



Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

Vaativien puurakenteiden suunnittelu -koulutus 2018

Moduuli 2

Jani Pitkänen

PUUINFO

3-nivelkehät yleisesti

Edut

- Ovat kehän tason suunnassa stabiileja vaakavoimia vastaan
- Ovat staattisesti määrättyjä rakenteita
 - Momenttien jakautumiseen eivät vaikuta perustusten epätasaiset painumat ja liitosten muodonmuutokset
- Nivelellinen perustusliitos keventää perustuksia
- Huonoilla perustusmailla voidaan vaakakuorma ottaa vastaan tukinivelten välisellä vetotangoilla
- Edullinen ratkaisu, kun tarvitaan korkeaa vapaata tilaa

3-nivelkehät yleisesti

Käyttökohteet

- Urheiluhallit (mm. ratsastusmaneesit)
- Teollisuushallit
- Varastot
- Maatilarakennukset (mm. pihatot)

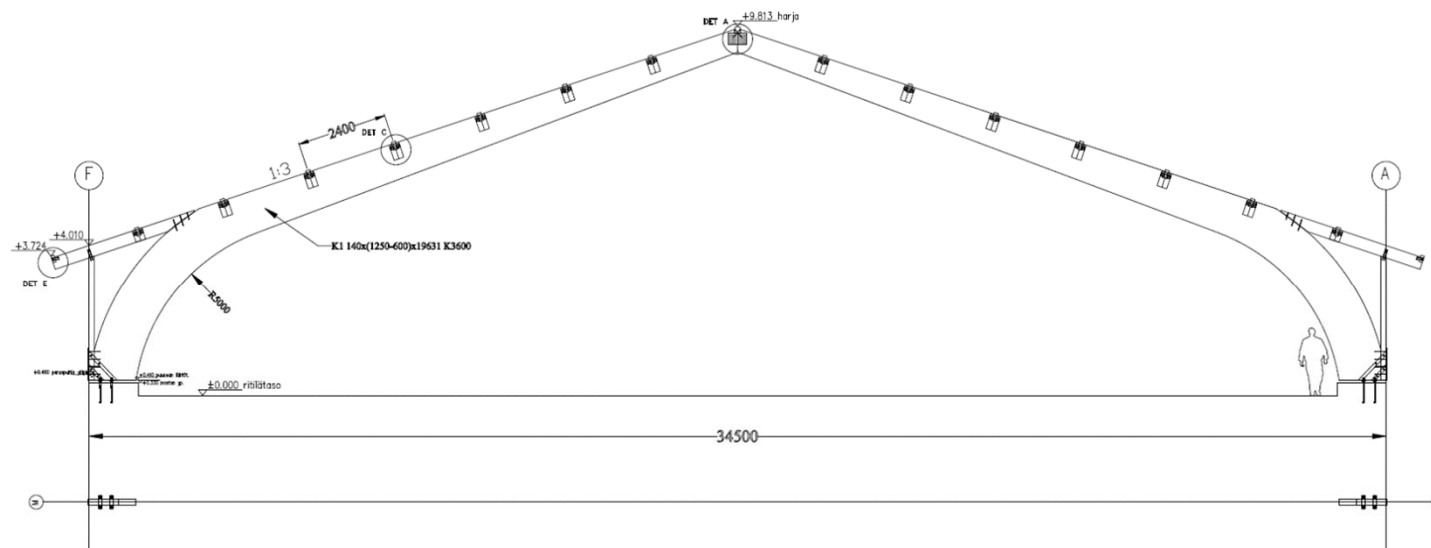


Kuva: Puuinfo

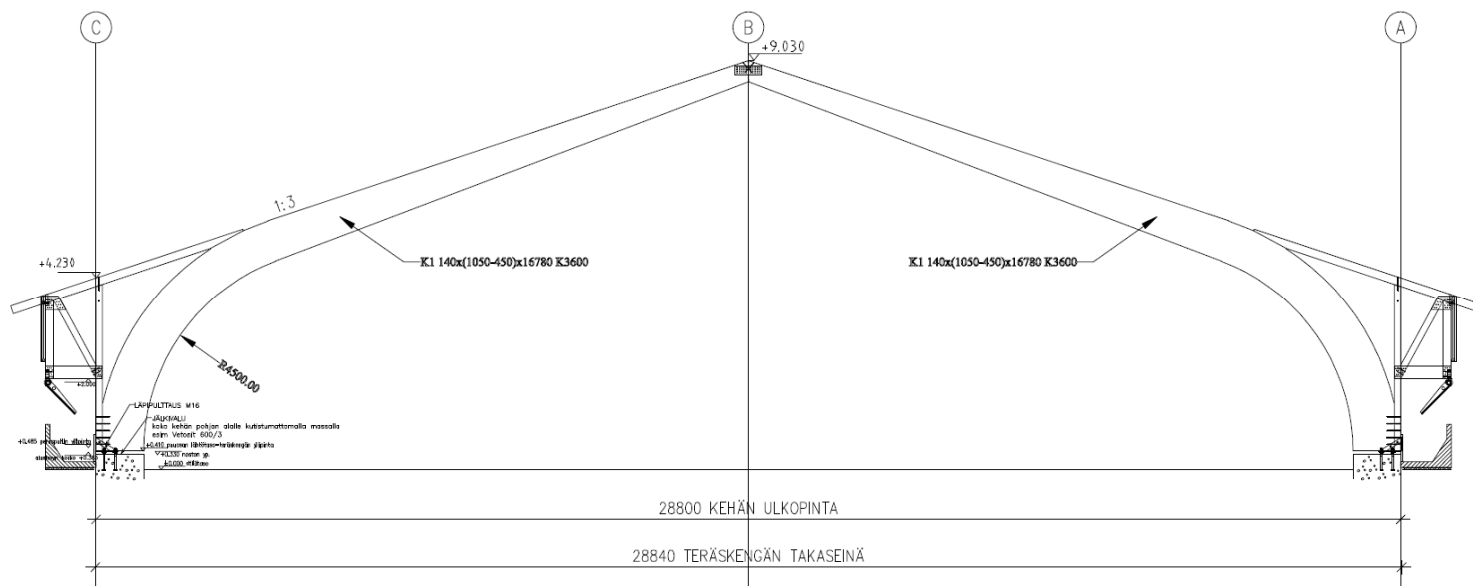


Kuva: Puuinfo

Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä



Kuva: Versowood



Kuva: Versowood

Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

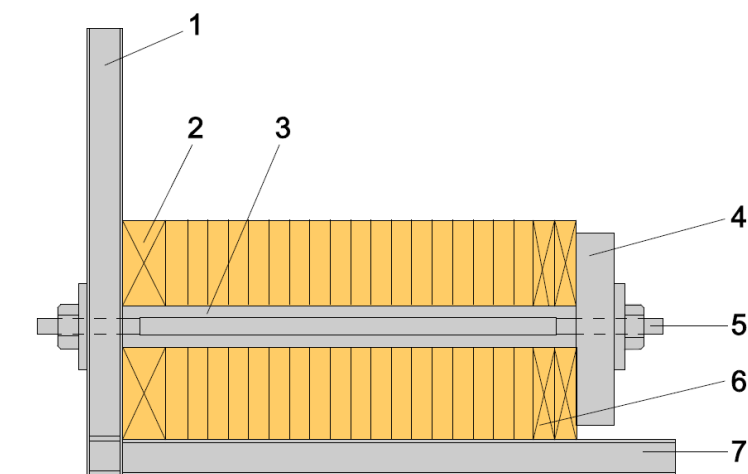
Valmistus

- Ensin yksittäiset lamellit sormijatketaan, jolloin saadaan pitkiä lamelleja (30...40 m)
- Lamellit katkotaan sitten sopivan mittaisiksi ja pinoetaan päällekkäin
- Yhdistettyä liimapuuta valmistettaessa otetaan huomioon sisä- ja ulkolamellien keskinäinen järjestys
- Kosteuspitoisuuden eroista johtuvien sisäisten jännitysten vähentämiseksi lamellien sydänpuoli käännetään aina samaa suuntaan
- Uloimmat lamellit käännetään kuitenkin aina sydän ulospäin

Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

Valmistus

- Sormijatketut lamellit saavat kovettua muutamia tunteja (liimatyyppin vaatiman ajan) ennen kuin lamellien lapepinnat höylätään ja liimoitetaan välittömästi sen jälkeen
- Liimoitettu lamellinippu nostetaan puristimeen ja puristetaan sopivalla paineella



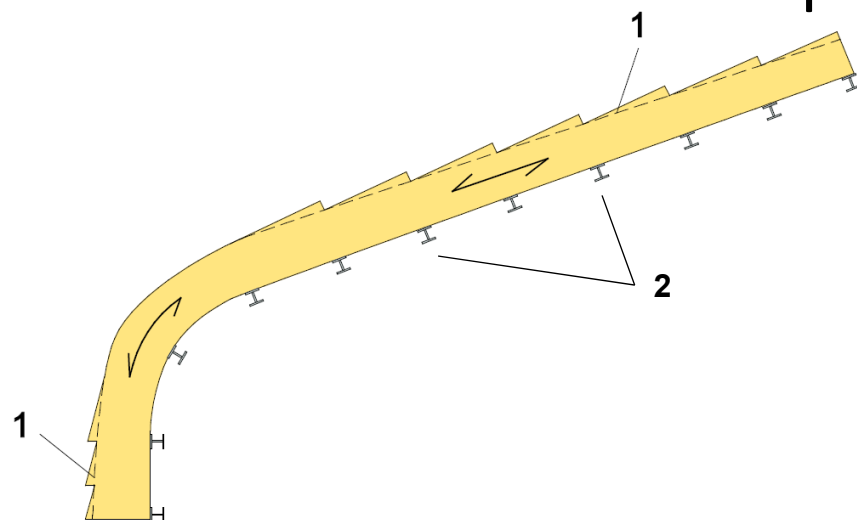
1. Pystysuora vaste
2. Painetta tasaava pohjakappale, mahdollisesti esikoroitusmalli
3. Välike
4. Kiristyskappale
5. Kiristysruuvi
6. Puristuksen tasauslaudat
7. Vaakasuora vaste

Kuva: Liimapuukäsikirja, osa 2

Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

Valmistus

- Tämä pitää tehdä ennen kuin liima alkaa kovettua, eli noin tunnin kuluessa
- Tarkka aika on riippuvainen liimatyypistä ja hallin lämpötilasta
- Esikorotettuja tai kaarevia muotoja voidaan valmistaa taivuttamalla lamellit puristimeen ladottaessa



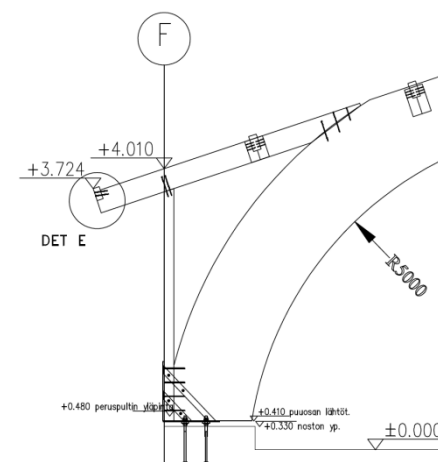
1. Reunojen sahaus
2. Pystysuora vaste

Kuva: Liimapuukäsikirja, osa 2

Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

Valmistus

- Liima saa sitten kovettua hallituissa kosteus- ja lämpötilaolosuhteissa
- Tarvittaessa puristinta voidaan lämmittää
- Liiman kovetuttua puristuspaine poistetaan ja liimapuiset rakennusosat nostetaan puristimesta höylälle, jossa ne viimeistellään toivotun laatuluokan mukaisiksi
- Tämän jälkeen seuraa lopputyöstöt, kuten
 - Reunojen sahaus
 - Reikien poraus
 - Kiinnikkeiden tarvitsemat esiporaukset
 - Mahdollisten räystääselementtien kiinnitys



Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

Valmistus

- Tarvittaessa rakennusosat pintakäsitellään tehtaassa
- Sitten seuraa silmämääräinen tarkistus ja merkkkaus
- Lopuksi rakennusosat paketoit-
daan ja lastataan varastoon tai
kuljetetaan rakennuspaikalle

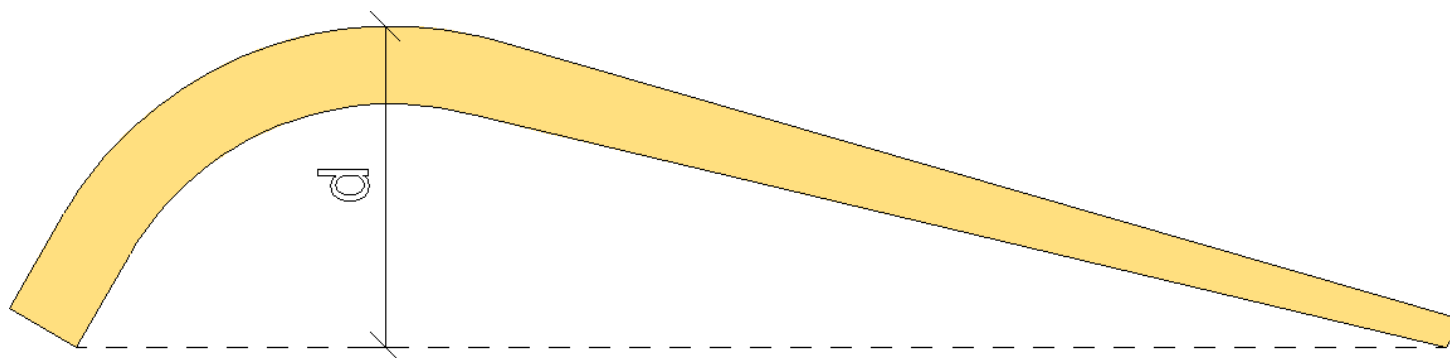


Kuva: Versowood

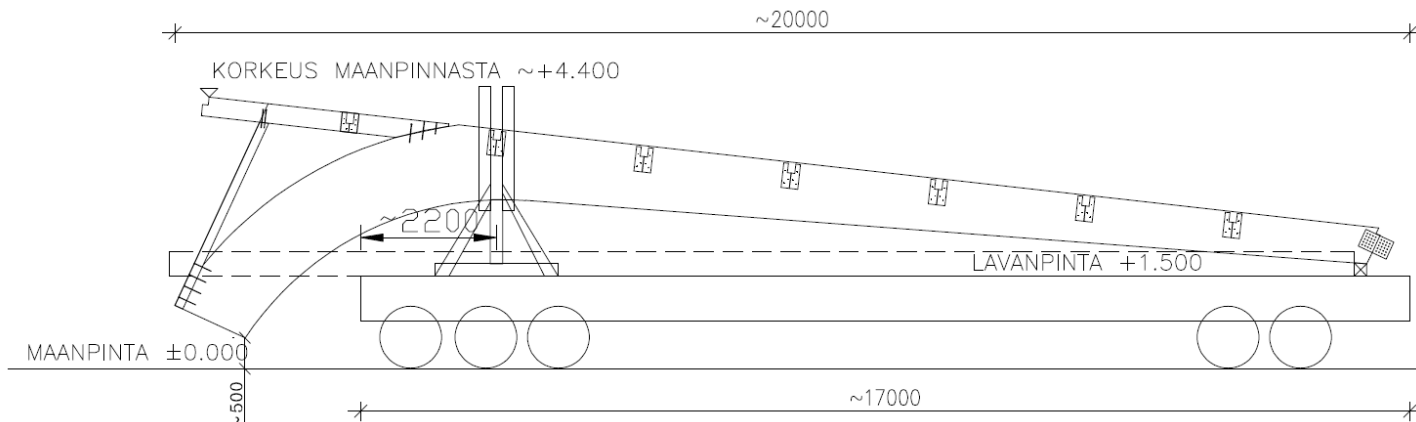
Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

Kuljetus ja asennus

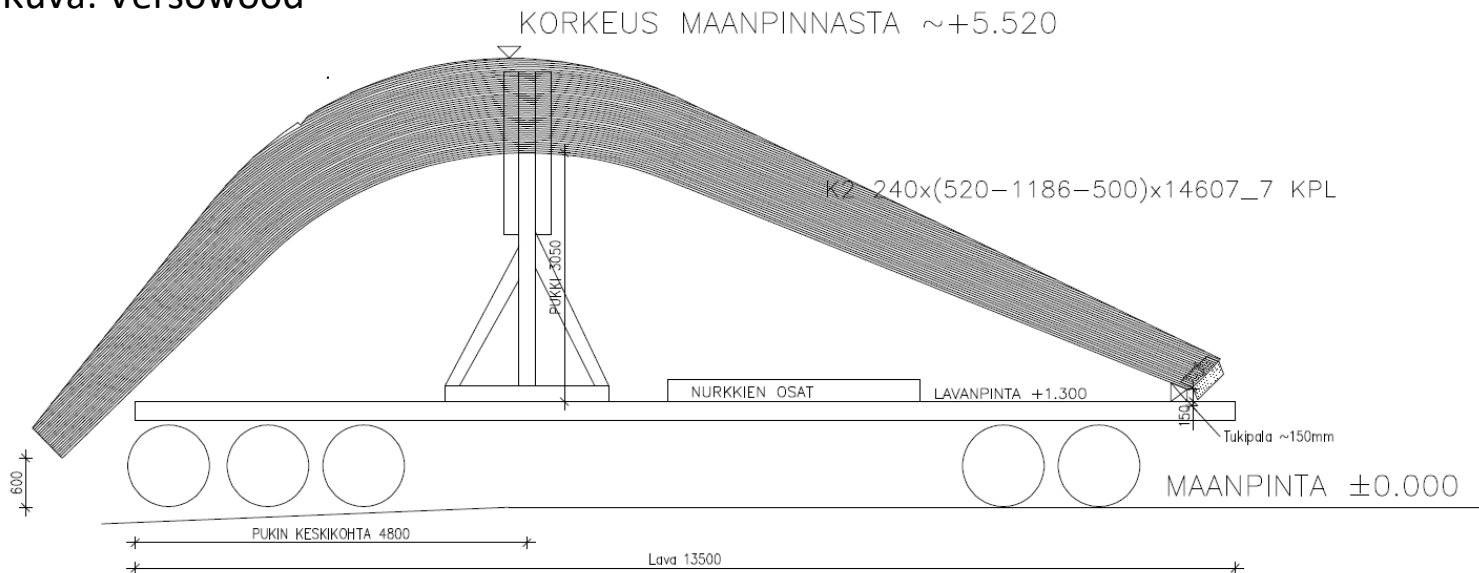
- Yli 25 m pitkät kuljetukset voivat tarvita viranomaisen myöntämän erikoiskuljetusluvan
- Yleensä sellaisen saa helposti alle 30 m pitkille kuljetuksille
- Erikoiskuljetuksia ovat myös $> 2,6$ m leveät tai 4,4 m korkeammat kuljetukset
- Kehät ylittävät usein nämä mitat



Kuljetus ja asennus



Kuva: Versowood



Kuva: Versowood

Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

Kuljetus ja asennus

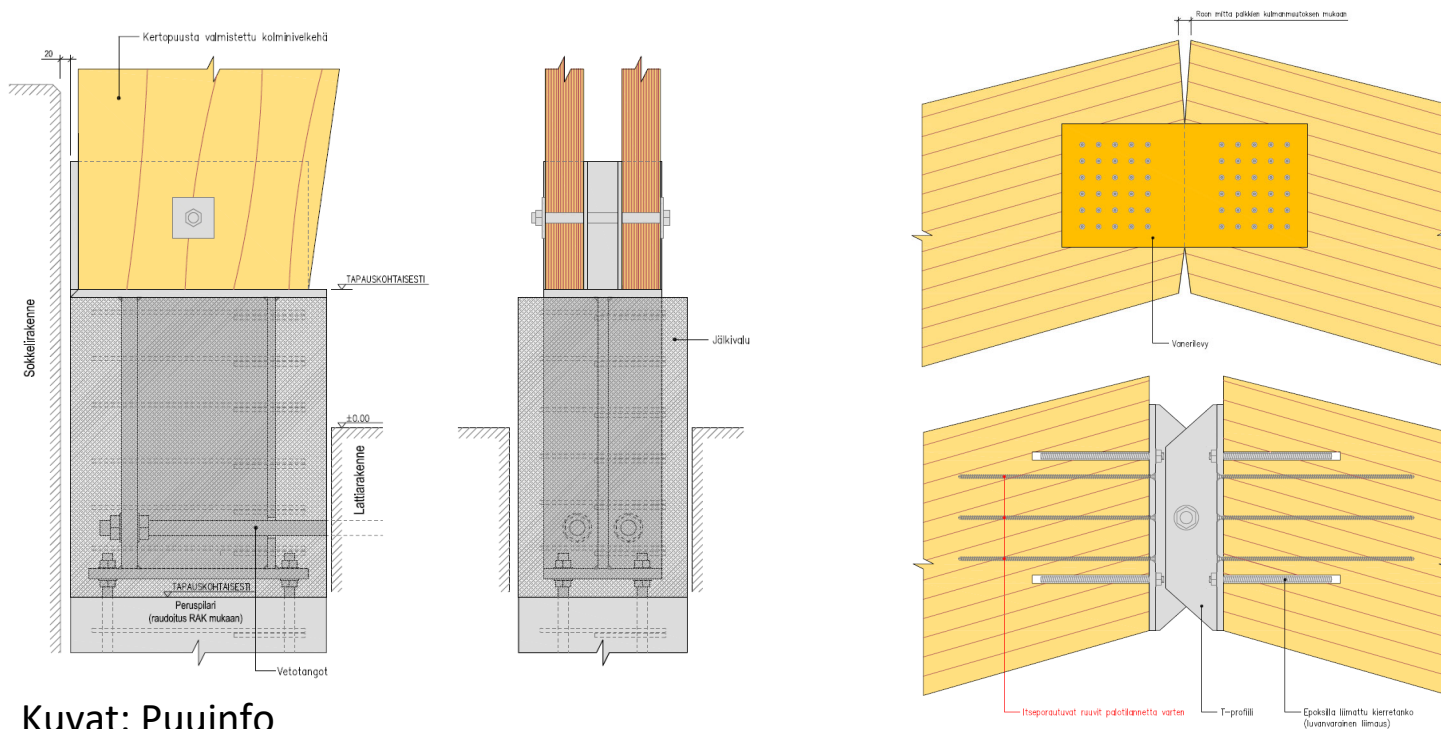


Kuva: Versowood

Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

Kuljetus ja asennus

- Kolminivelkehät muodostuvat kahdesta osasta, jotka kiinnitetään yleensä
 - teräsosalla betoniperustuksen (nível)
 - Teräs-puu liitososalla harjalta (nível)



Kuvat: Puuinfo

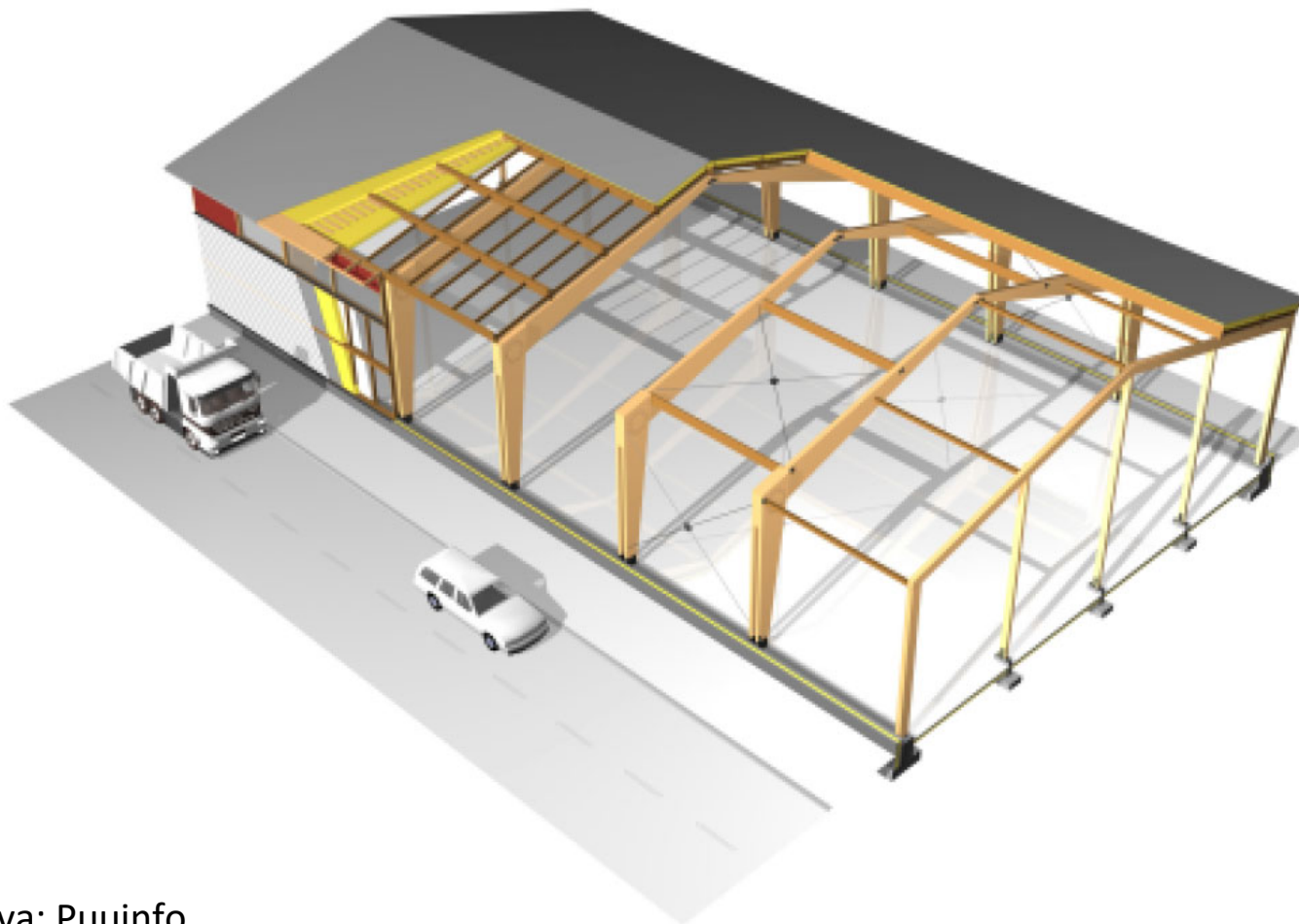
Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

Kuljetus ja asennus

- Suuret rakenteet asennetaan helpoimmin ja turvallisimmin autonosturin avulla siten, että harjan alla käytetään siirrettävää asennustornia
- Asennettaessa kumpikin kehän nostetaan paikoilleen autonosturilla
- Kehän jalka kiinnitetään perustuksessa olevaan kiinnikkeeseen
- Harjakappale asetetaan asennustornin päälle ja osat kiinnitetään yhteen
- Kun rakenne on tuettu sivusuunnassa paikoilleen, siirretään asennustorni seuraavalle linjalle

Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

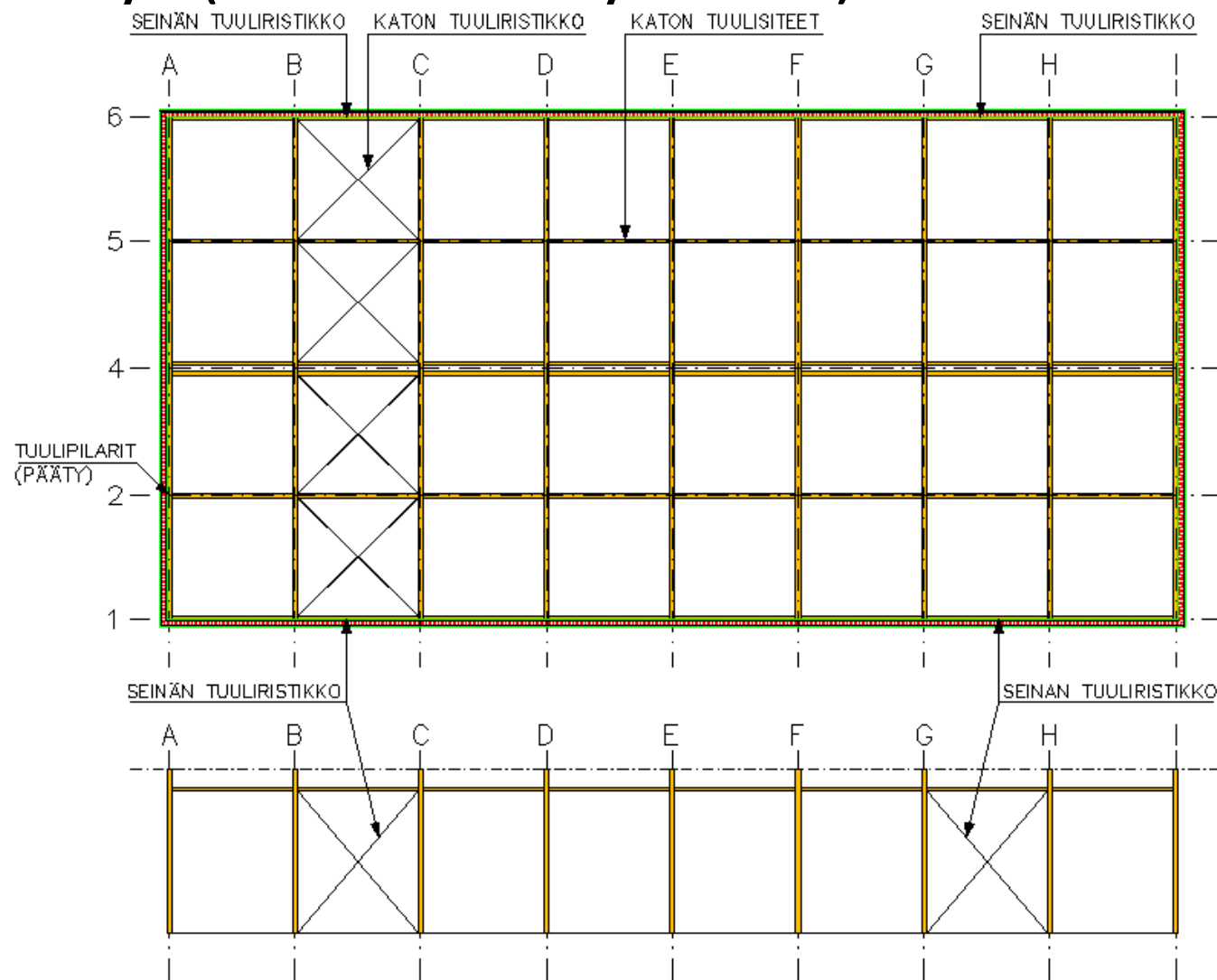
Jäykistys (3-nivelkehä yleensä)



Kuva: Puuinfo

Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

Jäykistys (3-nivelkehä yleensä)



Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

Mitoitus

1. Taivutuskestävyys maksimi taivutusmomentin kohdalla
2. Puristuskestävyys maksimi puristusvoiman kohdalla
3. Kehäjalka
 - Leikkauskestävyys tuella
 - Puristuskestävyys tuella
 - Yhdistetty puristus ja taivutus
 - Poikkileikkauksen heikomman suunnan nurjahdus
 - Kiepahdus
4. Kaareva osa
 - Yhdistetty puristus ja taivutus
 - Poikkileikkauksen heikomman suunnan nurjahdus
 - Kiepahdus

Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

Mitoitus

5. Kehäpalkki

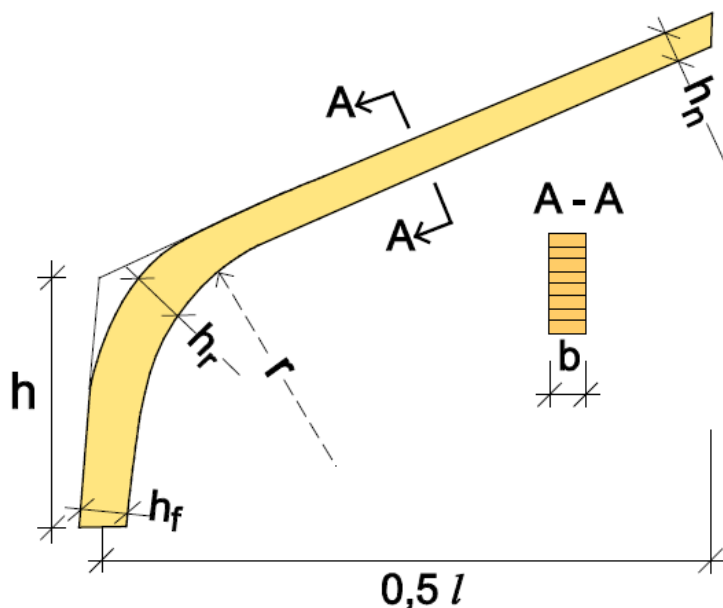
- Leikkauskestävyys harjalla
- Puristuskestävyys harjalla
- Yhdistetty puristus ja taivutus
- Poikkileikkauksen heikomman suunnan nurjahdus
- Kiepahdus

6. Siirtymät

Kaarevanurkkainen 3-nivelkehä

Mitoituksen erityyspiirteitä

- Muuttuva poikkileikkaus palkissa ja jalassa $k_{m,\alpha}$ -kerroin
- Kaareva osuus (nurkka) $\Rightarrow k_r$ -kerroin
- Kaarevan osuuden puristuspuoli $\Rightarrow$ kiepahdus
- Kuljetuskorkeus $\Rightarrow$ Mielellään alle 4,4 m



$$h_r \approx h / 15 + l / 30$$

$$h_f \sim 0,7 \cdot h_r$$

$$h_n \sim 0,3 \cdot h_r (\geq 250\text{mm})$$

$$b \sim 0,15 \cdot h_r - 0,20 \cdot h_r$$

$$r \geq 8 \text{ m}$$

Kuva: Liimapuukäsikirja, osa 2