

## KAKSIKOMPONENTTINEN EPOKSILIIMA

### LUOTETTAVA

Kestävyydestä on osoituksena sen 30 vuotta jatkunut käyttö puurakentamisessa.

### SUORITUSKYKYINEN

Korkean suorituskyvyn kaksikomponenttinen epoksiliima. Liitosten lujuus riippuu yksinomaan puumateriaalista liiman yliveraisen lujuuden ansiosta.

### MONIPUOLINEN

Patruunassa käytännöllistä ja nopeaa käyttöä varten, koot 3 litraa ja 5 litraa suurempia tilavuusliitoksia varten.



## OMINAISUUDET

|           |                                                                                               |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| FOKUS     | rakenteellinen liimasidos                                                                     |
| TYYPIT    | tankoliitokset, liitokset rei'itetyillä tai hiekkapuhalletuilla levyillä                      |
| VALIKOIMA | 5 tuotetta sopivat kaikkiin asennustarpeisiin                                                 |
| KÄYTTÖ    | voidaan käyttää suihkuttamalla, pensselillä, kaatamalla tai lastalla viskositeetista riippuen |

### VIDEO

Skannaa QR-koodi ja katso video YouTube-kanavaltamme



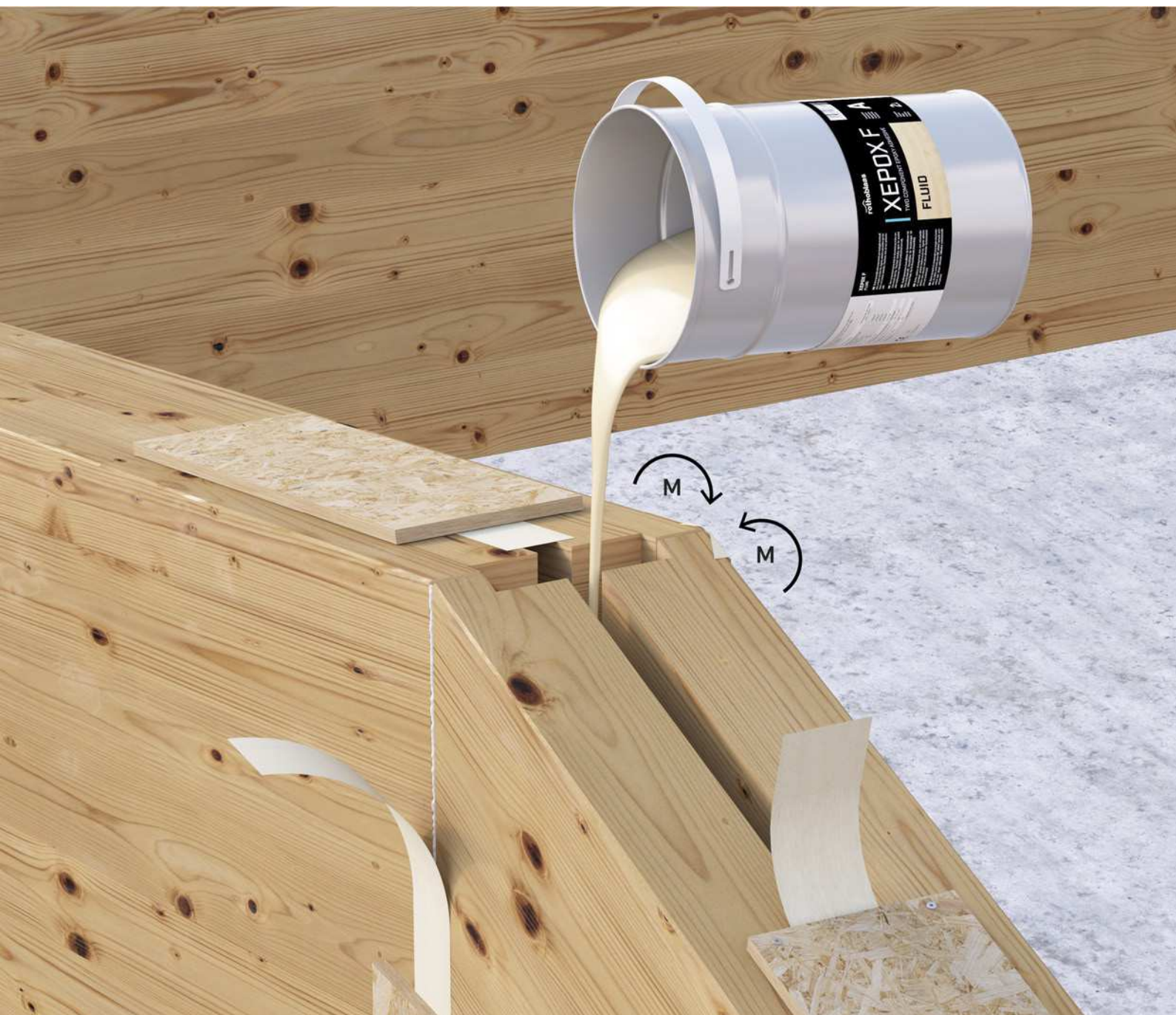
## MATERIAALI

Kaksikomponenttinen epoksiliima.

## KÄYTTÖKOHTEET

Leikkausliitokset, aksiaalinen toiminta ja momentti seuraaville materiaaleille

- massiivipuu ja liimapuu
- CLT
- betoni



## RAKENTEELLINEN

Erinomainen monisuuntaisten jäykkien liitosten rakentamiseen.

## STAATTINEN KONSOLIDOINTI

Voidaan käyttää puumateriaalin rekonstruointiin yhdessä metallitankojen ja muiden materiaalien kanssa.

## ■ KOODIT JA MITAT

### PURKIT

| KOODI      | kuvaus             | sisältö<br>[ml] | kpl |
|------------|--------------------|-----------------|-----|
| XEPOXP3000 | P - pohjustustuote | A + B = 3000    | 1   |
| XEPOXL3000 | L - neste          | A + B = 3000    | 1   |
| XEPOXL5000 |                    | A + B = 5000    | 1   |
| XEPOXF3000 | F - fluidi         | A + B = 3000    | 1   |
| XEPOXF5000 |                    | A + B = 5000    | 1   |
| XEPOXG3000 | G - geeli          | A + B = 3000    | 1   |

### PATRUUNAT

| KOODI     | kuvaus     | sisältö<br>[ml] | kpl |
|-----------|------------|-----------------|-----|
| XEPOXF400 | F - fluidi | 400             | 1   |
| XEPOXD400 | D - paksu  | 400             | 1   |

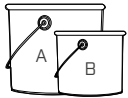
## ■ MUUT TUOTTEET - LISÄTARVIKKEET

| KOODI   | kuvaus                     | kpl |
|---------|----------------------------|-----|
| MAMDB   | kaksipatruunainen pistooli | 1   |
| STINGXP | sekoitusnokka              | 1   |

## ■ KÄYTTÖTARKOITUKSET

### XEPOX P - pohjustustuote

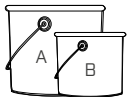
Kaksikomponenttinen epoksiliima, jonka viskositeetti on erittäin alhainen ja korkea imeytyvyys, hiilikuitu- tai lasinauhoilla/-kankailla vahvistettaviin rakenteisiin. Hyödyllinen myös hiekkapuhallettujen levyjen SA2.5/SA3 (ISO 8501) suojaamiseen ja FRP-osien (Fiber Reinforced Polymers) rakentamiseen. Voidaan levittää rullalla, ruiskulla ja pensselillä. Säilyy 36 kuukautta alkuperäisessä suljetussa pakkauksessa lämpötilassa +5 °C - +30 °C.



Komponentin A luokitus: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Komponentin B luokitus: Acute Tox. 4; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

### XEPOX L - neste

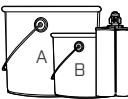
Kaksikomponenttinen epoksiliima rakenteellisiin sovelluksiin, hyvin nestemäinen, soveltuu valuun hyvin syviin pystysuoriin reikiin ja suuriin liitoksiin, joissa on piilokappaleet erittäin syvissä urissa tai hyvin pienet aukot (1 mm tai enemmän), aina mahdollisten vuotokohtien huolellisen sulkemisen jälkeen. Kaadettava ja injektoitava annosteltava. Säilyy 36 kuukautta alkuperäisessä suljetussa pakkauksessa lämpötilassa +5 °C - +30 °C.



Komponentin A luokitus: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Komponentin B luokitus: Acute Tox. 4; STOT RE 2; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

### XEPOX F - fluidi

Rakenteellisiin käyttötarkoituksiin tarkoitettu nestemäinen kaksikomponenttinen epoksiliima, jota voidaan käyttää reikiin injektointaessa ja uriin vuotojen tiivistyksen jälkeen. Suositellaan taitettujen liittimien (Turrini-Piazza-järjestelmä) lujittamiseksi puu-betonilattioihin, joissa on sekä uusia että jo olemassa olevat palkkeja; metallin ja puun välinen etäisyys noin 2 mm tai enemmän. Kaato pystysuoriin reikiin ja uriin metallilevyn tai tankojen sisäänviennin jälkeen. Kaadettava tai injektoitava patruunan kanssa. Säilyy 36 kuukautta alkuperäisessä suljetussa pakkauksessa lämpötilassa +5 °C - 30 °C.



Komponentin A luokitus: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Komponentin B luokitus: STOT RE 2; Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

### XEPOX D - paksu

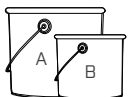
Tiksotrooppinen (paksu) kaksikomponenttinen epoksiliima rakennesovelluksiin, jota voidaan käyttää injektioissa erityisesti laminoiduissa puupalkeissa, massiivipuussa, muurauslementeissä ja raudoitettussa betonissa oleviin vaaka- tai pystyreikiin. Injektoitava patruunan kanssa. Säilyy 36 kuukautta alkuperäisessä suljetussa pakkauksessa lämpötilassa +5 °C - +30 °C.



Komponentin A luokitus: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Komponentin B luokitus: Repr. 1A; Acute Tox. 4; Skin Corr. 1B; Eye Dam. 1; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

### XEPOX G - geeli

Rakenteellisiin käyttötarkoituksiin tarkoitettu kaksikomponenttinen epoksiliimageeli, jota voidaan käyttää lastan avulla myös pystysuorilla pinnoilla ja pinnoilla, joiden paksuus on merkittävä tai epäsäännöllinen. Soveltuu erittäin suuriin puihin päällekkäisyyksiin ja rakennevahvisteiden liimaamiseen lasikuitu- tai hiilikuitukangasta käyttäen sekä puun tai metallin pinnoitukseen (verhokseen). Lastalla levitettävä. Säilyy 36 kuukautta alkuperäisessä suljetussa pakkauksessa lämpötilassa +5 °C - +30 °C.



Komponentin A luokitus: Eye Irrit. 2; Skin Irrit. 2; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 2. Komponentin B luokitus: Acute Tox. 4; Skin Corr. 1A; Eye Dam. 1; STOT SE 3; Skin Sens. 1; Aquatic Chronic 3.

## TEKNISET OMINAISUUDET

| Ominaisuudet                                                      | Standardi     |                      | XEPOX P                 | XEPOX L                | XEPOX F                | XEPOX D                  | XEPOX G                 |
|-------------------------------------------------------------------|---------------|----------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|--------------------------|-------------------------|
| Ominaispaino                                                      | ASTM D 792-66 |                      | ≈ 1,10                  | ≈ 1,40                 | ≈ 1,45                 | ≈ 2,00                   | ≈ 1,90                  |
| Stoikiometrinen tilavuussuhde (A/B) <sup>(1)</sup>                | -             |                      | 100 : 50 <sup>(2)</sup> | 100 : 50               | 100 : 50               | 100 : 50                 | 100 : 50                |
| Pot life 23 ± 2° 150 cc                                           | ERL 13-70     | [min]                | -                       | 50 ÷ 60                | 50 ÷ 60                | 50 ÷ 60                  | 60 ÷ 70                 |
| Seoksen työstettävyyss aika                                       | ERL 13-70     | [min]                | 25 ÷ 30                 | 25 ÷ 30                | 25 ÷ 30                | 25 ÷ 30                  | -                       |
| Levityslämpötila (suhteellinen kosteus max 90%)                   | -             | [°C]                 | 10 ÷ 35                 | 10 ÷ 35                | 10 ÷ 35                | 5 ÷ 40                   | 5 ÷ 40                  |
| Ehdotettu paksuus                                                 | -             | [mm]                 | 0,1 ÷ 2                 | 1 ÷ 2                  | 2 ÷ 4                  | 2 ÷ 6                    | 1 ÷ 10                  |
| Normaali kitkajännite σ                                           | EN 12188      | [N/mm <sup>2</sup> ] | 21                      | 27                     | 25                     | 19                       | 23                      |
| Kalteva leikkauslujus σ <sub>0</sub> 50°                          | EN 12188      | [N/mm <sup>2</sup> ] | 94                      | 70                     | 93                     | 55                       | 102                     |
| Kalteva leikkauslujus σ <sub>0</sub> 60°                          | EN 12188      | [N/mm <sup>2</sup> ] | 106                     | 88                     | 101                    | 80                       | 109                     |
| Kalteva leikkauslujus σ <sub>0</sub> 70°                          | EN 12188      | [N/mm <sup>2</sup> ] | 121                     | 103                    | 115                    | 95                       | 116                     |
| Leikkaus-kitkalujuus τ                                            | EN 12188      | [N/mm <sup>2</sup> ] | 39                      | 27                     | 36                     | 27                       | 37                      |
| Yksittäinen puristuksesta johtuva murtokuormitus <sup>(3)</sup>   | EN 13412      | [N/mm <sup>2</sup> ] | 83                      | 88                     | 85                     | 84                       | 94                      |
| Kimmokerroin keskimääräinen puristuksessa                         | EN 13412      | [N/mm <sup>2</sup> ] | 3438                    | 3098                   | 3937                   | 3824                     | 5764                    |
| Lämpölaajenemiskerroin (alueella -20 °C/+40 °C)                   | EN 177        | [m/m·°C]             | 7,0 x 10 <sup>-5</sup>  | 7,0 x 10 <sup>-5</sup> | 6,0 x 10 <sup>-5</sup> | 6,0 x 10 <sup>-5</sup>   | 7,0 x 10 <sup>-5</sup>  |
| Yksittäinen vedosta johtuva murtokuormitus <sup>(4)</sup>         | ASTM D638     | [N/mm <sup>2</sup> ] | 40                      | 36                     | 30                     | 28                       | 30                      |
| Kimmokerroin keskimääräinen vedossa <sup>(4)</sup>                | ASTM D638     | [N/mm <sup>2</sup> ] | 3300                    | 4600                   | 4600                   | 6600                     | 7900                    |
| Yksittäinen taipumisesta johtuva murtokuormitus <sup>(4)</sup>    | ASTM D790     | [N/mm <sup>2</sup> ] | 86                      | 64                     | 38                     | 46                       | 46                      |
| Kimmokerroin keskimääräinen taipumisessa <sup>(4)</sup>           | ASTM D790     | [N/mm <sup>2</sup> ] | 2400                    | 3700                   | 2600                   | 5400                     | 5400                    |
| Yksittäinen kuorma leikkausmurtumassa (punch tool) <sup>(4)</sup> | ASTM D732     | [N/mm <sup>2</sup> ] | 28                      | 28                     | 28                     | 19                       | 25                      |
| Viskositeetti                                                     | -             | [mPa·s]              | A = 1100<br>B = 250     | A = 2300<br>B = 800    | A = 14000<br>B = 11500 | A = 300000<br>B = 300000 | A = 450000<br>B = 13000 |

### HUOMAUTUKSET:

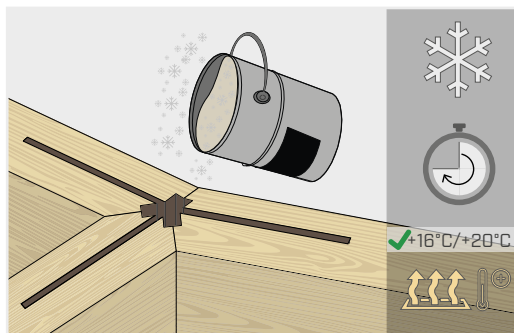
<sup>(1)</sup> Komponentit pakataan valmiiksi pakattuina määrinä, käyttövalmiina. Suhde on tilavuutena (ei painona).

<sup>(2)</sup> On suotavaa käyttää enintään yksi litra sekoitettua tuotetta kerrallaan. Komponenttien A:B painosuhde on noin 100:44,4.

<sup>(3)</sup> Keskimääräinen arvo puru-/lastausjakson lopussa.

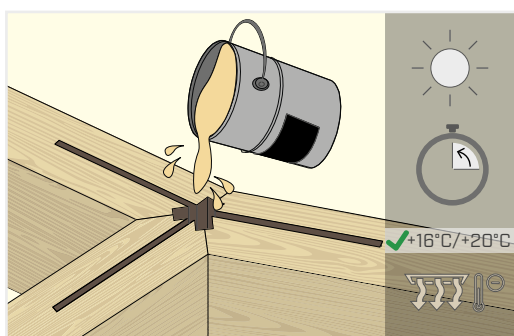
<sup>(4)</sup> Testitulokset tutkimuksesta "Innovatiiviset puurakenneliitokset" - Politecnico di Milano.

## LEVITYS- JA SÄILYTYSLÄMPÖTILAT



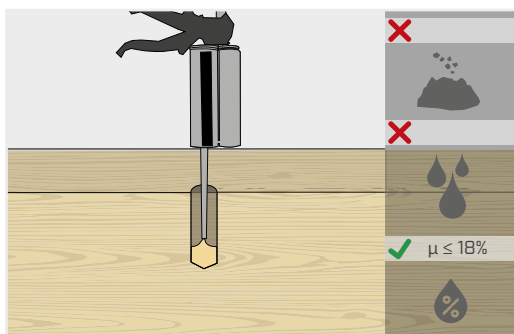
### LIIMOJEN SÄILYTYS

Epoksiliimoja tulee säilyttää kohtalaisessa lämpötilassa (suunnilleen +16°C/+20°C) sekä talvella että kesällä aina käyttöajankohtaan asti. Älä säilytä kylmässä, koska se lisää liimojen viskositeettia ja vaikeuttaa aineen kaatamista purkeista ja puristamista ulos patruunoista. Älä jätä pakkausta alttiiksi auringolle, se aiheuttaisi tuotteen lyhyemmän kovettumisajan.



### LIIMAN KÄYTTÖ

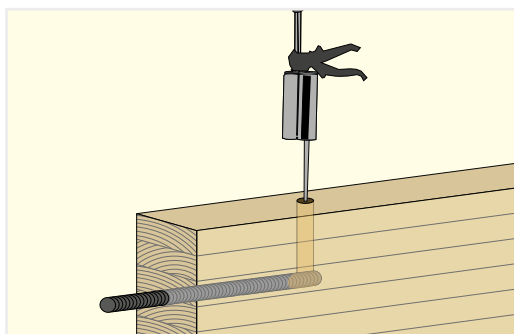
Suosittelun ympäristön lämpötila, kun tuotetta levitetään on > +10 °C. Jos ympäristön lämpötila on liian matala, pakkaus on lämmitettävä vähintään tunti ennen käyttöä tai levityskohdat ja metallikappaleet on lämmitettävä ennen tuotteen kaatamista. Jos lämpötila on sen sijaan liian korkea, on tarpeen kaataa liimaa jäähdytettynä välttämällä päivän kuumimpia tunteja.



### REIKIEN JA URIEN KÄSITTELY

Ennen liiman kaatamista tai injektointia, toteutetut reiät ja urat puussa tulee suojata sateelta ja ilmankosteudelta ja puhdistaa paineilmalla. Jos hartsitettavat osat ovat märkiä tai erittäin kosteita, ne on kuivattava. XEPOX-liimojen käyttö on tarkoitettu asianmukaisesti kuivatulle puulle, jonka kosteuspitoisuus on alle noin 18%.

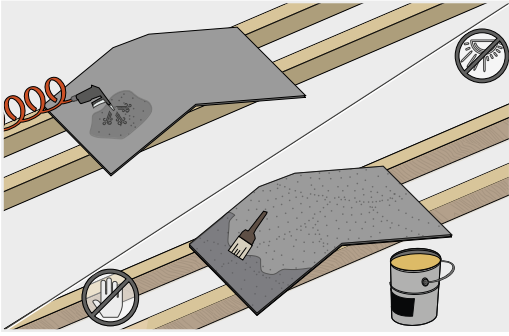
## LIITOKSET LIIMATUILLA TANGOILLA



### HARTSI

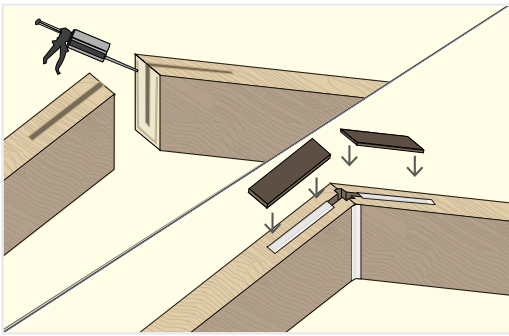
Tankoliitokset soveltuvat toteutettaviksi kaksiakselisten patruunoiden ulospuristuksella, koska hartsimäärät ovat pieniä. Leikkaa nokan kärki, jotta voit muuttaa puristettavan liiman määrää. Pitkien tankojen liimaamiseen on suositeltavaa luoda täyttöreikiä tangon kanssa kohtisuorassa olevaan suuntaan.

## MOMENTTILIITOKSET LEVYILLÄ



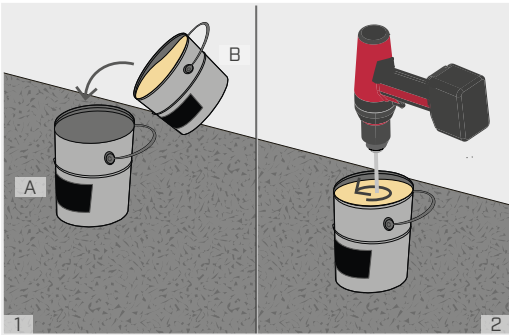
### METALLITUEN VALMISTELU

Metalliliitosten vahvistuskappaleet on puhdistettava ja niistä on poistettava rasva. Sileät levyt voidaan rei'ittää tai ne on käsiteltävä SA2.5/SA3-luokan hiekkapuhallusprosessilla ja suojata sitten EPOX P:llä niiden hapettumisen välttämiseksi. Erityisesti kuumina kuukausina metallipintoja on suojeltava suoralta auringonvalolta.



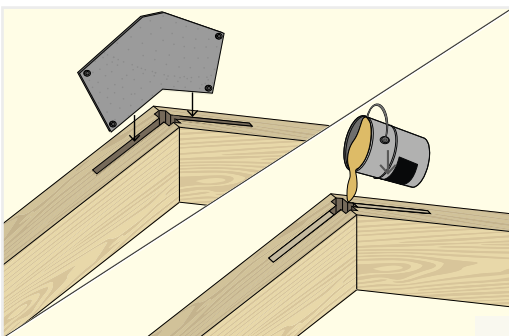
### PUUTUEN VALMISTELU

Levitä jatkuvat teippinauhat pystysuorien reunojen lähelle teippinauhat sijoittaen ne noin 2÷3 mm päähän reunasta. Käytä sitten asetaattisilikonin aruajapainaniini, että setarttu myös vyöllä nauhallasuojuuttuihin pintoihin. Kaltevien elementtien urat on suljettava puisilla listoilla tai levyillä siten, että ainoastaan uran pää jää näkyviin korkeimpaan kohtaan, josta liima imeytyy.



### TUOTTEEN VALMISTUS

Käyttääksesi tuotetta purkkeissa kaada kovetin (komponentti B) purkkeihin, jotka sisältävät epoksihartsia (komponentti A). Sekoita kaksi eriväristä komponenttia yhteen voimakkaasti. Suositellaan sopivaa sekoitinta, jossa on sähkötyökaluun asennettu kaksoiskierre (vaihtoehtoisesti voidaan käyttää metallista vispilää), kunnes saadaan homogeenisen värinen seos. Kaada sitten saatu yhdiste. Seoksen jakamiseksi aukkoihin, joiden pituus on huomattava, kaadetaan suoraan sekoituspurkista, jos kyseessä on kaadettava tuote, tai tuotetta otetaan ja levitetään lastalla.



### HARTSI

On suositeltavaa käyttää "hyödyllistä" tarralaakeria, joka toteutetaan asianmukaisella uralla rakenne-elementtien päähän ja joka toimii lisätakauksena kontaktijärjestelmän toimivuudelle. Suosittelemme, että metallilevyjen ja puun välissä olevien rakojen paksuus on 2÷3 mm sivua kohden. Jotta varmistettaisiin välikappaleiden oikea sijainti uran sisällä, on suositeltavaa sijoittaa välikappaleiden aluslevyt XEPOX P -suojan polymerointivaiheen aikana kiinnitettyihin välikappaleisiin.

## ■ XEPOX-EPOKSILIIMAT

HISTORIAALLINEN TUOTEPERHE PUUELEMENTTIEN YHOISTÄMISEEN, JOKA PYSTYY VARMISTAMAAN ERINOMAISEN LUJUUDEN JA JÄYKKYYDEN PALAUTTAMISEN

XEPOX-epoksiliimat ovat kaksikomponenttisia hartseja, jotka on erityisesti suunniteltu läpäisemään puun mikrorakenne ja kiinnittymään siihen erittäin tehokkaasti sekä vähentämään hartsien tyyppillistä kiteytymistä.

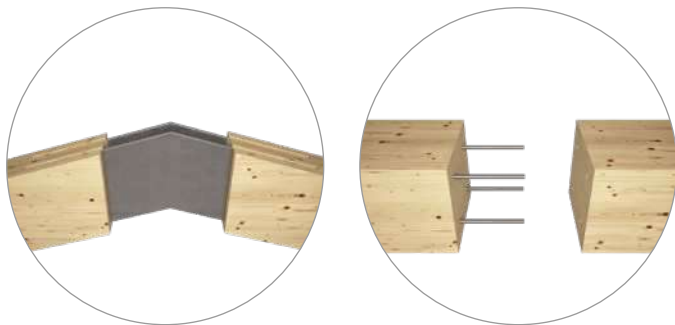
Komponenttien A ja B seos aiheuttaa eksotermisen reaktion (lämmön kehittyminen) ja muodostaa kovettuneena kolmiulotteisen rakenteen, jolla on poikkeuksellisia ominaisuuksia, kuten kestävyys ajan mittaan, puuttuva vuorovaikutus kosteuden kanssa, erinomainen lämpöstabiilius, suuri jäykkyys ja kestävyys.

Valmisteen jokaisella kemikaalilla tai mineraalilla on oma tehtävänsä, ja ne kaikki yhdessä edistävät liiman suorituskykyominaisuuksien saavuttamista.

## ■ KÄYTTÖKOHTEET

XEPOX-tuotteiden erilaiset viskositeetit takaavat monipuolisen käytön erityyppisille liitoksille sekä uusissa rakenteissa että rakenteiden kunnostuksessa. Käytettäessä terästä, erityisesti hiekkapuhallettuja tai rei'itettyjä levyjä ja tankoja, saadaan aikaan korkea lujuus rajoitetussa paksuudessa.

### 1. JATKUVAN MOMENTIN LIITOS



### 2. KAKSI- TAI KOLMISUUNTAISET YHTEYDET



### 3. LAPALIITOS



### 4. VAHINGOITTUNEIDEN OSIEN KORJAUS



## ■ ESTEETTISET PARANNUKSET

Patruunamuoto mahdollistaa myös sen käytön esteettisiin järjestelyihin ja liimaukseen pieninä määrinä.





## LIITOKSET LIIMATUILLA TANGOILLA

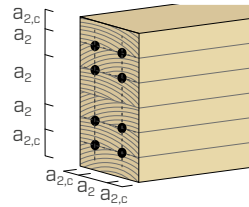
Ohessa ilmoitetaan DIN 1052:2008 -standardiin ja Italian CNR DT 207:2018 -standardiin sisältyvät ohjeet.

### TANKOJEN MINIMIETÄISYYDET

#### VETO

Tangot liimattu // syysuuntaan nähden

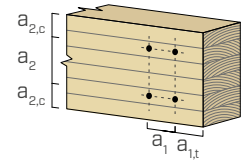
|           |        |
|-----------|--------|
| $a_2$     | $5d$   |
| $a_{2,c}$ | $2,5d$ |



#### VETO

Tangot liimattu ⊥ syysuuntaan nähden

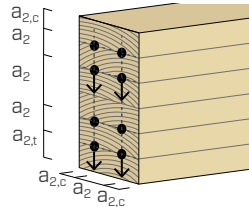
|           |        |
|-----------|--------|
| $a_1$     | $4d$   |
| $a_2$     | $4d$   |
| $a_{1,t}$ | $2,5d$ |
| $a_{2,c}$ | $2,5d$ |



#### LEIKKAUS

Tangot liimattu // syysuuntaan nähden

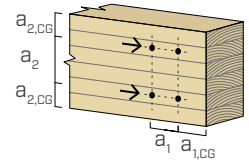
|           |        |
|-----------|--------|
| $a_2$     | $5d$   |
| $a_{2,c}$ | $2,5d$ |
| $a_{2,t}$ | $4d$   |



#### LEIKKAUS

Tangot liimattu ⊥ syysuuntaan nähden

|            |       |
|------------|-------|
| $a_1$      | $7d$  |
| $a_2$      | $5d$  |
| $a_{1,CG}$ | $10d$ |
| $a_{2,CG}$ | $4d$  |



Pienin sisäänvientipituus on:

$$l_{min} = \max \left\{ 0,5 d^2 \right. \\ \left. 10 d \right\}$$

## LASKENTATAPA

### VETOLUJUUS

Tangon, jonka halkaisija on  $d$ , vetolujuus on:

$$R_{ax,d} = \min \begin{cases} f_{yd} \cdot A_{res} & \text{teräsmurtuma} \\ \pi \cdot d \cdot l \cdot f_{v,d} & \text{puun leikkausmurtuma} \\ f_{t,0,d} \cdot A_{eff} & \text{puun vetomurtuma} \end{cases}$$

Tehokkaaksi pinta-alaksi käsitetään neliöala, jonka sivun enimmäispituus on  $6d$ ; pinta-alaa pienennetään lyhyemmällä etäisyyksillä elementtien välillä tai reunasta.

$f_{yd}$  = teräksen myötölujuus

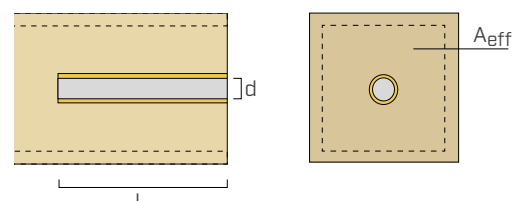
$f_{t,0,d}$  = puun vetolujuuden mitoitusarvo

Liiman leikkauslujuus  $f_{v,k}$  riippuu sisäänvientipituudesta

| $l$ [mm]            | $f_{v,k}$ [MPa]         |
|---------------------|-------------------------|
| $\leq 250$          | 4                       |
| $250 < l \leq 500$  | $5,25 - 0,005 \times l$ |
| $500 < l \leq 1000$ | $3,5 - 0,0015 \times l$ |

kaltevuuskulman  $\alpha$  suhteessa syysuuntaan:

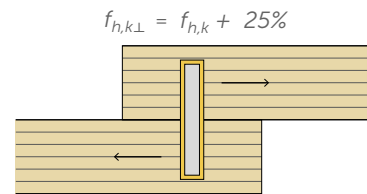
$$f_{v,\alpha,k} = f_{v,k} \cdot (1,5 \cdot \sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha)$$



## LEIKKAUSLUJUUS

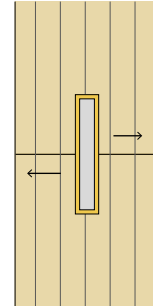
Tangon leikkauslujuus voidaan laskea käyttämällä Johansenin tunnettuja pulttikaavoja seuraavin varotoimin.

Jos tanko on liimattu kohtisuoraan kuituun nähden, puristusjännityslu-juutta voidaan lisätä jopa 25%.



Kuidun suuntaisesti liimattujen tankojen puristusjännityslu-juus on 10% syysuuntaan nähden kohtisuorassa olevasta arvosta.

$$f_{h,k//} = 10\% f_{h,k\perp}$$

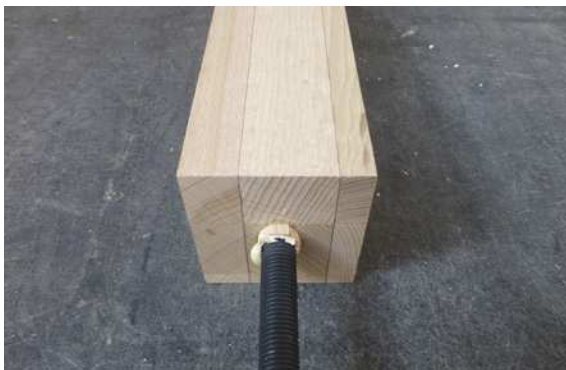


Köysivaikutus arvioidaan liimauksen antamana ulosvetolujuutena (mur-tuma b).

Jotta liimatun tangon lujuus saataisiin liimauskulmassa  $\alpha$ , sen annetaan interpoloida lineaarisesti lujuusarvojen  $\alpha$  välillä  $0^\circ$  ja  $90^\circ$  kulmassa.

## TESTAUS

XEPOXilla liimatun tangon ulosvetolaskelma raportoidaan vertaamalla tulosta Bielin yliopistossa suoritettuihin testeihin ja mit-taamalla ylijäämälujuus testin ja laskelman välillä. Tämä osoittaa nykyisen turvamarginaalin: on kuitenkin muistettava, että testin tuloksena saatu arvo ei ole ominaisarvo eikä sitä ole tarkoitettu käytettäväksi projektissa.



### GEOMETRISET TIEDOT

|                    |      |     |
|--------------------|------|-----|
| Testinäytteen sivu | 80   | mm  |
| $A_{eff}$          | 6400 | mm  |
| $d$                | 16   | mm  |
| $l$                | 160  | mm  |
| $f_{yk}$           | 900  | MPa |
| $f_{t,0,k}$        | 27   | MPa |
| $\gamma_{M0}$      | 1    |     |
| $k_{mod}$          | 1,1  |     |
| $\gamma_M$         | 1,3  |     |



|                                                                            |       |    |
|----------------------------------------------------------------------------|-------|----|
| Teräsmurtuma                                                               | 162,9 | kN |
| Puun leikkausmurtuma                                                       | 29,0  | kN |
| Puun vetomurtuma                                                           | 146,2 | kN |
| $R_{ax,d}$ = aksiaalista voimaa vastaava mitoituslujuus                    | 29,0  | kN |
| $R_{ax,m}$ = keskimääräinen kokeellinen aksiaalista voimaa vastaava lujuus | 96,3  | kN |
| $f$ = ylijäämälujuuskerroin                                                | 3,3   |    |

### HUOMAUTUKSET:

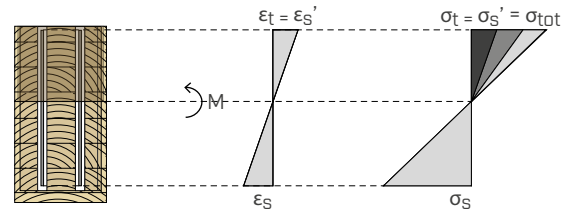
Vetolujuus johdettiin testeissä käytettyjen testinäytteiden keskimääräisestä tiheydestä.

Laskelmissa otettiin huomioon  $k_{mod}$  ja  $\gamma_M$  arvot standardin EN 1995 1-1 mukaisesti ja  $\gamma_{M0}$  standardin EN 1993 1-1 mukaisesti.

## MOMENTTILIITOKSET LEVYILLÄ

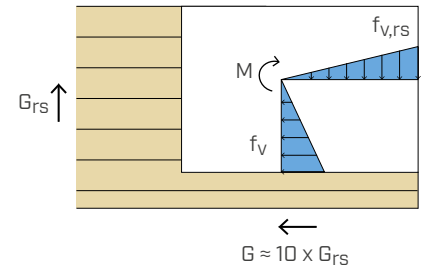
### LASKENTATAPA | PÄÄN POIKKILEIKKAUS

Momentista ja aksiaaliseen voimasta aiheutuvat jännitykset määritetään homogeenomalla poikkileikkauksen materiaalit, kun kyseessä on tasaisten poikkileikkausten säilyttäminen. Vain levyt absorboivat leikkausrasituksen. On myös tarpeen tarkistaa puun poikkileikkaukseen kohdistuvat rasitus-tekijät ja jännitykset.



### LASKENTATAPA | MOMENTTIJAKAUMA RAJAPINNASSA TERÄS-LIIMA-PUU

Momentti jaetaan rajapintojen lukumäärälle ja hajotetaan sen jälkeen jännityksiksi, kun otetaan huomioon sekä napainertia painopisteen ympärillä että puun erilaiset jäykyydet. Näin saadaan suurimmat tangentialiset jännitykset kohtisuoraan ja syiden kanssa yhdensuuntaisesti, mikä on todennettävä myös niiden vuorovaikutuksessa.



Puun leikkausten moduulissa punnittu puolikkaan kappaleen polaariset jäyhyysmomentti suhteessa painopisteeseen:

$$J_p^* = \frac{l_i \cdot h^3}{12} \cdot G + \frac{l_i^3 \cdot h}{12} \cdot G_{rs}$$

Tangentialisten jännitysten laskeminen ja yhdistetty todentaminen:

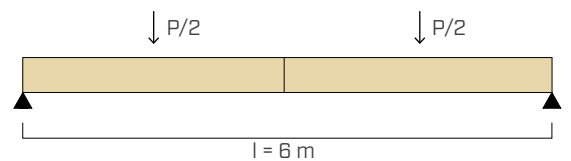
$$\tau_{max,hor} = \frac{(M_d + M_{T,Ed})}{2 \cdot n_i \cdot J_p^*} \cdot \frac{h}{2} \cdot G + \frac{N_d}{2 \cdot n_i \cdot A_i}$$

$$\tau_{max,vert} = \frac{(M_d + M_{T,Ed}) \cdot e}{2 \cdot n_i \cdot J_p^*} \cdot G_{rs} + \frac{V_d}{2 \cdot n_i \cdot A_i}$$

$$\sqrt{\left(\frac{\tau_{max,hor}}{f_{v,d}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{max,vert}}{f_{v,rs,d}}\right)^2} \leq 1$$

## TESTAUS

XEPOXilla tehty kahden liitoksen momenttilaskelma raportoidaan vertaamalla tulosta Politecnico di Milanossa tehtyihin 4 pisteen taivutustesteihin. Määritetään testin ja laskelman välinen **ylirasituskerroin**, joka osoittaa, että liitosten laskennassa on hyvä turvamarginaali. Testin tuloksena saatu arvo ei ole ominaisarvo eikä sitä ole tarkoitettu käytettäväksi projektissa.



### SELITYKSET:

|            |                                                          |
|------------|----------------------------------------------------------|
| B          | palkin kanta                                             |
| H          | palkin korkeus                                           |
| $\alpha_1$ | palkkien kaltevuuskulma                                  |
| $n_i$      | lisäkappaleiden lukumäärä                                |
| $S_i$      | metallilevyjen paksuus                                   |
| $h_i$      | metallilevyjen korkeus                                   |
| $l_i$      | metallilevyjen sisäänvientipituus                        |
| $A_i$      | kappaleen puolikkaan pinta-ala                           |
| e          | levyn painopisteen ja pääliitoksen välinen epäkeskisyyks |
| $B_n$      | palkin leveys ilman uraa                                 |

|                   |                                                |
|-------------------|------------------------------------------------|
| $\sigma_t$        | suurin puristusjännitys puussa                 |
| $\sigma_s'$       | suurin puristusjännitys teräksessä             |
| $\sigma_s$        | suurin vetojännitys teräksessä                 |
| $\sigma_{tm}$     | suurin taivutusvoima puussa                    |
| $\tau_{max,hor}$  | suurin vaakasuuntainen tangentialinen jännitys |
| $\tau_{max,vert}$ | suurin pystysuuntainen tangentialinen jännitys |
| $f_{v,d}$         | leikkauslujuus syysuunnassa                    |
| $f_{v,rs,d}$      | syitä vastaan kohtisuora leikkauslujuus        |
| $k_{c,90}$        | parametri EC 1995 1-1:sta                      |

## ESIMERKKI 1 | JATKUVA LIITOS

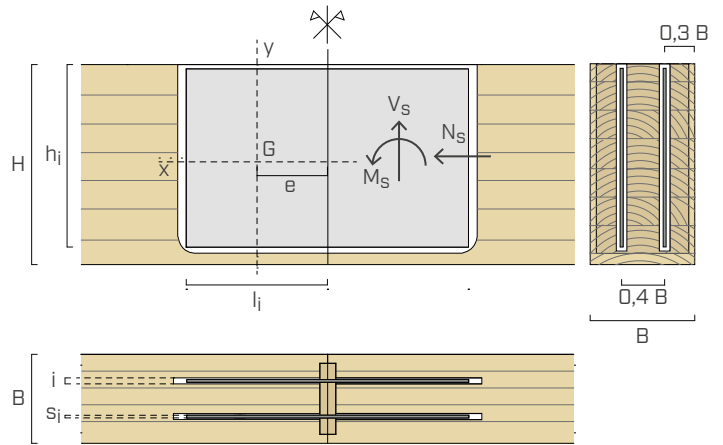
### SOLMUN GEOMETRIA: PALKKI JA LEVYT

|       |        |       |        |
|-------|--------|-------|--------|
| $n_i$ | 2 mm   | $B$   | 200 mm |
| $S_i$ | 5 mm   | $H$   | 360 mm |
| $h_i$ | 320 mm | $B_n$ | 182 mm |
| $l_i$ | 400 mm |       |        |
| $e$   | 200 mm |       |        |

### PROJEKTIN MATERIAALIT JA TIEDOT

|                     |              |
|---------------------|--------------|
| <b>Teräsluokka</b>  | <b>S275</b>  |
| $\gamma_{M0}$       | 1            |
| <b>Puuluokka</b>    | <b>GL24h</b> |
| $k_{mod}$           | 1,1          |
| $\gamma_{M timber}$ | 1,3          |

Hiekkapuhalletut metallilevyt luokkaa SA2.5/SA3 (ISO8501).



### XEPOXIN KÄYTTÖ

Suojaa kappaleet hapettumiselta XEPOX P:llä. XEPOX F tai XEPOX L -liiman käyttö.

## VARMENNUKSET

|       |                  |          |
|-------|------------------|----------|
| $M_d$ | mitoitusmomentti | 54,3 kNm |
|-------|------------------|----------|

### PÄÄLIITOKSEN TARKASTUS<sup>(1), [2]</sup>

|             |           |             |
|-------------|-----------|-------------|
|             |           | varmistus-% |
| $\sigma_t$  | 10,6 MPa  | 53 %        |
| $\sigma_s'$ | 185,8 MPa | 68 %        |
| $\sigma_s$  | 274,9 MPa | 100 %       |

### PUUN POIKKILEIKKAUKSEN VARMISTUS ILMAN URAA

|               |          |             |
|---------------|----------|-------------|
|               |          | varmistus-% |
| $\sigma_{tm}$ | 14,1 MPa | 70 %        |

### LIITÄNTÄPINTOJEN SUURIMMAN TANGENTIAALISEN JÄNNITTEEN VARMISTUS<sup>(3), [4]</sup>

|                             |                                    |             |
|-----------------------------|------------------------------------|-------------|
|                             |                                    | varmistus-% |
| $J_p^*$                     | $8,56 \cdot 10^{11} \text{ Nmm}^2$ |             |
| $\tau_{max,hor}^{(3)}$      | 1,7 MPa                            | 57 %        |
| $\tau_{max,vert}^{(3)}$     | 0,2 MPa                            | 20 %        |
| <b>yhdistetty varmistus</b> |                                    | 60 %        |

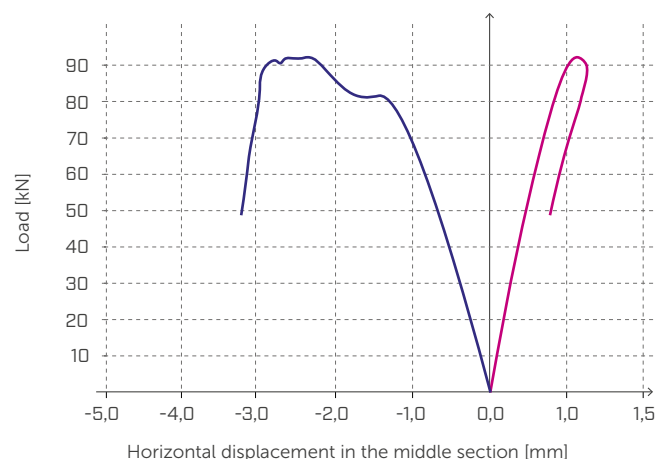
|                |                                        |          |
|----------------|----------------------------------------|----------|
| $M_d = M_{Rd}$ | vaikuttava momentti = mitoitusmomentti | 54,3 kNm |
| $M_{TEST}$     | kokeen lujuusmomentti                  | 94,1 kNm |
| $f$            | ylirasituskerroin                      | 1,7      |

## KUVAAJA VOIMA - SIIRTYMÄ

Venytettyjen ja puristettujen syiden vaakasuuntainen siirtymä keskellä.

Kaaviossa esitetään venytettyjen syiden suurin siirtymä, mikä vahvistaa laskelman hypoteesin, jonka mukaan puu reagoi puristukseen yhdessä metallilevyjen kanssa ja siirtää neutraaliakselia ylöspäin.

— YLÄREUNA  
— ALAREUNA



## ESIMERKKI 2: POLVILIITOS

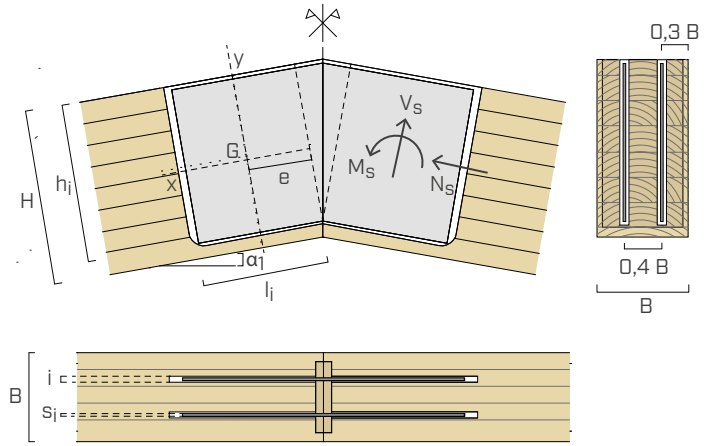
### SOLMUN GEOMETRIA: PALKKI JA LEVYT

|       |        |            |        |
|-------|--------|------------|--------|
| $n_i$ | 2 mm   | $B$        | 200 mm |
| $S_i$ | 6 mm   | $H$        | 360 mm |
| $h_i$ | 300 mm | $B_n$      | 176 mm |
| $l_i$ | 568 mm | $\alpha_1$ | 21,8 ° |
| $e$   | 332 mm |            |        |

### PROJEKTIN MATERIAALIT JA TIEDOT

|                    |              |
|--------------------|--------------|
| <b>Teräsluokka</b> | <b>S275</b>  |
| $Y_{M0}$           | 1            |
| <b>Puuluokka</b>   | <b>GL32c</b> |
| $k_{mod}$          | 1,1          |
| $Y_M$ timber       | 1,3          |

Hiekkapuhalletut metallilevyt luokkaa SA2.5/SA3 (ISO8501).



### XEPOXIN KÄYTTÖ

Suojaa kappaleet hapettumiselta XEPOX P:llä. XEPOX F tai XEPOX L -liiman käyttö.

## VARMENNUKSET

|       |                  |                 |
|-------|------------------|-----------------|
| $M_d$ | mitoitusmomentti | <b>63,5 kNm</b> |
|-------|------------------|-----------------|

### PÄÄLIITOKSEN TARKASTUS<sup>(1), (2)</sup>

|                  |           |             |
|------------------|-----------|-------------|
| $k_{c,90}^{(A)}$ | 1,75      | varmistus-% |
| $\sigma_c$       | 12,7 MPa  | 100 %       |
| $\sigma_{s'}$    | 180,7 MPa | 66 %        |
| $\sigma_s$       | 262,0 MPa | 95 %        |

### PUUN POIKKILEIKKAUKSEN VARMISTUS ILMAN URAA

|            |          |      |
|------------|----------|------|
| $\sigma_t$ | 16,7 MPa | 62 % |
|------------|----------|------|

### LIITÄNTÄPINTOJEN SUURIMMAN TANGENTIAALISEN JÄNNITTEEN VARMISTUS<sup>(3), (4)</sup>

|                             |                                    |             |
|-----------------------------|------------------------------------|-------------|
| $J_p^*$                     | $1,52 \cdot 10^{12} \text{ Nmm}^2$ | varmistus-% |
| $\tau_{max,hor}^{(3)}$      | 1,1 MPa                            | 38 %        |
| $\tau_{max,vert}^{(3)}$     | 0,2 MPa                            | 21 %        |
| <b>yhdistetty varmistus</b> |                                    | <b>43 %</b> |

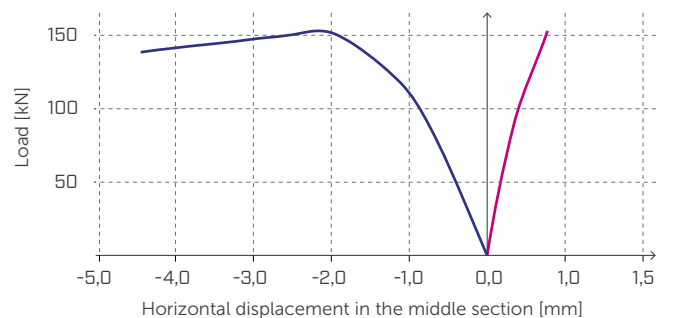
|                |                                        |                  |
|----------------|----------------------------------------|------------------|
| $M_d = M_{Rd}$ | vaikuttava momentti = mitoitusmomentti | <b>63,5 kNm</b>  |
| $M_{TEST}$     | kokeen lujuusmomentti                  | <b>131,8 kNm</b> |
| $f$            | ylirasituskerroin                      | <b>2,1</b>       |

### KUVAAJA VOIMA - SIIRTYMÄ

Venytettyjen ja puristettujen syiden vaakasuuntainen siirtymä keskellä.

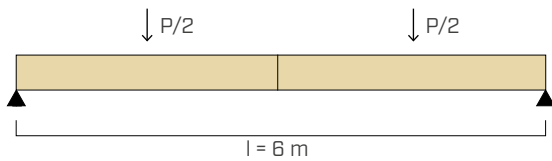
Kaaviossa esitetään venytettyjen syiden suurin siirtymä, mikä vahvistaa laskelman hypoteesin, jonka mukaan puu reagoi puristukseen yhdessä metallilevyjen kanssa ja siirtää neutraaliakselia ylöspäin.

— YLÄREUNA  
— ALAREUNA



## LIITOSTEN JÄYKKYYS

XEPOX-liimoilla toteutetut momenttiliitokset takaavat erinomaisen jäykkyyden kytketyissä elementeissä. Tämän tueksi verrataan taipuma-arvoja, jotka on saatu analyttisistä laskelmista samanarvoisen säteen, poikkileikkauksen ja kuormituksen omaavalle erilliselle säteelle, laskentaesimerkin 1 kokeellisilla tiedoilla.



Saadaksesi taipuman vertailuarvon käytettävissä olevista koetiedoista, on tarpeen määrittää käyttökuormitus. Tämän saavuttamiseksi on mahdollista ottaa huomioon 54,5 kNm:n resistanssimomentti, joka on laskettu laskutoimituksen esimerkille 1 ja joka ihannetapauksessa vastaa suurinta hyväksyttävää jännitystä äärirajoilla. Näiden tietojen perusteella ja asettamalla säteelle realistinen kuormituksen jakautuminen on mahdollista määrittää suurin käytössä oleva rasitusmomentti käyttämällä kuormituksen vahvistuskertoimia viitestandardin mukaisesti.

Jos oletetaan, että tasainen katto on puuta, jolla ei voi kävellä, määritellään seuraavat kuormat.

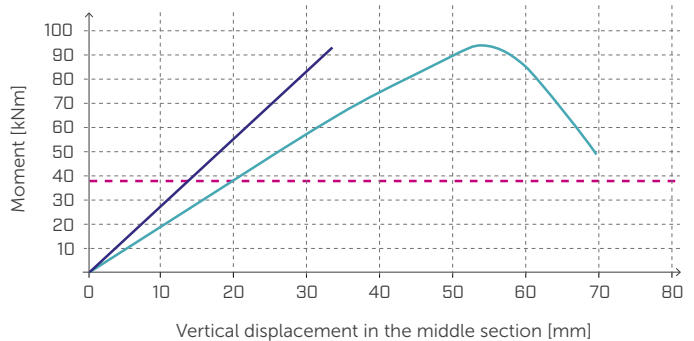
$$p = 1,5 \text{ kN/m}^2; q = 1,5 \text{ kN/m}^2$$

Tässä tapauksessa kokonaiskuormitus on vakavimmassa käyttöyhdistelmässä noin 70% kuormituksesta murtorajatilassa.

Tämän seurauksena suurin vaikuttava momentti on  $54,3 \times 0,7 = 38 \text{ kNm}$ , mikä aiheuttaa noin 13 mm:n hetkellisen taipuman yhdistämättömälle palkille, kun taas kokeellisesti mitattu taipuma on 19 mm. Vertikaalisen siirtymän lisääntyminen on näin ollen:  $l/1050$ .

### KUVAAJA MOMENTTI - SIIRTYMÄ

- PALKKI XEPOX-LIITOKSELLA
- JATKUVA PALKKI
- - - SUURIN KÄYTTÖMOMENTTI



### HUOMAUTUKSET:

<sup>(A)</sup>  $k_{c,90}$  on tekijä, joka muuntaa puun puristuslujuutta Hankinsonin kaavan (EC 1995-1-1, 6.1.5 kohta) voima-syysuuntaan nähden. Kaavassa ei kuitenkaan oteta huomioon hartsin tarjoamaa puunsyiden stabilointia, joka täyttää puu-huokoset; suunnittelijalla on mahdollisuus kasvattaa tätä kerrointa.

<sup>(1)</sup> Poikkileikkauksen laskemisessa otettiin huomioon kaikkien materiaalien elastis-lineaariset sidokset. On huomattava, että akselikuormitusten ja leikkausten osalta on tarpeen tarkistaa näiden jännitysten yhdistelmä.

<sup>(2)</sup> Tässä laskelmassa katsotaan, että hartsilaakeri mahdollistaa rajapinnan täyden kosketuksen, minkä vuoksi puu voi reagoida puristumiseen. Jos laakeria ei toteuteta, on suositeltavaa tarkastaa metallilevy ainoastaan reagenssina ja soveltaa levyn geometrisiin parametreihin seuraavaa kaavaa:

$$f_{yd} \leq \frac{M_d}{B \cdot h^2} \cdot \frac{6}{6}$$

<sup>(3)</sup> On huomattava, että XEPOX-liimoille on ominaista veto- ja leikkauslujuus, joka on huomattavasti suurempi kuin puumateriaalin tarjoama lujuus ja joka ei muutu ajan mittaan. Tästä syystä liitännöiden vääntölujuuden tarkastus suoritetaan arvioimalla ainoastaan puupuoli ottaen huomioon, että liiman osalta ehdon on täyttyvä.

<sup>(4)</sup> Puu-liima-teräs-liitoskohdan leikkausjännite "τ", joka siirtyy puuhun, lasketaan enimmäisarvoonsa, jos kallistus on yhdensuuntainen tai kohtisuorassa puukuituihin nähden. Näitä jännityksiä verrataan vastaavasti puun leikkauslujuuteen ja "rolling shear" -lujuuteen. Tässä laskelmassa olisi otettava huomioon myös leikkausrasituksesta johtuvan kuljetusmomentin  $M_{T,Ed}$  suuruus, jos sellainen on.

Huomautetaan, että laskelmissa otettiin huomioon  $k_{mod}$  ja  $\gamma_M$  arvot standardin EN 1995 1-1 mukaisesti ja  $\gamma_{M0}$  standardin EN 1993 1-1 mukaisesti.