaselosteen mukaan. Konepajavalmisteisen teräsosan vaatimustenmukaisuuden todentaminen valmistajan laadunvarmennusjärjestelmän mukaan.

6.3 Ohjeet

Tämän ohjeen rinnalla suosittelemme tutustumaan yleisiin liimapuurakenteiden ohjeisiin.

ohje	sisältö
HalliPES	Suurten jännevälien avoin puuelementtistandardi (Puuinfo.fi) o Mastopilarikengä
HalliPES	Liimapuupilarikengä, tekninen käyttöohje

Tämän ohjeen rinnalla suosittelemme tutustumaan liittyviin Versowood ohjeisiin.

ohje	sisältö
VW101	Liimapuun tekniset ominaisuudet ja toteutus
VW201	Suunnitteluohje – Liimapuuhallit
VW205	Suunnitteluohje – Liimatut kiinnikkeet

7 Ohjeen revisiot

versio	päiväys	muutos, täydennys
1.0	5.5.2025	Ensijulkaisu
1.1	30.1.2026	Kappale 3.2 murtorajatilamitoitustaulukkojen täydennys. Kappale 3.3 kansiruuviin jäykkyyssuunnitelma lisätty. Kappale 3.4 palomitoitustaulukot lisätty ja ohjeistettu. Kappale 4 liitoksen mitoitussisältö kuvattu. Liite A. Mitoitus ja mallilaskelma lisätty.

8 Liitteet

- A. Mastopilarikenkäliitoksen mitoitus
- B. Tuotantosuunnitelman malli
- C. Liitosdetaljit
- D. Liitososakuvat

A. Mastopilarikenkäliitoksen mitoitus

Tässä liitteessä esitetään laskentakaavat ja käytettävät mitoituksen lähtötiedot tämän ohjeen mukaiselle mastopilarikenkäliitokselle.

Mastopilarikengän kiinnityksessä käytettävien liimattavien kansiruuvien mitoitus esitetään *Versowood Liimatut kiinnikkeet* suunnitteluohjeessa.

Kuormitustapaukset

Liitoksen voimasuureet eri kuormitustapauksista tulevat rungon mitoituksesta eri kuormitustilanteista. Suunnittelija määrittää tarkasteltavat liitos eri voimasuureyhdistelmille.

Liitoksen mitoituksessa tarvittavat suureet ovat pystykuormitus N_d , vaakavoima pilarin juuressa V_d sekä pilarin taivutusmomentti M_d .

Liitoksen taivutuskapasiteetti

Liitoksen taivutuskapasiteetti määritetään ruuviryhmien keskiöetäisyyksien mukaisen sisäisen voimavarren avulla. Liimapuun pintoihin asennettujen mastopilarikengien sisäinen voimavarsi e_1 [mm] lasketaan kaavalla:

$$e_1 = H - 2 * \left(\frac{b_1}{2} \right) \quad \left| \begin{array}{l} , \text{jossa} \\ H \quad \text{pilarin korkeus [mm]} \\ b_1 \quad \text{pilarikengän kokonaisleveys [120 mm]} \end{array} \right.$$

Pystykuormittamattoman mastopilarikenkäliitoksen taivutuskapasiteetti määritetään kaavalla:

$$M_{d,max} = e_1 * N_{r,d} \quad \left| \begin{array}{l} , \text{jossa} \\ N_{r,d} \quad \text{ruuviryhmän vetokapasiteetti [kN]} \\ e_1 \quad \text{ruuviryhmien välinen etäisyys [mm]} \end{array} \right.$$

Kansiruuviryhmän leikkauskapasiteetti

Liitoksen leikkauskapasiteetissa huomioidaan ainoastaan puristettujen kansiruuviryhmien, eli käytännössä yhden mastopilarikengän leikkauskapasiteetti. Vakiomastopilarikengien leikkauskapasiteetit $R_{v,d}$ [kN] esitetään ohjeen taulukossa 3.5.

Liitoksen leikkauskapasiteetin käyttöaste [%] tarkastetaan kaavalla:

$$KA = \frac{V_d}{R_{v,d}} \quad \left| \begin{array}{l} , \text{jossa} \\ V_d \quad \text{leikkausvoima liitoksessa [kN]} \\ R_{v,d} \quad \text{kansiruuviryhmän leikkauskapasiteetti [kN]} \end{array} \right.$$

Liitoksen veto- ja puristusvoimat

Liitoksen mastopilarikenkäkohtaiset määräävät pystysuuntaiset voimasuureet vedolle ja puristukselle lasketaan kuormitusyhdistelmien minimi ja maksimi pystykuormituksen N_d , ja taivutusmomentin M_d mukaan kaavoilla:

$$F_A = \frac{N_d}{2} + \frac{M_d}{e_1}$$

$$F_B = \frac{N_d}{2} - \frac{M_d}{e_1}$$

, jossa

F_A puristusvoima liitoksessa [kN]

F_B vetovoima liitoksessa [kN]

N_d pystykuorma (minimi tai maksimi) [kN]

M_d momentti (minimi tai maksimi) [kNm]

e_1 ruuviryhmien välinen etäisyys [mm]

Liitoksen vetokapasiteetti

Mastopilarikenkäkiinnityksen liimattavien kansiruuviryhmien vetokapasiteetit lopputilanteessa esitetään ohjeen taulukossa 3.3 ja asennustilanteessa ohjeen taulukossa 3.7.

Liitoksen kansiruuviryhmien ja mastopilarikengän käyttöasteet [%] tarkastetaan kaavalla:

$$KA = \frac{F_B}{N_{r,d}}$$

, jossa

F_B vetovoima liitoksessa [kN]

$N_{r,d}$ vetokapasiteetti [kN]

Liitoksen puristuskapasiteetti

Liitoksen puristuskapasiteetti määräytyy asennustilanteessa mastopilarikengän puristuskapasiteetin mukaan ja lopputilanteessa liimapuun päätypuun puristuskestävyyden mukaan mastopilarikengän liitosalalla. Pystykuormituksen oletetaan jakautuvan tasaisesti mastopilarikengille.

Vakiomastopilarikenkien puristuskapasiteetit asennustilanteessa esitetään taulukossa 3.8. Puristuskapasiteetin käyttöaste [%] tarkastetaan kaavalla:

$$KA = \frac{F_A}{N_{r,d}}$$

, jossa

F_A puristusvoima liitoksessa [kN]

$N_{r,d}$ mastopilarikengän puristuskapasiteetti [kN]

Vakiomastopilarikengien puristuskapasiteetit lopputilanteessa esitetään ohjeen taulukossa 3.6. Kapasiteetti $R_{A,d}$ [kN] määritetään liimapuun päätypuun puristuskestävyyden mukaan mastopilarikengän liitosalalla kaavoilla:

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\gamma_M}$$

$$A_{pur} = L_2 * b_2$$

$$R_{A,d} = f_{c,0,d} * A_{pur}$$

, jossa

k_{mod} aikaluokkakerroin

γ_M liimapuun materiaaliosavarmuuskerroin (1,25)

$f_{c,0,k}$ liimapuun ominaispuristuslujuus syynsuunnassa [N/mm²]

L_2 mastopilarikengän liitospinnan pituus [mm]

b_2 mastopilarikengän liitospinnan leveys [100 mm]

$R_{A,d}$ liimapuun päätypuun puristuskapasiteetti [kN]

Liitosalan puristuskapasiteetin käyttöaste [%] tarkastetaan kaavalla:

$$KA = \frac{F_A}{R_{A,d}}$$

, jossa

F_A puristusvoima liitoksessa [kN]

$R_{A,d}$ liimapuun päätypuun puristuskapasiteetti [kN]

Lopputilanteessa puristuksen oletetaan välittyvän pääosin suoraan mastopilarikengän ylälaipan alapuoliselle juotosvalulle, jolloin mastopilarin puristuskapasiteetti ei ole mitoittava osa liitoksessa.

Mikäli liimapuun päätypuun puristuskapasiteetti mastopilarikengän ylälaipan liitosalalla ylittyy, tarkastetaan juotosvalun tarvittava laajuus ja kapasiteetti puristukuormalle.

Käyttörajatilamitoitus

Mastopilarikengäliitoksen käyttörajatilamitoitukseen liittyy liitoksen leikkaus- ja kiertymäjäykkyys. Liitoksen kiertymäjäykkyyttä hyödynnetään murtorajatilan stabiliteettimitoituksessa pilarin nurjahduspituuden määrittämisessä.

Mastopilariliitossa syntyvät leikkausmuodonmuutokset syntyvät pääasiassa kansiruvien leikkaustason muodonmuutoksista. Tämän arvioimiseen voidaan hyödyntää RIL 205-1-2017 taulukkoa 7.1. Kuormat oletetaan siirtymän mastopilarikengältä suoraan juotosvalulle niin, että pilarikengässä ei synny leikkausmuodonmuutoksia. Puikkoliitoksen siirtymäkerroin saadaan laskettua seuraavalla kaavalla:

$$K_{ser.v} = \rho_{mean}^{1.5} * d/23$$

, jossa

$K_{ser.v}$ Liittimen siirtymäkerroin leikkaustasoa kohti käyttörajatilassa [N/mm]

ρ_{mean} Liitettävän puun keskimääräinen tiheys [kg/m³]

d Liittimen halkaisija [mm]

Mastopilarikenkäliitoksen kiertymäjäykkyys muodostuu usean eri komponentin kokonaisuudesta. Vedetyn liitoksen jäykkyys muodostuu pääasiassa kansiruuvien, mastopilarikengän sekä peruspulttien jäykkyydestä. Puristun liitoksen kiertymäjäykkyyteen vaikuttavat puun ja betonin puristusjäykkyydet.

Vedetyn kansiruuviryhmän aksiaalinen siirtymäkerroin $K_{t,1}$ [N/mm] lasketaan kaavalla:

$$K_{t,1} = n_t * K_{ser.ax.R}$$

, jossa	
$K_{t,1}$	Kansiruuviryhmän jäykkyystekijä [N/mm]
n_t	Vedettyjen kansiruuvien lukumäärä [-]
$K_{ser.ax.R}$	Kansiruuvin aksiaalinen siirtymäkerroin [N/mm]

Mastopilarikengän aksiaalinen siirtymäkerroin $K_{ser.ax,TK}$ [N/mm] saadaan ohjeen taulukosta 3.10, joka vastaa suoraan mastopilarikengän jäykkyystekijää $K_{t,2}$.

Vedettyjen peruspulttien jäykkyyden laskentaan sovelletaan SFS-EN 1993-1-8 taulukkoa 6.11 (Vedetyt perustusruuvit) seuraavasti:

$$K_{t,3} = n_b * \frac{E_b * A_b}{l_b}$$

, jossa	
$K_{t,3}$	Vedettyjen peruspulttien jäykkyystekijä [N/mm]
n_b	Peruspulttien lukumäärä [-]
E_b	Peruspulttien kimmomoduuli [N/mm ²]
A_b	Peruspultin jännityspinta-ala [mm ²]
l_b	Peruspultin venymäpituus [mm]

Peruspultin venymäpituus määritetään SFS-EN1993-1-8 mukaan kaavalla:

$$l_b = 8 * d_{ef} + t_{grout} + t_{plate} + t_{washer} + 0.5t_{nut}$$

, jossa	
l_b	Peruspultin venymä [mm]
d_{ef}	Peruspultin nimellishalkaisija [mm]
t_{grout}	Jälkivalun korkeus (peruspilarin ja mastopilarikengän välillä) [mm]
t_{washer}	Ylemmän aluslevyn paksuus [mm]
t_{nut}	Mutterin korkeus [mm]

Vetokuormitetun mastopilarikenkäliitoksen kokonaisjäykkyys K_t lasketaan vedettyjen komponenttien käänteislukujen summasta kaavalla:

$$K_t = \frac{1}{\sum \frac{1}{K_{t,i}}}$$

, jossa	
K_t	Vetopuolen jäykkyys [N/mm]
$K_{t,i}$	Vedetyn komponentin i jäykkyystekijä [N/mm]

Puristuspuolella vaikuttavat komponentit ovat liimapuun ja betonin puristus. Teräksen puristus oletetaan tässä merkityksettömäksi, koska sen kimmomoduuli on selkeästi suurempi puuhun ja betoniin verrattuna. Puristetun betonin jäykkyys parametrin määrittämiseen sovelletaan SFS-EN 1993-1-8 taulukossa määritettyä puristetun betonin jäykkyystekijää seuraavasti:

$$K_{c.1} = \frac{E_c \sqrt{A_{eff}}}{1.275}$$

, jossa

 $K_{c.1}$ Puristetun betonin jäykkyystekijä [N/mm]

 E_c Betonin kimmomoduuli [N/mm²]

 A_{eff} Tehollinen puristusala [mm²]

Puristetulle puulle ei ole suunnittelunormeissa määritelty vastaavasti jäykkyystekijää. Liimapuun jäykkyystekijä voidaan tässä tapauksessa arvioida vastaavasti betonin puristuskomponentin kanssa.

$$K_{c.2} = \frac{E_{0,mean} \sqrt{A_{eff}}}{1.275}$$

, jossa

 $K_{c.2}$ Puristetun puun jäykkyystekijä [N/mm]

 $E_{0,mean}$ Liimapuun keskimääräinen kimmomoduuli syiden suunnassa [N/mm²]

 A_{eff} Tehollinen puristusala [mm²]

Mastopilarikenkäliitoksen puristetun puolen kokonaisjäykkyys K_c saadaan laskettua puristettujen komponenttien käänteislukujen summasta seuraavalla kaavalla:

$$K_c = \frac{1}{\sum \frac{1}{K_{c.i}}}$$

, jossa

 K_c Puristuspuolen jäykkyys [N/mm]

 $K_{c.i}$ Puristus komponentin i jäykkyystekijä [N/mm]

Liitoksessa taivutusmomentista syntyvien muodonmuutoksien laskentaa varten tarvitsee määritellä liitoksen kiertymäjäykkyys. Seuraavassa kiertymäjäykkyyden laskennassa oletetaan, että rasitukset vaikuttavat liitoksessa keskeisesti, eikä merkittäviä epäkeskeisyyksiä esiinny.

$$K_\theta = \frac{e_1^2}{\frac{1}{K_t} + \frac{1}{K_c}}$$

, jossa

 K_θ Liitoksen kiertymäjäykkyys [Nmm/rad]

 K_t Vetopuolen jäykkyys [N/mm]

 K_c Puristuspuolen jäykkyys [N/mm]

 e_1 Sisäinen voimavarsi [mm]

Liitoksessa syntyvä momentista aiheutuva kiertymä voidaan määritellä nyt liitoksen kiertymäjäykkyyden ja momenttirasituksen kautta, joka esitetty seuraavassa kaavassa. Laskettua kiertymäjäykkyyttä voidaan hyödyntää myös elementtimenetelmää hyödyntävissä kehäanalyysissä siirtymien arviointiin.

$$\theta = \frac{M_{Ek/Ed}}{K_{\theta}}$$

, jossa	
θ	Liitoksen kiertymä [rad]
$M_{Ek/Ed}$	Liitoksessa vaikuttava momentti [Nmm]
K_{θ}	Liitoksen kiertymäjäykkyys [Nmm/rad]

Liitoksen kiertymästä johtuva pilarin yläpään siirtymä Δ [mm] arvioidaan kaavalla:

$$\Delta = \tan(\theta) * L$$

, jossa	
Δ	Pilarin yläpäässä tapahtuva siirtymä liitoksen kiertymästä [mm]
L	Pilarin pituus [mm]

Kiertymäjäykkyyttä voidaan hyödyntää murtorajatilan stabiliteettitarkasteluissa pilarin nurjahduspituuden määrittämiseen. Murtorajatilatarkasteluissa tulee huomioida, että puun kimmokertoimenä käytetään ominaisarvoa ($E_{0.05}$). Murtorajatilan kiertymäjäykkyys saadaan laskettua seuraavasta:

$$K_{\theta.u} = \frac{2}{3} K_{\theta}$$

, jossa	
$K_{\theta.u}$	Liitoksen kiertymäjäykkyys murtorajatilatarkasteluissa [Nmm/rad]
K_{θ}	Liitoksen kiertymäjäykkyys [Nmm/rad]

Palotilannemitoitus

Mastopilarikenkäliitoksen palotilannemitoitus tehdään murtorajatilamitoituksen kaavoilla huomioiden palotilanteen kuormitukset ja palonkestoajan mukainen liimapuun poikkileikkauksen pienentyminen hiiltymästä johtuen.

Vakiomastopilarikenkien kansiruuviyryhmien kapasiteetit palotilanteessa esitetään ohjeen kappaleessa 3.4. Liimaamalla kiinnitettävien kansiruuviyryhmien tehollinen määrä määritetään Versowood *Liimatut kiinnikkeet* ohjeen mukaan. Liitoksen sisäinen voimavarsi e_l [mm] määritetään tehollisten kansiruuviyryhmien mukaan.

A.1. Mallilaskelma. Mastopilarikenkäliitos.

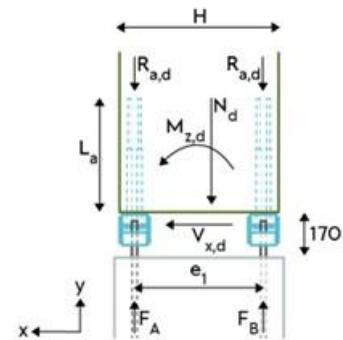
Liitoksen taivutuskapasiteetti

Liitoksen tiedot:

Mastopilarikengä	TK215-8/8
Liimapuun leveys	$B = 215 \text{ mm}$
Liimapuun korkeus	$H = 630 \text{ mm}$
Kuormituksen aikaluokka	Hetkellinen
Käyttöluokka	1

Taulukkotiedot:

Ruuviryhmän vetokapasiteetti	$N_{r,d} = 424 \text{ kN}$
------------------------------	----------------------------



Sisäisen voimavarren laskenta:

$$e_1 = H - 2 * \left(\frac{b_1}{2} \right) = 630 \text{ mm} - 2 * \left(\frac{120 \text{ mm}}{2} \right) = 510 \text{ mm}$$

Pystykuormittamattoman mastopilarikengäliitoksen taivutuskapasiteetti:

$$M_{d,H,max} = e_1 * N_{r,d} = 0,510 \text{ m} * 424 \text{ kN} = 216 \text{ kNm}$$

Liitoksen mastopilarikengän ja liimapuupilarin kokojen alustavassa määrittämisessä tulee vähintään varmistaa yhden mastopilarikengän leikkauskapasiteetin sekä pilarin sisäisen voimavarren mukaan määritettävän taivutuskapasiteetin riittävydet määrävälle kuormitukselle. Liitoksen varsinainen mitoitus esimerkkimitoituksen mukaan kaikissa kuormitustapauksissa.

Pystykuormitetun mastopilarikenkäliitoksen kapasiteetti

Tarkastetaan liitoksen kapasiteetti esimerkkikuormitukselle lopputilanteessa.

Kuormitukset:

Leikkausvoima	$V_d = 40 \text{ kN}$
Taivutusmomentti	$M_d = 150 \text{ kNm}$
Normaalivoima	$N_{d,\min} = 25 \text{ kN}$

Taulukkotiedot:

Leikkauskapasiteetti	$R_{v,d} = 42,6 \text{ kN}$
Pilarikengän vetokapasiteetti	$N_{r,d} = 475 \text{ kN}$

Leikkauskestävyys

$$KA = \frac{V_d}{R_{v,d}} = \frac{40,0 \text{ kN}}{42,6 \text{ kN}} = \underline{94 \%} = OK$$

Vetovoima liitoksessa

$$F_B = -\frac{N_d}{2} + \frac{M_d}{e_1} = -\frac{25 \text{ kN}}{2} + \frac{150 \text{ kNm}}{0,51 \text{ m}} = 282 \text{ kN}$$

Kansiruuviryhmän vetokestävyys KA

$$KA = \frac{F_B}{N_{r,d}} = \frac{282 \text{ kN}}{424 \text{ kN}} = \underline{67 \%} = OK$$

Mastopilarikengän vetokestävyys KA

$$KA = \frac{F_B}{N_{r,d}} = \frac{282 \text{ kN}}{475 \text{ kN}} = \underline{59 \%} = OK$$

Puristusvoima liitoksessa

$$F_A = -\frac{N_d}{2} - \frac{M_d}{e_1} = -\frac{25 \text{ kN}}{2} - \frac{150 \text{ kNm}}{0,51 \text{ m}} = -307 \text{ kN}$$

Liimapuun päätypuun puristuskestävyys

$$f_{c,0,d} = \frac{k_{mod} * f_{c,0,k}}{\gamma_M} = \frac{1,1 * 24,5 \text{ N/mm}^2}{1,25} = 21,6 \text{ N/mm}^2$$

$$A_{pur} = L_2 * b_2 = 215 \text{ mm} * 100 \text{ mm} = 21\,500 \text{ mm}^2$$

$$R_{A,d} = f_{c,0,d} * A_{pur} = 21,6 \text{ N/mm}^2 * 21\,500 \text{ mm}^2 = 464 \text{ kN}$$

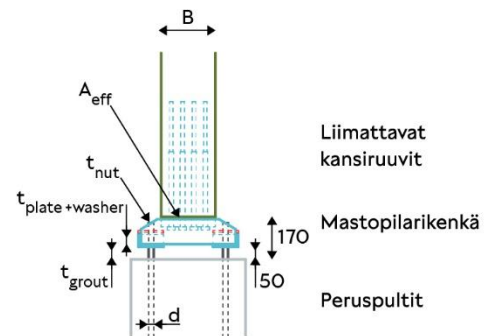
$$KA = \frac{F_A}{R_{A,d}} = \frac{307 \text{ kN}}{464 \text{ kN}} = \underline{66 \%} = OK$$

Mastopilarikenkäliitoksen kiertymäjäykkyys ja liitossiirtymä

Tarkastetaan liitoksen jäykkyydestä aiheutuva pilarin yläpään vaakasiirtymä käyttörajatilassa esimerkkikuormituksella.

Liitoksen tiedot:

Mastopilarikenkä	TK215-8/8
Kansiruuvienv määrä	$n_t = 8$ kpl
Pilarin pituus	$L = 7\,000$ mm



Kuormitus:

Taivutusmomentti	$M_{Ek} = 100$ kNm
------------------	--------------------

Taulukkotiedot:

Kansiruuvienv siirtymäkerroin	$K_{ser.ax.R} = 0,258 \times 10^6$ N/mm
Mastopilarikengän siirtymäkerroin	$K_{ser.ax.TK} = 1,20 \times 10^6$ N/mm

Peruspultin tiedot:

Määrä	$n_b = 2$ kpl
Halkaisija	$d = 30$ mm
Jännityspinta-ala	$A_b = 707$ mm ²
Kimmomoduuli	$E_b = 200\,000$ N/mm ²

Liitospinta-ala	$A_{eff} = 120 \times 215$ mm ²
Betonin kimmomoduuli	$E_c = 34\,000$ N/mm ²
Puun kimmomoduuli	$E_{0,mean} = 13\,000$ N/mm ²

Kansiruuviryhmän siirtymäkerroin:

$$K_{t.1} = n_t * K_{ser.ax.R} = 8 * 0,258 * 10^6 = 2,064 * 10^6 \text{ N/mm}$$

Mastopilarikengän siirtymäkerroin:

$$K_{t.2} = K_{ser.ax.TK} = 1,200 * 10^6 \text{ N/mm}$$

Peruspultin venymäpituus:

$$l_b = 8 * d_{ef} + t_{grout} + t_{plate} + t_{washer} + 0,5 * t_{nut} \\ = 8 * 30 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 50 \text{ mm} + 8 \text{ mm} + 0,5 * 24 \text{ mm} = 360 \text{ mm}$$

Peruspulttien siirtymäkerroin:

$$K_{t,3} = n_b * \frac{E_b * A_b}{l_b} = 2 * \frac{200\,000\, \text{N/mm}^2 * 707\, \text{mm}^2}{360\, \text{mm}} = 0,785 * 10^6\, \text{N/mm}$$

Vetopuolen siirtymäkerroin:

$$K_t = \frac{1}{\sum \frac{1}{K_{t,i}}} = \frac{1}{\frac{1}{2,064 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{mm}}} + \frac{1}{1,200 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{mm}}} + \frac{1}{0,785 * 10^6 \frac{\text{N}}{\text{mm}}}} = 0,386 * 10^6\, \text{N/mm}$$

Puristetun betonin siirtymäkerroin:

$$K_{c,1} = \frac{E_c \sqrt{A_{eff}}}{1,275} = \frac{34\,000\, \text{N/mm}^2 * \sqrt{120\, \text{mm} * 215\, \text{mm}}}{1,275} = 4,283 * 10^6\, \text{N/mm}$$

Puristetun puun siirtymäkerroin

$$K_{c,2} = \frac{E_{0,mean} \sqrt{A_{eff}}}{1,275} = \frac{13\,000\, \text{N/mm}^2 * \sqrt{120\, \text{mm} * 215\, \text{mm}}}{1,275} = 1,638 * 10^6\, \text{N/mm}$$

Puristuspuolen siirtymäkerroin:

$$K_c = \frac{1}{\sum \frac{1}{K_{c,i}}} = \frac{1}{\frac{1}{4,283 * 10^6\, \text{N/mm}}} + \frac{1}{1,638 * 10^6\, \text{N/mm}}} = 1,185 * 10^6\, \text{N/mm}$$

Liitoksen kiertymäjäykkyys:

$$K_\theta = \frac{e_1^2}{\frac{1}{K_t} + \frac{1}{K_c}} = \frac{(510\, \text{mm})^2}{\frac{1}{0,386 * 10^6\, \text{N/mm}}} + \frac{1}{1,185 * 10^6\, \text{N/mm}}} = 7,572 * 10^{10}\, \text{Nmm/rad}$$

Liitoksessa syntyvä kiertymä radiaaneissa:

$$\theta = \frac{M_{Ek}}{K_\theta} = \frac{100 * 10^6\, \text{Nmm}}{7,527 * 10^{10}\, \text{Nmm/rad}} = 0,0013\, \text{rad}$$

Taivutusmomentista aiheutuva siirtymä pilarin yläpäässä, kiertymästä johtuen:

$$\Delta = \tan \theta * L = \tan(0,0013\, \text{rad}) * 7\,000\, \text{mm} = \underline{9,24\, \text{mm}} = L/757$$

Mastopilarikenkäliitoksen taivutuskapasiteetti palotilanteessa R30

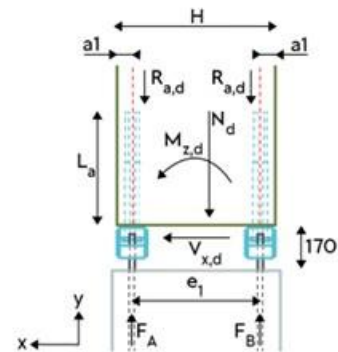
Tarkastetaan 8 kansiruuvin ryhmän taivutuskapasiteetti palotilanteessa mastopilarikengässä TK 215-8/8.

Liitoksen tiedot:

Palonkesto R30

Taulukkotiedot:

Ruuviryhmän vetokapasiteetti $N_{r,d} = 151,2 \text{ kN}$



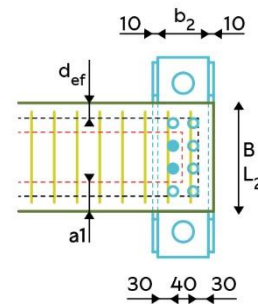
Sisäisen voimavarren laskenta:

$$e_1 = H - 2 * (10 + 30 + a_{hs})$$

$$= 630 \text{ mm} - 2 * 80 \text{ mm} = 470 \text{ mm}$$

Pystykuormittamattoman mastopilarikenkäliitoksen taivutuskapasiteetti:

$$M_{d,H,max} = e_1 * N_{r,d} = 0,470 \text{ m} * 151,2 \text{ kN} = 71,0 \text{ kNm}$$



Pystykuormitetun mastopilarikenkäliitoksen kapasiteetti palotilanteessa R30

Tarkastetaan liitoksen kapasiteetti palotilanteen esimerkkikuormitukselle.

Kuormitukset:

Leikkausvoima $V_d = 6 \text{ kN}$

Taivutusmomentti $M_d = 20 \text{ kNm}$

Normaalivoima $N_{dmin} = 28 \text{ kN}$

Taulukkotiedot:

Leikkaukskapasiteetti $R_{v,d} = 12,6 \text{ kN}$

Leikkauskestävyys

$$KA = \frac{V_d}{R_{v,d}} = \frac{6,0 \text{ kN}}{12,6 \text{ kN}} = 48 \% = OK$$

Vetovoima liitoksessa

$$F_B = -\frac{N_d}{2} + \frac{M_d}{e_1} = -\frac{28 \text{ kN}}{2} + \frac{20 \text{ kNm}}{0,47 \text{ m}} = 28,6 \text{ kN}$$

Kansiruuviryhmän vetokestävyys KA

$$KA = \frac{F_B}{N_{r,d}} = \frac{28,6 \text{ kN}}{151,2 \text{ kN}} = \underline{19 \%} = OK$$

Puristusvoima liitoksessa

$$F_A = -\frac{N_d}{2} - \frac{M_d}{e_1} = -\frac{28 \text{ kN}}{2} - \frac{20 \text{ kNm}}{0,47 \text{ m}} = -56,6 \text{ kN}$$

Liimapuun päätypuun puristuskestävyys

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

$$L_{2,fi} = L_2 - 2 * d_{ef} = 215 \text{ mm} - 2 * 28 \text{ mm} = 159 \text{ mm}$$

$$b_{2,fi} = b_2 + 10 \text{ mm} - d_{ef} = 100 \text{ mm} + 10 \text{ mm} - 28 \text{ mm} = 82 \text{ mm}$$

$$A_{pur} = L_{2,fi} * b_{2,fi} = 159 \text{ mm} * 82 \text{ mm} = 13\,038 \text{ mm}^2$$

$$R_{A,d} = f_{c,0,d} * A_{pur} = 24,5 \text{ N/mm}^2 * 13\,038 \text{ mm}^2 = 319 \text{ kN}$$

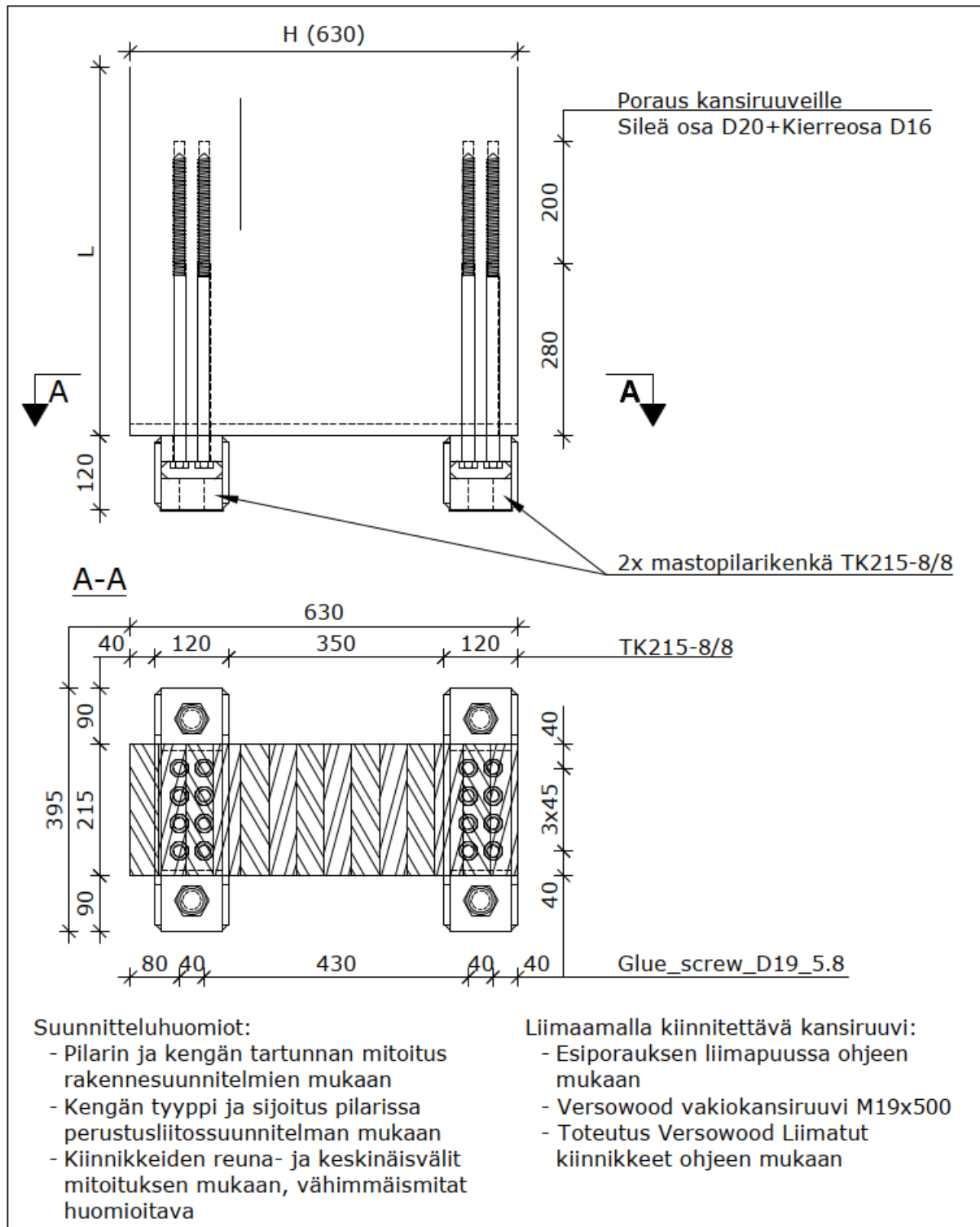
$$KA = \frac{F_A}{R_{A,d}} = \frac{56,6 \text{ kN}}{319 \text{ kN}} = \underline{18 \%} = OK$$

Tehollisen puristuspinta-alan määrittämisessä huomioidaan palonkeston mukainen hiiltymä d_{ef} .

B. Tuotantosunnitelmamalli

Tuotantosuunnitelmassa esitetään liimapuiden työstämisessä ja liitososan tehdasasennuksessa tarvittavat tiedot. Lisäohjeitus Versowood mallisuunnitelmaohjeessa.

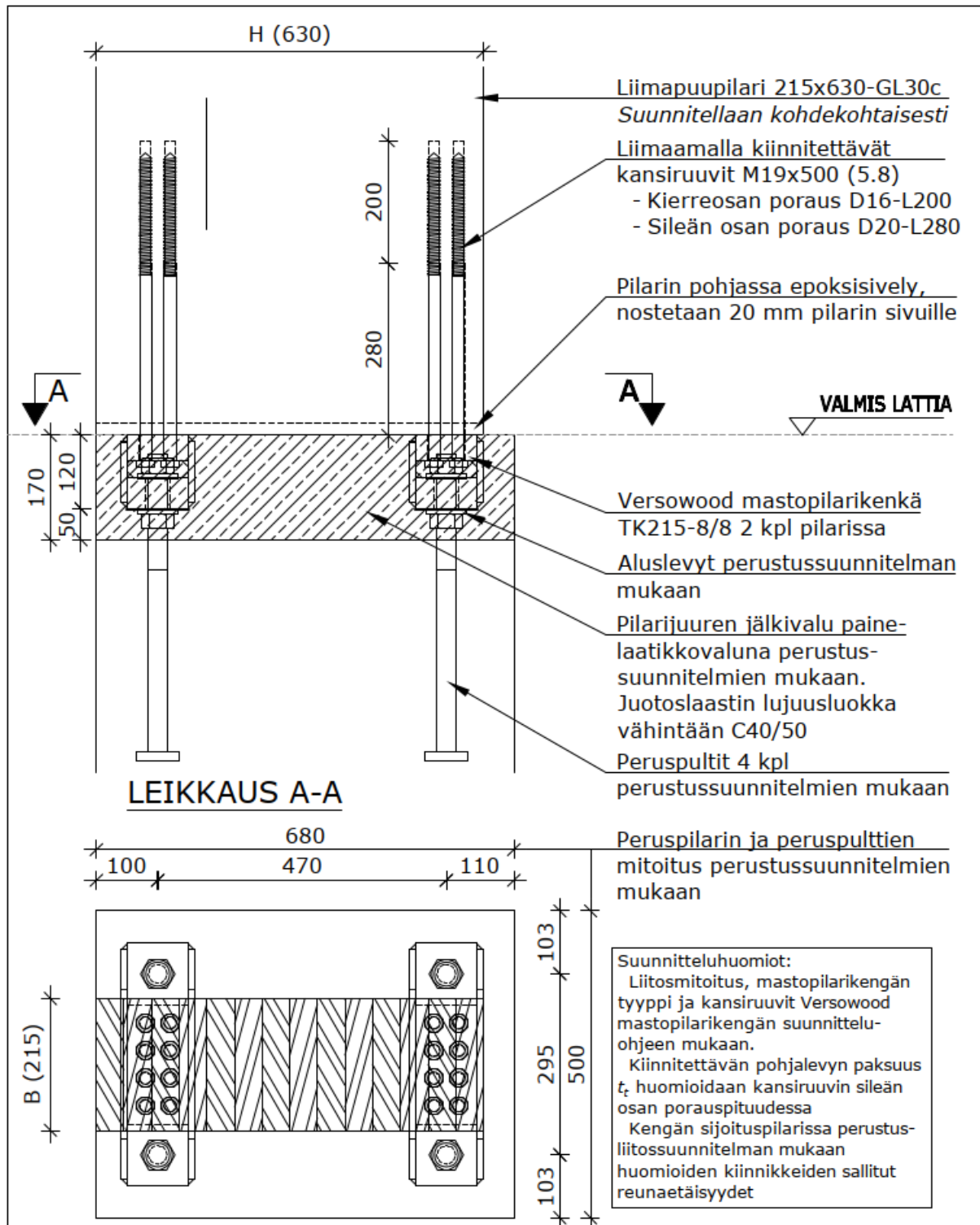
Kuva B1. Mastopilarikengän esitys liimapuupilarin tuotantosuunnitelmassa.



C. Liitosdetaljit

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

Kuva C1. Esimerkkiliitos. Liimapuupilari 215x630, mastopilarikengä TK215-8/8



D. Liitososakuvat

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

Kuva D1. Mastopilarikengän TK215-x/8 tuotantosuunnitelma.

