



# StruSoft



## FEM-Design

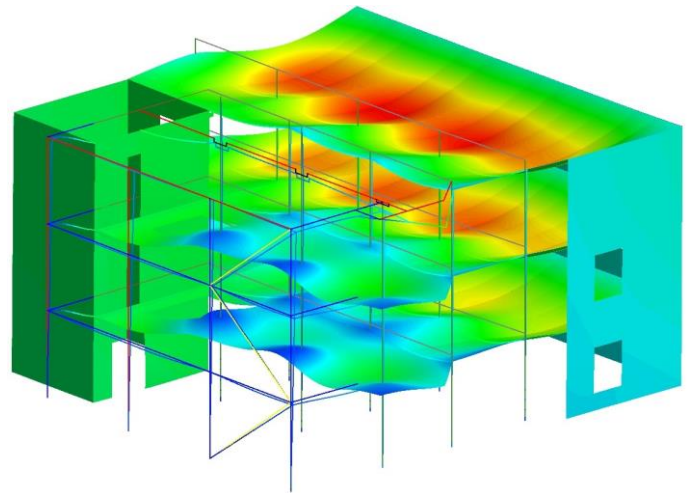
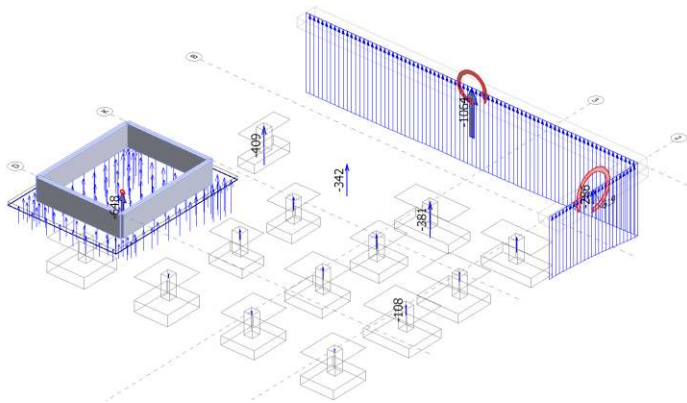
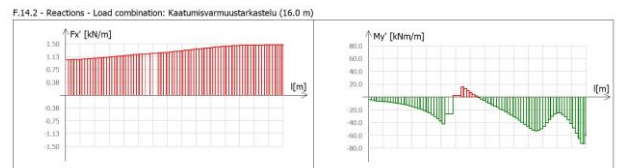
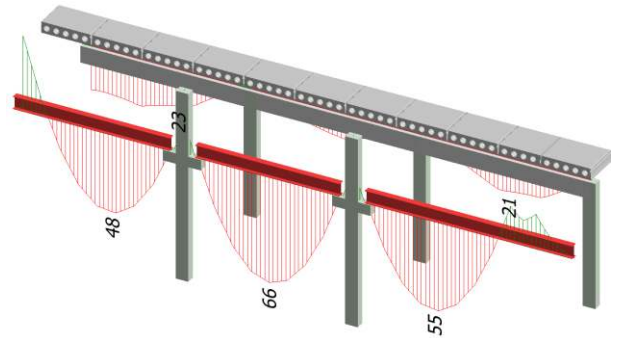
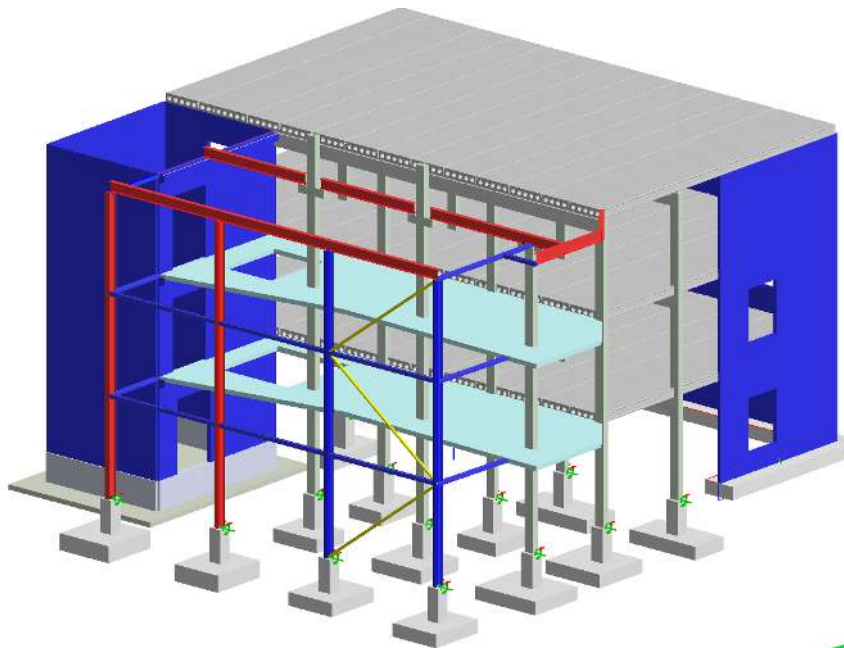
**FEM-Design | Intuiitiivinen ja suunnittelijälähtöinen rakennesuunnitteluohjelmisto.**

Fem-Design on rakenteiden laskentaan ja mitoitukseen tarkoitettu pohjoismainen ohjelmisto. Ainutlaatuiseksi FEM-Designin tekee sen helppo ja nopeasti omaksuttava käyttöliittymä, varma ja luotettava epälineaarinen ratkaisija, sekä hyvin toteutetut monipuoliset normien mukaiset mitoituslaskentatyökalut. FEM-Design tukee kaikkia rakennesuunnittelussa käytettäviä materiaaleja myös mitoituksessa (Betoni, teräs, puu, CLT). FEM-Design on parhaita ohjelmia paikallaanvalettujen ja esivalmistettujen betonirunkojen laskentaan johtuen ohjelman epälineaarisesta halkeilun huomioivasta rakennemallista.

FEM-Designilla sujuu yksinkertaisten kehien ja laattojen, palkkien tai esim. betonielementtien laskenta, sekä myös helposti koko rakennusrungon laskenta ja jäykistyslaskenta saumavoimineen. Analyysistä on käytettävissä lähes kaikki erikoisimmatkin analyysit, joita tarvitaan rakenteen laskennassa. Rakennemalli voidaan tuoda niin 2D kuvistakin, kuten myös kokonaisesta 3D mallista ohjelmaan.

Monipuolinen rakennemalli mahdollistaa myös perustusrakenteiden ja pohjarakenteiden sisällyttämisen rakennemalliin. Koko rakennuksen malliin voidaan sisällyttää 3D maaperäanalyysi, jolloin rakenteen ja vaativan maaperän vuorovaikutus voidaan mallintaa ja myös perustusten mitoitus onnistuu.

# 3D Structure



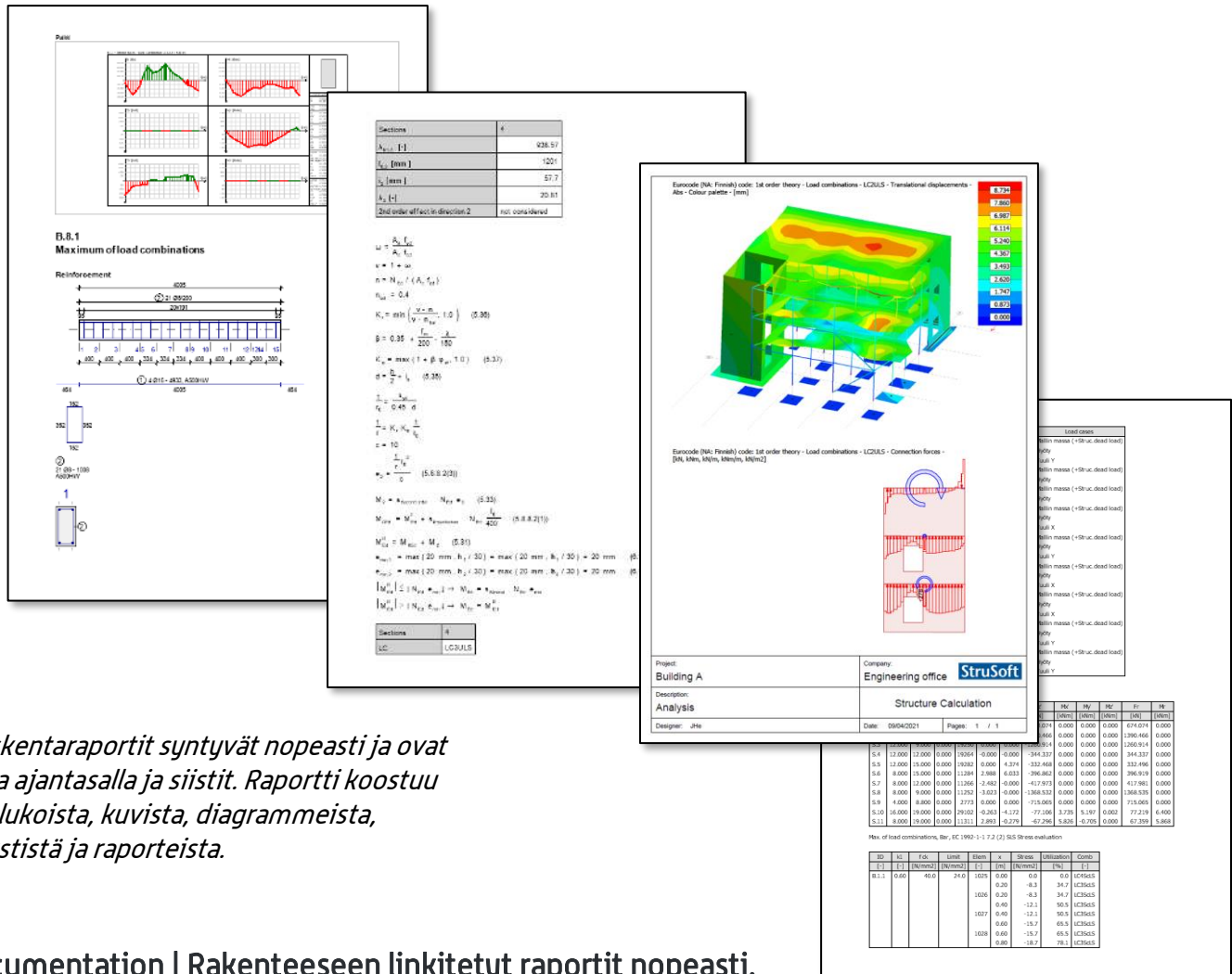
## 3D Structure | Laskee rakenteesi todenmukaisesti ja varmasti.

3D Structure on ohjelman pääkäyttöliittymä. 3D Structure ei tarvitse rinnalleen mitään muuta, mikäli haluat mitoittaa rakenteesi osat itse. 3D Structure mahdollistaa todellisten epälineaarisuuksien mallintamisen rakenteeseen, joka on ollut muilla ohjelmilla usein hankalaa. Rakennemallissa on aina mukana mitoitusstandardien analyysityyppikohtaiset jäykkyydet betonille, puulle sekä tarvittaessa myös teräkselle. Rakenteen mallinnus on helppoa ja intuitiivista, mallin muokkaus helppoa ja tulokset nopeasti käsillä. Malli saadaan luotua parametrisesti tai tuotua muista ohjelmista.

- Kaikkien materiaalien rakennemalli, betoni, teräs, puu, CLT, liittorakenteet, omat materiaalit.
- Lineaarinen ja epälineaarinen laskenta, halkeillut betoni, geometrinen epälineaarisuus, alkukäyryydet, lisävaakavoim.
- Dynaamiset analyysit, seisminen kuormitus, aika-historia-analyysi.
- Irtoamiset perustuksissa ja elementtiliitoksissa. Saumojen plastisoituminen ja jäykkyys. Saumojen mitoitus.
- Koko mallin stabiiliteettianalyysi, kokonaisnurjahdukset teräkselle, puulle ja betonille kimmokerroinvähennyksineen.
- EN 1992-1-1 ja EN 1995-1-1 mukaiset taipumat statiikkamallissa mukana (halkeilu, viruma ja aikaluokkavaikutukset)
- Poikkileikkauseditori, laaja valikoima poikkileikkauksia ja omat poikkileikkaukset, liittopoikkileikkaukset
- Tuloksien katselu diagrammeina tai 3D mallista tai taulukosta
- Ontelolaattojen ja esivalmistettujen elementtien mallinnus
- Elementtien saumavoimat huomioiden kitka, kaatumisvarmuustarkastelu, liukumisvarmuus
- Lineaarisen laskennan huippuarvojen automaattinen käsittely
- Rakenteen luominen 2D kuvasta tai täydestä 3D mallista (Tekla, Autocad, IFC, revit)
- Rakenteen luominen päivittyvästä parametrisestä mallista ja hyvä ohjelmointirajapinta
- Ei-kantavat kuormapinnat ja automaattiset tuulikuormat EN 1991-1-4 mukaan. liikkuvat kuormat.



# 3D Structure



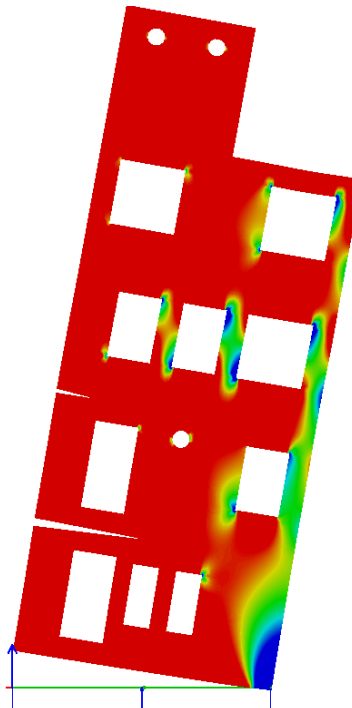
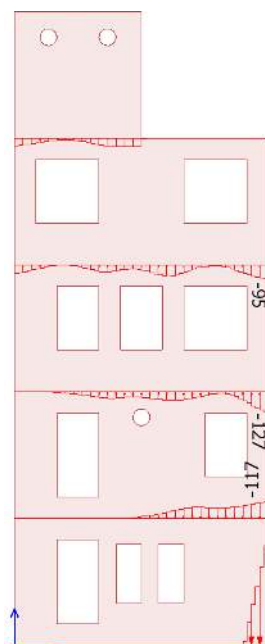
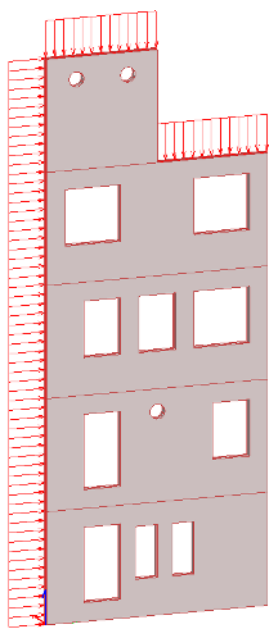
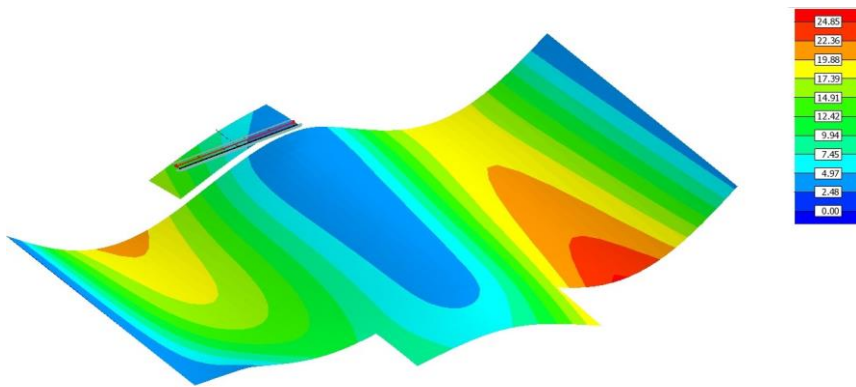
*Laskentaratortit syntyvät nopeasti ja ovat aina ajantasalla ja siistit. Raportti koostuu taulukoista, kuvista, diagrammeista, tekstistä ja raporteista.*

## Documentation | Rakenteeseen linkitetyt raportit nopeasti.

Documentation moduuli mahdollistaa linkittämään malliin raportin, joka päivittyy suunnittelumuutosten mukana. Kaikki mitoitusraportit ovat saatavilla. Lisäksi raporttiin voidaan lisätä ulkopuolisia kuvia tai tekstiä. 3D- tai 2D-rakenteista otetut kuvat ovat tietenkin käytettävissä. Kuvia voidaan vielä muokata raporttityökalussa (kameran sijainti jne.). Lisäksi mitoitusraportteja voidaan muokata raporttityökalussa kytkemällä pois mitoitusdetailit jne. tai kuvia. Lisäksi Raporttiin on saatavilla suuri määrä tietoa taulukkomuodossa.

- Nopea raportti laskennasta
- Kaikki tieto on päivittyvää
- Mitoitusraportit
- Kuvat rakenteesta, esim jännitykset, momenttipinnat, tukireaktiot jne.
- Diagrammit, esim momenttipinta, tukireaktiot jne.
- Taulukot (tukireaktiot, käyttöasteet, värähtelymuodot, kuormayhdistelyt, mitoitusdetailit jne).
- Ulkopuoliset kuvat
- Tekstikentät
- Sisällysluettelo
- Otsikot

# 2D Plate, Wall, Frame



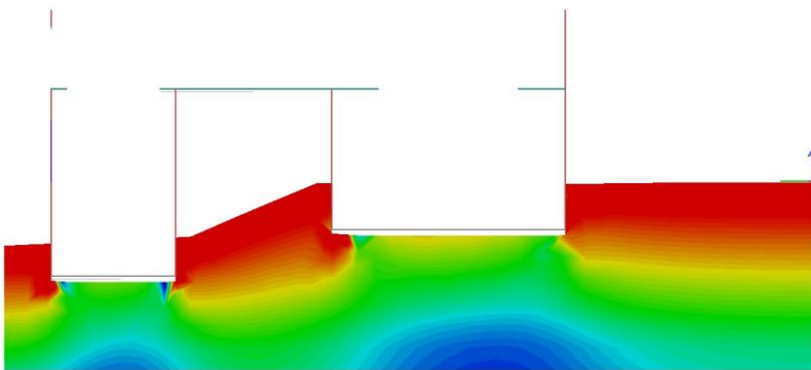
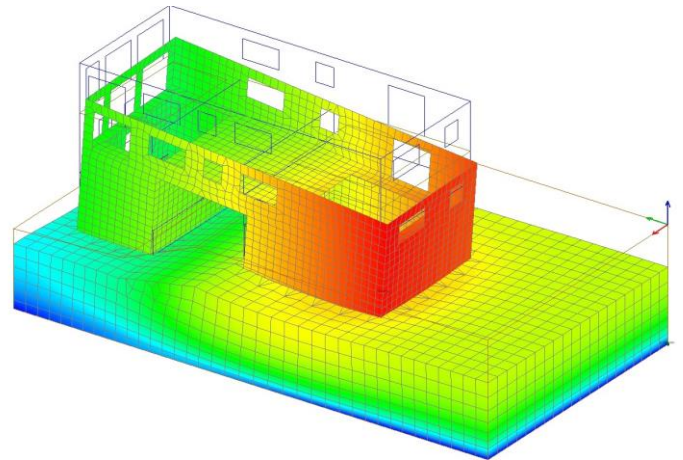
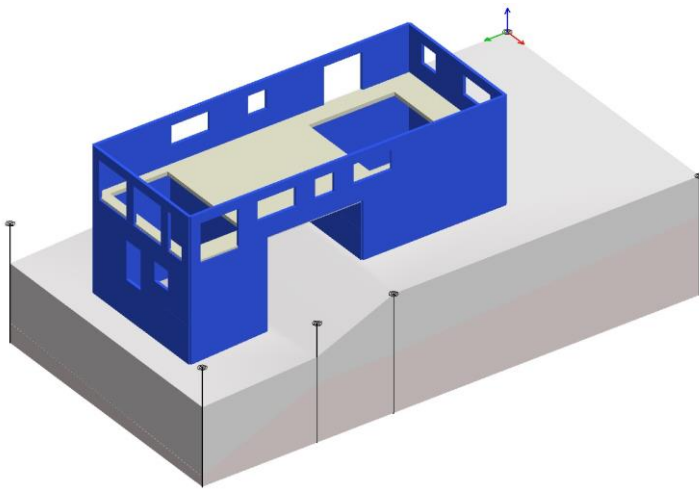
*Jäykistävän seinän laskenta.  
Elementit epälineaarisella  
saumamallilla, jossa kitka  
jakautuu  
puristusvyöhykkeelle.  
Ohjelma laskee myös  
kaatumisvarmuus- ja  
liukumisvarmuustarkastelut  
jokaiselle saumalle.*

## 2D Plate | Jos tarvitset FEM-Designin hyviä ominaisuuksia, mutta tasorakenne riittää

2D Plate ja wall ja frame on yksinkertaistus täydestä 3D structuresta. 2D plate on hyvin suosittu laatojen mitoitusohjelma. Kaikki 3D structuren hyvät ominaisuudet kuten tukien epälineaarisuus, halkeilu ja muu epälineaarisuus on mukana. Voit piirtää laatastot ja sitä kannattelevat palkit, paalut tai esim maanvaraisen laatan. Itse kantavien sienien ja pilarien laskenta on poistettu. 2D wall mahdollistaa vastaavasti pystyrakennemallien laadinnan tasossa. Frame mahdollistaa sauvarakenteiden mallintamisen (betonikehät, ristikot ja muut tasorakenteet). Taso-ohjelmista on todella helppo siirtyä täyden 3D Structuren käyttäjäksi. Käyttöliittymä on käytännössä sama.

- Yhden laatastot tai seinälinjan laskenta tai pelkät sauvarakenteet
- Sama käyttöliittymä kun 3D structuressa
- Laattaa tukevat palkit tai seinät on mahdollista syöttää joustavina tukina tai palkkimalleina
- Laatan epälineaarisuus tai tarkat taipumat, halkeilu ja viruma kuten 3D Structuressa
- Epälineaariset tuet
- Ontelolaatastot
- Maanvaraiset laatat, perustusrakenteet
- Jäykistävät Seinät
- Kehät

# 3D Soil



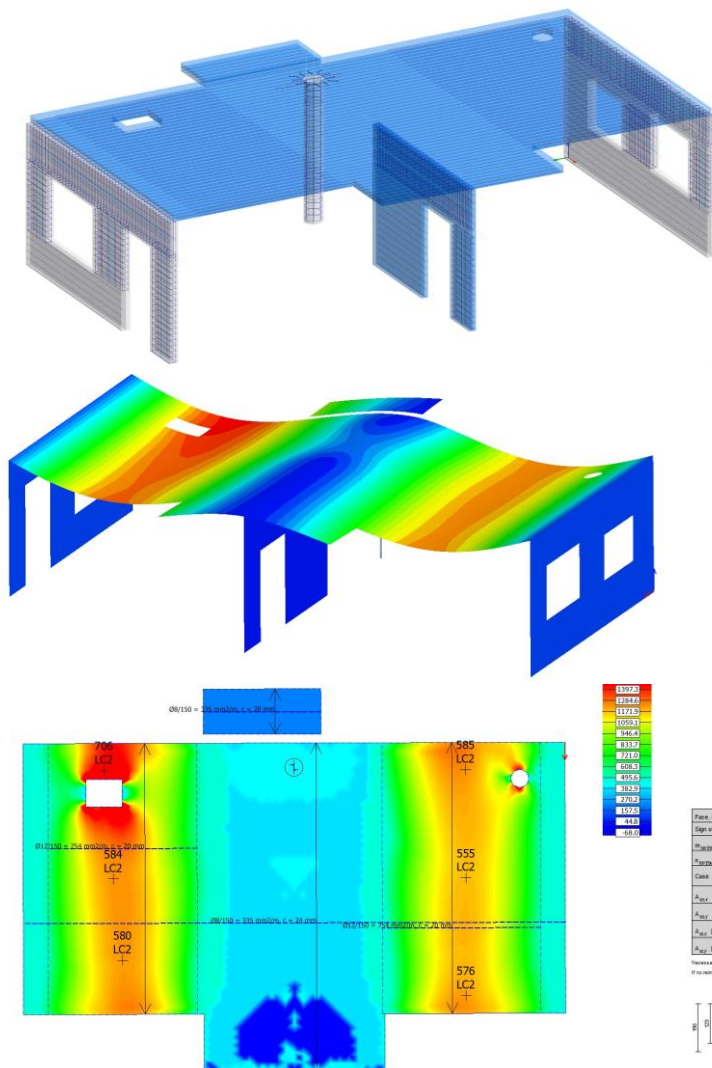
*Rakennemalliin voidaan yhdistää epälineaarinen maaperän FE-malli, joka mahdollistaa rakenteen ja maaperän vuorovaikutuksen. Painumien ja siirtymien vaikutus voidaan huomioida jopa halkeilleessa betonirakenteessa.*

## 3D Soil | Rakenteen ja maaperän epälineaarinen vuorovaikutus. Ainutlaatuinen ratkaisu.

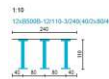
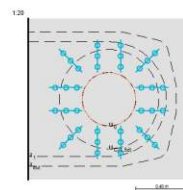
3D Soil mahdollistaa maaperän vaikutuksen lisäämisen valmiiseen rakennemalliin tai mallintaa rakennus alunperin todennukaisella maaperämallilla. Maaperä toimii epälineaarisesti kuten myös laskentamalli. Maaperään syötetään kantavuustiedot, joten maaperän kantavuus tulee varmistettua samalla mallilla.

- Maaperä epälineaarisella tilavuusmallilla (Mohr-Coloumb)
- Maaperään voidaan syöttää useita kerroksia eri maalajeja
- Pohjaveden vaikutus voidaan lisätä malliin.
- Vaativat kellarirakenteet, penkereet, vierekkäisten perustusten yhteisvaikutus
- painumat, maan kantavuus
- Stattisesti määräämättömät rakenteet ja vaativat perustusolosuhteet
- Voimakas maaperän kaltevuus ja kerrosten paksuusvaihtelut
- Pohjalaatan malliin voidaan syöttää myös eristeet, joiden kantavuus tarkastetaan myös

# Concrete Design



## PU.(C.1).1 Maximum of load combinations



## Concrete compression resistance - Part 1.1: 6.4.3 LC 'LC2ULS'

$$V_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_b \cdot d} = \frac{1.00 \cdot 189844.02}{1254 \cdot 114} = 1.31 \text{ N/mm}^2 \quad (6.38)$$

$$V_{Rd,cmin} = 0.5 \cdot v \cdot f_{ctd} = 0.5 \cdot 0.50 \cdot 22.67 = 5.71 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{Ed} = 1.31 \text{ N/mm}^2 \leq V_{Rd,cmin} = 5.71 \text{ N/mm}^2 \quad (6.53) \text{ - OK}$$

## Summary



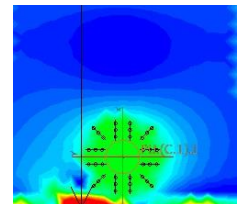
## Shear reinforcement resistance - Part 1.1: 6.4.3

$$V_{Ed} = \frac{\beta \cdot V_{Ed,0}}{u_b \cdot d} \quad (6.38)$$

$$V_{Rd,s} = A_{sw} \cdot f_{sd} \cdot \frac{1}{u_b \cdot d} \cdot \sin(\alpha) \quad (6.47)$$

$$V_{Rd,s} = \min(0.75 \cdot V_{Rd,cmin} + V_{Rd,s}, V_{Rd,s}) \quad (6.48)$$

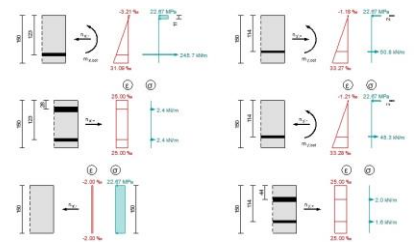
|                                 |        |
|---------------------------------|--------|
| Perimeter index                 | 1      |
| Dist [mm]                       | 228    |
| $V_{Ed}$ [kN]                   | 186.64 |
| $\beta$ [-]                     | 1.00   |
| $d$ [mm]                        | 114    |
| $u$ [m]                         | 2.54   |
| $V_{Ed}$ [N/mm <sup>2</sup> ]   | 0.64   |
| $V_{Rd,c}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | 1.07   |
| $V_{Rd,s}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | 0.24   |
| $V_{Rd,s}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | 2.17   |
| $V_{Rd,s}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | 1.72   |
| Utilization [%]                 | 38     |



| Face direction                    | Bottom x'     | Bottom y'     | Top x'         | Top y'         | Bottom x'     | Bottom y'     | Top x'         | Top y'         |
|-----------------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|---------------|---------------|----------------|----------------|
| Sign of $\sigma$                  | -             | -             | -              | -              | -             | -             | -              | -              |
| $\sigma_{max}$ [MPa]              | 29.21         | 29.21         | 0.00           | 0.00           | 5.47          | 5.47          | 0.00           | 0.00           |
| $\sigma_{min}$ [MPa]              | -4.80         | -3.81         | -3.81          | 3.80           | -4.75         | -3.80         | -4.75          | 3.80           |
| Code                              | Tension steel | Tension steel | Concrete comp. | Concrete comp. | Tension steel | Tension steel | Concrete comp. | Concrete comp. |
| $\rho_{xx}$ [mm <sup>2</sup> /mm] | 576           | 585           | 5              | 5              | 107           | 104           | 4              | 0              |
| $\rho_{yy}$ [mm <sup>2</sup> /mm] | 0             | 0             | 0              | 0              | 0             | 0             | 0              | 0              |
| $\rho_{xy}$ [mm <sup>2</sup> /mm] | -             | -             | -              | -              | 0             | 0             | 0              | 0              |

For every reinforcement is calculated by considering also the reinforcement data.

If no reinforcement is required, the absence of reinforcement is represented in the cross figure.



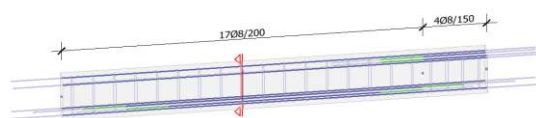
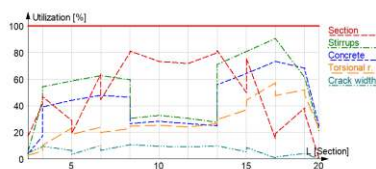
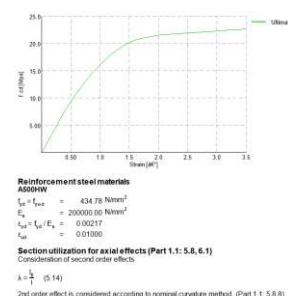
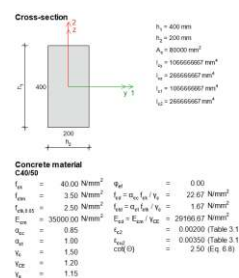
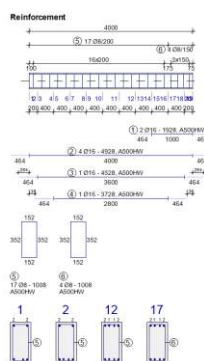
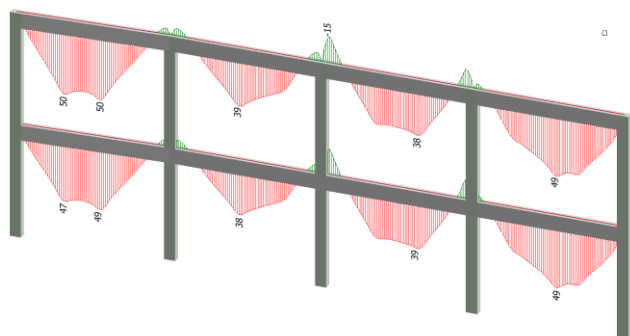
## Concrete Design | Laattojen ja seinien raudoitus tai taipumat helposti ja automaattisesti.

FEM-Design laskee laatoille tarvittavan raudoituksen ja sijoittelee halutut raudoitusverkot automaattisesti. Käyttäjä voi myös itse piirtää helposti raudoitusverkot. Määritetyn raudoituksen perusteella voidaan laskea leikkauskestävyys laatoille ja halkeamanleveydet. Seinille mitoittamiseen lisätään seinien nurjahduksen aiheuttama toisen kertaluvun momentti ja epäkeskeisyydet. Syötetyn raudoituksen avulla voidaan laskea lävistyskestävyys ja halkeamanleveydet. Kaikkia syötettyjä raudoitteita voidaan käyttää 3D-mallissa ja jokainen FE-alkio saa jäykkyytensä todellisen raudoitteen, halkeilun ja viruman mukaan. Tarkka taipumalaskenta 3D-mallissa tarvitsee rinnalleen Concrete design-moduulin.

- Tarvittava raudoitus taivutukselle ja leikkaukselle, EN 1992-1-1 levyyssääntöjen mukaan
- Minimiraudoitteet
- Momentin huippuarvojen käsittely ja leikkausvoiman huippuarvojen käsittely
- Lävistyskestävyys ja lävistysraudoituksen laskenta (suomen kansallinen liite).
- Raudoitusverkkojen automaattinen / käsinsyöttö, käyttäjä voi päättää koot.
- Laajat mitoitusraportit laatasta, mistä tahansa kohdasta
- Lävistyskestävyys, lävistysraudoitus usealla eri tavalla, automaattinen reunan ja aukon tunnistus
- Concealed bar - betonielementtien kaistan mitoitus palkkina tai pilarina, esim seinäelementin aukonylityspalkki.
- Raudoitus takaisin FE malliin - Halkeilun ja viruman käyttö- ja murtorajatilassa (momentin uudelleenjakautuminen)
- 3D-structure tai Plate 2D vaatii rinnalleen Concrete-designin, mikäli halkeilu halutaan huomioida FE-mallissa.
- Concrete Design 3D (seinien palkkien pilareiden ja laattojen raudoitus)



# Concrete Design



$$\begin{aligned} u &= \frac{A_s f_{td}}{A_c f_{cd}} \\ v &= 1 + u \\ n &= N_{Ed} / (A_c f_{cd}) \\ n_{bal} &= 0.4 \\ K_r &= \min \left( \frac{1 - n}{v - n_{bal}}, 1.0 \right) \quad (5.36) \\ \beta &= 0.35 + \frac{f_{td}}{200} - \frac{1}{150} \\ K_{re} &= \max (1 - \beta, 0.9) \quad (5.37) \\ d &= \frac{h}{2} + l_{cr} \quad (5.35) \\ \frac{1}{f_d} &= \frac{f_{td}}{0.45 f_c} \\ \frac{1}{f} &= K_r K_{re} \frac{1}{f_d} \\ c &= 10 \\ e_2 &= \frac{1}{c} \frac{l_{cr}^2}{c} \quad (5.8.2(3)) \\ M_2 &= M_{Ed} - M_2 \quad (5.33) \\ M_{Ed} &= M_{Ed} + s_{Imperfection} N_{Ed} \frac{l_{cr}}{400} \quad (5.8.2(1)) \\ M_{Ed}^u &= M_{Ed} - M_2 \quad (5.31) \\ e_{min1} &= \max (20 \text{ mm}, h_1 / 30) = \max (20 \text{ mm}, h_1 / 30) = 20 \text{ mm} \quad (6.1(4)) \\ e_{min2} &= \max (20 \text{ mm}, h_2 / 30) = \max (20 \text{ mm}, h_2 / 30) = 20 \text{ mm} \quad (6.1(4)) \\ |M_{Ed}^u| \leq |N_{Ed} e_{min}| \rightarrow M_{Ed} = s_{Imperfection} N_{Ed} e_{min} \\ |M_{Ed}^u| > |N_{Ed} e_{min}| \rightarrow M_{Ed} = M_{Ed}^u \end{aligned}$$

| Sections                 | 9          |
|--------------------------|------------|
| LC                       | LC2ULS     |
| $A_c$ [mm <sup>2</sup> ] | 201.06     |
| $u$ [-]                  | 0.06       |
| $n$ [-]                  | 1.06       |
| $N_{Ed}$ [kN]            | -343.84    |
| $n$ [-]                  | 0.26       |
| $K_r$ [-]                | 1.00       |
| $\beta$ [-]              | 0.09       |
| $K_{re}$ [-]             | 1.16       |
| $l_{cr}$ [mm]            | 114.00     |
| $d$ [mm]                 | 264.00     |
| $1/f_d$ [1/mm]           | 1.8299e-05 |
| $1/f$ [1/mm]             | 2.1201e-05 |
| $e_2$ [mm]               | 76.33      |
| $s_{Imperfection}$ [-]   | 1.00       |
| $s_{Second order}$ [-]   | 1.00       |
| $M_{Ed}$ [kN m]          | -28.71     |
| $M_{Ed}^u$ [kN m]        | 0.00       |
| $M_{Ed}^u$ [kN m]        | -5.25      |
| $M_{Ed}^u$ [kN m]        | -31.96     |
| $M_{Ed}^u$ [kN m]        | -31.96     |

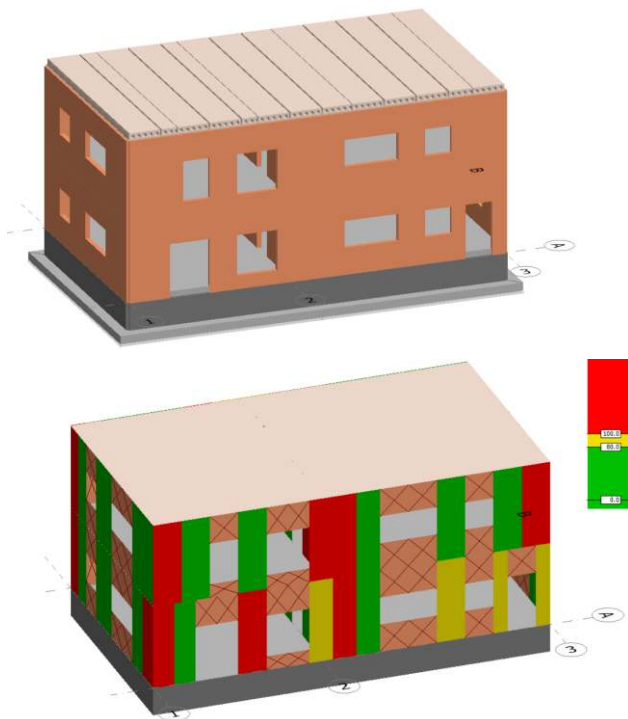
| Sections                                                                            | 9        |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| LC                                                                                  | LC2ULS   |
| $\epsilon_{s,Ed}$ [-]                                                               | 0.00166  |
| $\epsilon_{s,Ed,lim}$ [-]                                                           | 0.01000  |
| $(\epsilon_{s,Ed}/\epsilon_{s,Ed,lim})_{max}$ [-]                                   | 0.17     |
| $\epsilon_{s,lim}$ [-]                                                              | -0.00230 |
| $\epsilon_{s,lim}$ [-]                                                              | -0.00031 |
| $\max (\epsilon_{s,Ed}/\epsilon_{s,Ed,lim}, \epsilon_{s,lim}/\epsilon_{s,lim})$ [-] | 0.66     |

## Concrete Design | Pilareiden ja palkkien mitoitus monipuolisesti.

FEM-Design suunnittelee ja mitoittaa pilarit ja palkit joko helpokäyttöisellä raudoite-editorilla tai täysin automaattisesti huomioiden ankkuroinnit ja toisen kertaluvun vaikutukset ja muut normin mukaiset oleelliset tarkastukset. Puristettujen elementtien sisäiset voimat voidaan laskea joko EN 1992-1-1 ominaiskaarevuus- tai ominaisjäykkyysmenetelmällä tai sitten määrittää toisen kertaluvun vaikutukset epälineaarisella 3D mallilla, jolloin mitoituksessa tarkastetaan vain betonin jännitykset ja raudoitteiden jännitys ja muut sijoitteluehdot. Nurjahduskertoimet pilareille on helppo syöttää tai ne voidaan laskea 3D mallin perusteella automaattisesti.

- Betonin palomitoitus, FE menetelmä
- Elementit ja paikallaanvalurakenteet
- Monipuolinen valikoima poikkileikkauksia
- Automaattiraudoitus tai raudoite-editori
- Kattavat laskentaratortit
- Toisen kertaluvun vaikutukset mitoitukseseen epälineaarisella 3D mallilla tai ominaisjäykkyys tai ominaiskaarevuus.
- Automaattinen nurjahduskerroinlaskuri (jos statiikkamallin jäykkyudet ovat oikein).
- Concealed bar, myös esim. seinäelementin kaistoja tai pilarimaaisia olioita voidaan mitoittaa kuten palkkeja tai pilareita.
- Käyttäjä voi määrittää miten epäkeskeisyyksiä (elementtien virheet ja nurjahdus ja minimiepäkeskeisyys) käytetään mitoituksessa.
- Halkeamanleveystarkastelu
- Syötetyt raudoitteet voidaan palauttaa 3D malliin tai 2D malliin, jolloin elementit voidaan laskea halkeilu ja viruma huomioiden

# Masonry Design



Calculation parameter

☐ Not relevant

Slab-wall connection

Effective height

rho\_n ..... 0.750  
(See EN1996-1-1:5.5.1.2)

Geometry

Top layout .....

d1 [m] ..... 0.0900

s1 [m] ..... 0.0900

Bottom layout .....

d2 [m] ..... 0.0900

s2 [m] ..... 0.0900

OK Cancel

## Normal and bending check (EN 1996-1-1: 6.1.2)

$$h_{ef} = \rho_n h$$

$$e_{int} = \frac{h_{ef}}{450}$$

$$i = [\text{top, bottom}]$$

$$e_i = \max \left( \frac{M_{Ed, i}}{N_{Ed}}, e_{int}, 0.05 t \right) \quad (6.5)$$

$$\Phi_i = 1 - 2 \frac{e_i}{t} \quad (6.4)$$

$$N_{Rd, i} = \Phi_i t f_d w \quad (6.2)$$

$$e_m = \left| \frac{M_{Ed, mid}}{N_{Ed}} \right| + e_{int} \quad (6.7)$$

$$\frac{h_{ef}}{t_{ef}} > \lambda_c = 27.00 \rightarrow e_k = 0.002 \Phi_{\infty} \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{t e_m}$$

$$\frac{h_{ef}}{t_{ef}} \leq \lambda_c = 27.00 \rightarrow e_k = 0$$

$$e_{mk} = \max(e_m + e_k, e_k, 0.05 t) \quad (6.6)$$

$$\lambda = \frac{h_{ef}}{t_{ef}} \sqrt{\frac{f_d}{E}} \quad (\text{Annex G: G.4})$$

$$u = \frac{\lambda - 0.063}{0.73 - 1.17 \frac{\lambda}{\lambda_c}} \quad (\text{Annex G: G.3})$$

$$\Phi_m = \left( 1 - 2 \frac{e_{mk}}{t} \right) e^{\left( \frac{u^2}{2} \right)} \quad (\text{Annex G: G.1, G.2})$$

$$N_{Rd, m} = \Phi_m t f_d w \quad (6.2)$$

$$\text{Utilization} = \max \left( \frac{N_{Ed, top}}{N_{Rd, top}}, \frac{N_{Ed, m}}{N_{Rd, m}}, \frac{N_{Ed, bottom}}{N_{Rd, bottom}} \right)$$

If  $N_{Ed, i} \geq 0.00$  or  $\Phi_i \leq 0.00 \rightarrow \text{Utilization} = 1000\%$   $j = [\text{top, m, bottom}]$

| Stripe                     | 1      | 2      | 3 | 4 | 5      | 6      | 7 | 8 | 9 | 10     | 11     | 12 |
|----------------------------|--------|--------|---|---|--------|--------|---|---|---|--------|--------|----|
| h [m]                      | 2.820  | 2.820  | - | - | 2.820  | 2.820  | - | - | - | 2.820  | 2.820  |    |
| w [m]                      | 0.750  | 0.750  | - | - | 0.750  | 0.750  | - | - | - | 1.000  | 1.000  |    |
| Load combination           | LC3ULS | LC3ULS | - | - | LC3ULS | LC3ULS | - | - | - | LC3ULS | LC3ULS |    |
| $f_d$ [N/mm <sup>2</sup> ] | 2.39   | 2.39   | - | - | 2.39   | 2.39   | - | - | - | 2.39   | 2.39   |    |
| $\rho_n$ [-]               | 0.75   | 0.75   | - | - | 0.75   | 0.75   | - | - | - | 0.75   | 0.75   |    |
| $h_{ef}$ [m]               | 2.115  | 2.115  | - | - | 2.115  | 2.115  | - | - | - | 2.115  | 2.115  |    |
| $e_{int}$ [mm]             | 5      | 5      | - | - | 5      | 5      | - | - | - | 5      | 5      |    |
| $N_{Ed, top}$ [kN]         | -36.44 | -26.67 | - | - | -45.65 | -46.61 | - | - | - | -52.71 | -53.91 |    |
| $M_{Ed, top}$ [kNm]        | -1.89  | -1.57  | - | - | -2.71  | -2.76  | - | - | - | -3.12  | -2.98  |    |
| $e_{top}$ [mm]             | 57     | 64     | - | - | 64     | 64     | - | - | - | 64     | 60     |    |
| $\Phi_{top}$ [-]           | 0.37   | 0.29   | - | - | 0.29   | 0.29   | - | - | - | 0.29   | 0.33   |    |
| $N_{Ed, bot}$ [kN]         | 119.78 | 94.75  | - | - | 93.14  | 93.75  | - | - | - | 124.87 | 143.74 |    |
| $N_{Ed, m}$ [kN]           | -29.56 | -48.31 | - | - | -63.95 | -80.02 | - | - | - | -88.87 | -47.86 |    |
| $M_{Ed, bot}$ [kNm]        | -2.07  | -1.87  | - | - | -2.81  | -3.01  | - | - | - | -3.52  | -3.44  |    |
| $e_{bot}$ [mm]             | 75     | 43     | - | - | 49     | 42     | - | - | - | 44     | 76     |    |
| $e_m$ [mm]                 | 75     | 43     | - | - | 49     | 42     | - | - | - | 44     | 76     |    |
| $\lambda$ [-]              | 0.41   | 0.41   | - | - | 0.41   | 0.41   | - | - | - | 0.41   | 0.41   |    |
| u [-]                      | 1.40   | 0.77   | - | - | 0.83   | 0.75   | - | - | - | 0.78   | 1.47   |    |
| $\Phi_m$ [-]               | 0.06   | 0.39   | - | - | 0.33   | 0.40   | - | - | - | 0.38   | 0.05   |    |

|   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|---|---|---|---|---|---|----|----|----|
| 1 | 2 | 4 | 5 | 6 | 9 | 10 | 11 | 12 |
|   |   |   |   |   |   |    |    |    |
|   |   | 3 |   |   | 7 | 8  |    |    |

$$t = 0.18 \text{ m}$$

$$f_k = 4.78 \text{ N/mm}^2$$

$$E = 4000.00 \text{ N/mm}^2$$

$$\Phi_{\infty} = 1.80 \text{ N/mm}^2$$

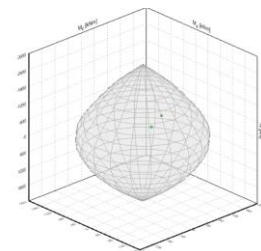
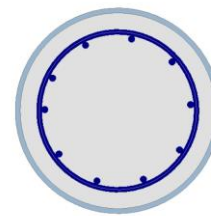
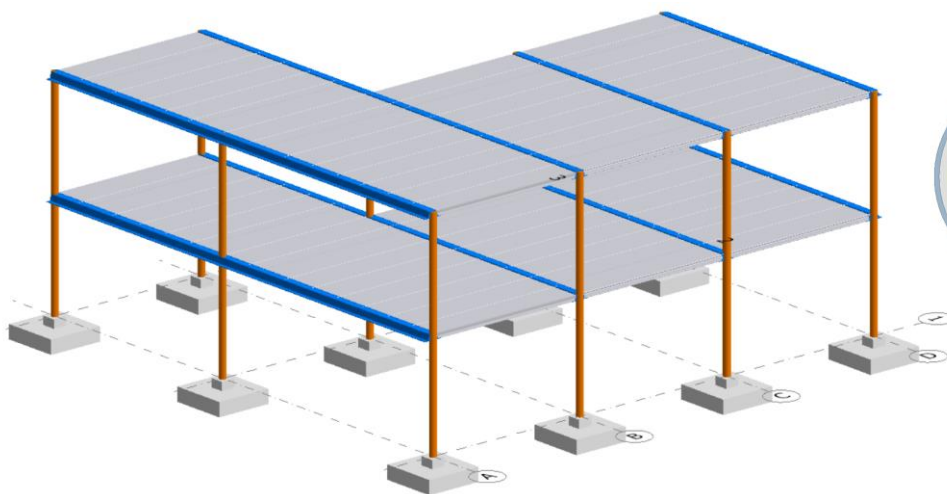
## Masonry Design | Muurattujen seinien EN-mitoitus

Masonry Design mitoittaa kantavat muuratut rakenteet, sekä harkot että tiiliseinät suunnittelunormin mukaan. Laskentamalliin on mahdollista syöttää joko muuratun rakenteen kokonaislujuus tai lastin ja tiilen lujuus. Rakenteeseen kohdistetut ensimmäisen kertaluvun rasitukset, sekä taivutus että puristus huomioidaan automaattisesti ja summataan toisen kertaluvun vaikutuksiin. Rakenteesta tunnistetaan automaattisesti ei-kantavat osat seinästä. FE-mallin huippuarvot poistetaan ja seinän keskimääräinen taivutus ja puristus huomioidaan mitoituksessa. Seinän mitoitukseen käytettävät kaistat muodostetaan automaattisesti, mutta

- Muurattujen seinien mitoitus EN 1996-1-1
- Kokonaismallin voimat käsitellään automaattisesti, keskimääräisen momentin ja puristuksen laskenta
- Mahdollisuus muokata keskiarvoitusalueita
- Epäkeskeisyyksien huomioiminen, laatta ja seinä
- Nurjahduskerroin ja toisen kertaluvun ilmiöt lisättynä statiikan rasituksiin
- Minkä tahansa muuratun osan lujuuden syöttömahdollisuus, laasti ja harkko
- ei-kantavien osien poisto automaattisesti
- Kattavat laskentaratortit
- Muurattujen rakenteiden mitoitus kytkettynä kokonaismalliin muiden tarkastuksien kanssa



# Composite Design



## Flexural buckling (EN 1994-1-1: 6.7.3.5)

$$N_{pl,Rd} = A_s f_{yd} + 1.00 A_c f_{cd} + A_s f_{sd} \quad (6.30)$$

$$N_{pl,Rd} = A_s f_{yk} + 1.00 A_c f_{ck} + A_s f_{sk} \quad (6.30)$$

$$\delta = \frac{A_s f_{yd}}{N_{pl,Rd}} \quad (6.38) \text{ must be between 0.2 and 0.9 (6.27), otherwise utilization is 100\%}$$

$$K_{\phi} = 0.6$$

$$E_{eff} = E_s I_s + E_s I_s + K_{\phi} E_{c,eff} I_c \quad (6.40)$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{eff}}{L_0^2}$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{N_{pl,Rd}}{N_{cr}}} \quad (6.39)$$

$\alpha$  imperfection factor due to the buckling curve.

$$\varphi = 0.5 [1 + \alpha \cdot (\lambda - 0.2) + \lambda^2]$$

$$\chi = \min \left( \frac{1}{\varphi + \sqrt{\varphi^2 - \lambda^2}}, 1.0 \right) \quad [\text{EN 1993-1-1: 6.3.1.2 (6.49)}]$$

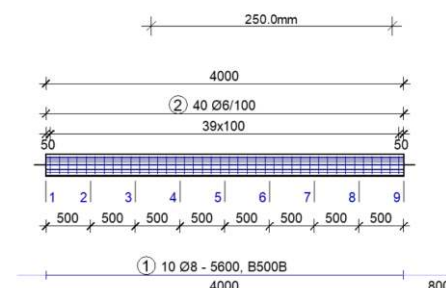
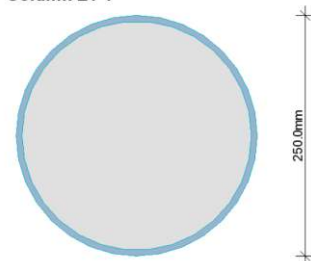
$$\text{Utilization: } \frac{N_{Ed}}{\chi N_{pl,Rd}} \quad (6.44)$$

If  $\lambda > 2.00$  utilization is 1000% (6.28)

If  $\rho_s > 6.00\%$  utilization is 1000% (6.7.3.3 (3))

| Sections                         | 1       | 9       |
|----------------------------------|---------|---------|
| LC                               | Murto 1 | Murto 1 |
| $N_{Ed}$ [kN]                    | -784.24 | -784.24 |
| $A_s$ [mm <sup>2</sup> ]         | 4599    | 4599    |
| $A_c$ [mm <sup>2</sup> ]         | 503     | 503     |
| $A_c$ [mm <sup>2</sup> ]         | 44488   | 44488   |
| $\rho_s$ [%]                     | 1.13    | 1.13    |
| $N_{pl,Rd}$ [kN]                 | 2906.55 | 2906.55 |
| $N_{pl,Rd}$ [kN]                 | 3517.67 | 3517.67 |
| $\delta$ [-]                     | 0.66    | 0.66    |
| $L_{0,1}$ [m]                    | 8000    | 8000    |
| $EI_{s,1}$ [kNm <sup>2</sup> ]   | 7192    | 7192    |
| $EI_{s,1}$ [kNm <sup>2</sup> ]   | 386     | 386     |
| $EI_{c,1}$ [kNm <sup>2</sup> ]   | 1268    | 1268    |
| $EI_{eff,1}$ [kNm <sup>2</sup> ] | 8339    | 8339    |
| $N_{cr}$ [kN]                    | 1286.02 | 1286.02 |

Composite section  
Column E1-1



## Composite Design | Liittopilarit ja Deltapalkit

Composite Design mahdollistaa liittopilarien mitoituksen sekä Deltapalkkinen mitoituksen kokonaismallissasi rakenteen voimilla. Käytössäsi on myös FEM Designin monipuolinen raudoituseditori, jolla voidaan helposti lisätä monipuolisen haluamasi raudoituksen pilariin. Laskennassa on mukana murtorajatila, toisen kertaluvun laskenta ja käyttörajatila ja halkeilu ja leikkauskestävyys.

-Mitoitus EN 1994-1-1 / 6.7.3

-Pyöreät ja neliöputket, Betonikoteloidut I-palkit sekä suuri valikoima liittopoikkileikkauksia

-Vapaa raudoitus poikkileikkauksiin

-Nurjahdusmitoitus

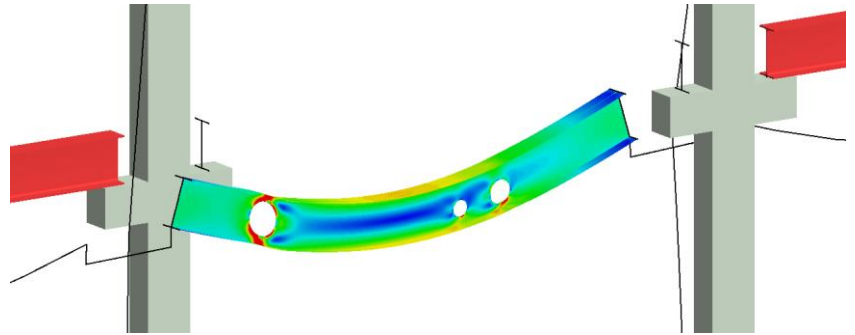
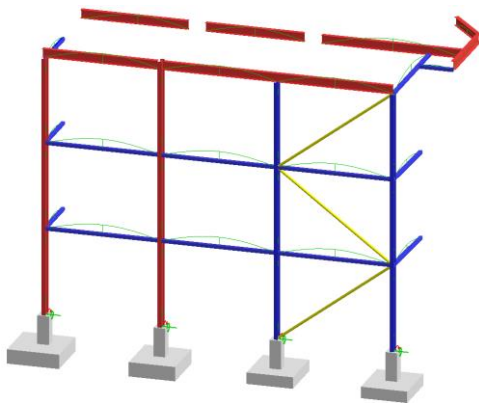
-Poikkileikkauksen kokonaiskapasiteetti, kahden akselin ympäri

-Leikkausmitoitus, betoni ja haat.

-Halkeilu

-Delta-palkkien kapasiteetti

# Steel Design



## B.40.1

### Maximum of load combinations

#### S 235

$$E = 210000 \text{ N/mm}^2$$

$$G = 80769 \text{ N/mm}^2$$

$$Y_{MEd} = 1.00$$

$$Y_{MEd} = 1.00$$

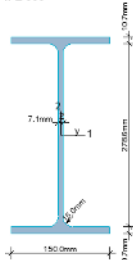
$$Y_{MEd} = 1.25$$

$$Y_{MEd} = 1.00$$

$$Y_{MEd} = 1.00$$

$$Y_{MEd} = 1.00$$

#### IPE 300



|                       |   |           |                 |
|-----------------------|---|-----------|-----------------|
| P                     | = | 1160      | mm              |
| A                     | = | 5381      | mm <sup>2</sup> |
| I <sub>y</sub>        | = | 8.359e+07 | mm <sup>4</sup> |
| I <sub>z</sub>        | = | 6.038e+06 | mm <sup>4</sup> |
| I <sub>y</sub>        | = | 8.359e+07 | mm <sup>4</sup> |
| I <sub>z</sub>        | = | 6.038e+06 | mm <sup>4</sup> |
| W <sub>pl,y</sub>     | = | 6.284e+05 | mm <sup>3</sup> |
| W <sub>pl,z</sub>     | = | 1.253e+05 | mm <sup>3</sup> |
| W <sub>el,min,1</sub> | = | 5.571e+05 | mm <sup>3</sup> |
| W <sub>el,min,2</sub> | = | 6.050e+04 | mm <sup>3</sup> |
| I <sub>x</sub>        | = | 125       | mm              |
| I <sub>y</sub>        | = | 33        | mm              |
| I <sub>z</sub>        | = | 1.975e+05 | mm <sup>4</sup> |
| I <sub>x</sub>        | = | 1.243e+11 | mm <sup>4</sup> |

### Shear resistance, 1-1 - Part 1-1: 6.2.6, 6.2.8

LC: 'LC3ULS', x=3400 mm

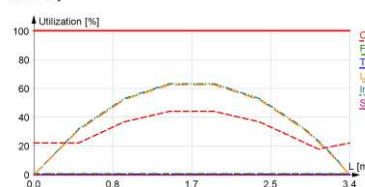
Class<sub>N</sub> = 2, Class<sub>M1</sub> = 1, Class<sub>M2</sub> = 1

$$V_{1,pl,Rd} = \frac{A_{wV} \cdot f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} = \frac{2403 \cdot 235}{\sqrt{3} \cdot 1.00} = 461.73 \text{ kN} \quad (6.18)$$

$$V_{1,pl,Rd} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1.25 \cdot (I_y / \sqrt{3})}{I_z}} \cdot \gamma_{M2}} \cdot V_{1,pl,Rd} = \frac{1}{\sqrt{1 + \frac{1.25 \cdot (235 / \sqrt{3})}{1.00}}} \cdot 461.73 = 461.73 \text{ kN} \quad (6.26)$$

$$\frac{V_{1,Ed}}{V_{1,pl,Rd}} = \frac{0.00}{461.73} = 0.00 \leq 1.00 \quad (6.25) \text{ - OK}$$

### Summary



### Lateral torsional buckling, top flange - Part 1-1: 6.3.2.2

LC: 'LC3ULS', x=1943 mm

Class<sub>N</sub> = 2, Class<sub>M1</sub> = 1, Class<sub>M2</sub> = 1

$$N_{cr,LT} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_z}{(k_z \cdot L_{cr})^2} = \frac{\pi^2 \cdot 210000 \cdot 6.038e+06}{(1.00 \cdot 3400)^2} = 1082.53 \text{ kN}$$

Loaded on top edge:

$$Z = (C_2 \cdot z_g - C_3 \cdot z) = (0.45 \cdot 150 - 0.52 \cdot 0) = 67.50 \text{ mm}$$

$$M_{cr} = C_1 \cdot N_{cr,LT} \cdot \left\{ \left( \frac{I_y}{I_z} \right)^2 + \frac{I_y}{I_z} + \frac{G \cdot I_t}{N_{cr,LT} \cdot Z^2} \right\}^{0.5} = 1.13 \cdot 1.083e+06 \cdot \left\{ \left( \frac{1.00}{1.00} \right)^2 + \frac{1.243e+11}{6.038e+06} + \frac{8.077e+04 \cdot 1.975e+05}{1.083e+06 \cdot 67.50^2} \right\}^{0.5} = 161.70 \text{ kN m}$$

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{pl,y} \cdot f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{6.28357 \cdot 235}{1.617e+08}} = 0.96$$

$\alpha_{LT} = 0.21$  (Buckling curve: a)

$$\eta_{LT} = 0.5 \left[ 1 + \alpha_{LT} \cdot (\bar{\lambda}_{LT} - 0.2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right] = 0.5 \left[ 1 + 0.21 \cdot (0.96 - 0.2) + 0.96^2 \right] = 1.04$$

$$X_{LT} = \min \left( \frac{1}{\eta_{LT} + \sqrt{\eta_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}}, 1.0 \right) = \min \left( \frac{1}{1.04 + \sqrt{1.04^2 - 0.96^2}}, 1.0 \right) = 0.78 \quad (6.56)$$

$$M_{y,Rd} = \frac{X_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0.78 \cdot 6.28357 \cdot 235}{1.00} = 102.84 \text{ kN m} \quad (6.55)$$

$$\frac{M_{1,Ed}}{M_{y,Rd}} = \frac{6.437}{102.84} = 0.063 \leq 1.00 \quad (6.54) \text{ - OK}$$

## Steel Design | Monipuolinen teräsmitoitus ja palomitoitus. Myös 4. luokan poikkileikkaukset

Steel Design mahdollistaa teräspalkkien ja pilarien tarkastamisen mistä tahansa rakennemallista. Nurjahduspituuksien ja kiepahdustuntojen syöttäminen on helppoa, nopeaa ja visuaalista. Koko mallista näkee yhdellä silmäyksellä syötetyt tuennat ja nurjahdustavat. Rakennneosien paikallinen stabiilitetti voidaan tarkastaa myös monipuolisesti. Ohjelma tarkastaa 4 luokan profiilit, leikkauslommahdukset ja myös uumajäykisteet. Nurjahduspituudet voidaan määrittää käsin tai määrittää automaattisesti 3D-mallista. Ainutlaatuisuudesta on myös mahdollisuus luoda automaattisesti sauvamallista kuorimalli, jolla voidaan suorittaa paikallisten lommahdusten tarkastus, tarkka kiepahdus (kriittinen) ja paikalliset jännitystarkastelut esim palkin uuman aukotuksen tapauksessa.

-Teräsmitoitus EN 1993-1-1 mukaan

-4-luokan poikkileikkaukset, leikkauslommahdus, uumajäykisteet ja niiden tarkastus

-Kiepahdusmitoitus ja kaikki stabiilitettitarkastukset

-Mahdollisuus muuttaa kokonaismallin palkki kuorimalliksi ja lisätä detaileja ja tarkastaa esim kiepahdus ja jännitykset.

-Monipuoliset siistit raportit.

-Selkeä ja nopea tukien syöttö ja nurjahduspituuksien asetus koko malliin kerralla

-Automaattinen nurjahduskertoimen laskenta huomioiden rakenteen jäykkyudet.

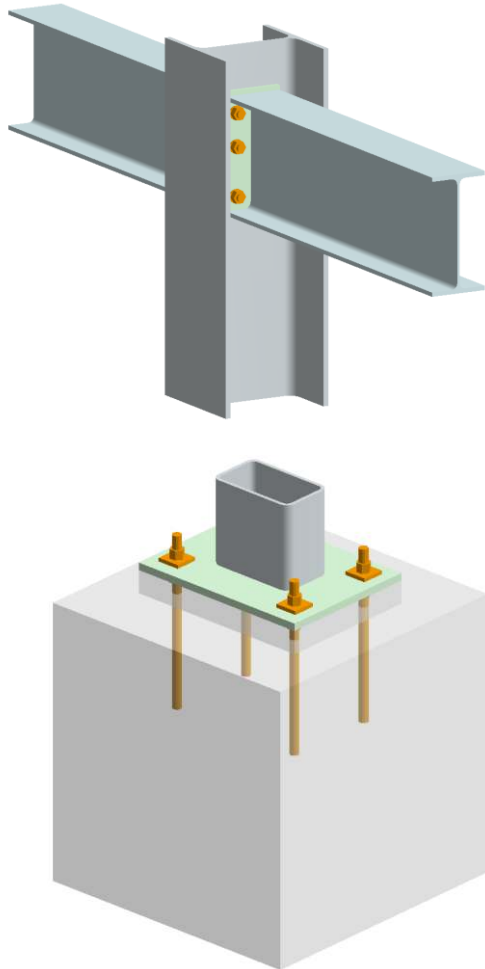
-Mahdollisuus laskea statiikkamalli epälineaarisesti mallilla alkukäyryyksillä tai lineaarisesti.

-Monimutkaisempien rakenteiden mallinnus kuorimallilla.

-Automaattinen profiilien optimointi – Oikean profiilin valinta.

-Palomitoitus teräkselle.

# Steel Joint



Moment resistance - Beam 1 (EN 1993-1-8: [6.2.7]): 99 % (L.C. 'sdg')  
End-plate internal forces:  $N = 0.00 \text{ kN}$ ,  $T = 0.00 \text{ kN}$ ,  $M = 70.00 \text{ kNm}$

#### T stub 1

Parameters and effective lengths at the end-plate

$m = 36 \text{ mm}$ ,  $e = 35 \text{ mm}$ ,  $m_2 = 26 \text{ mm}$ ,  $p = 210 \text{ mm}$

$l_{eff,cp} = 225 \text{ mm}$ ,  $l_{eff,nc} = 214 \text{ mm}$ ,  $l_{eff,1} = 214 \text{ mm}$ ,  $l_{eff,2} = 214 \text{ mm}$

$g_{left,cp} = 322 \text{ mm}$ ,  $g_{left,nc} = 226 \text{ mm}$

#### Individual capacities

$F_{T,Rd,wp} = 282.24 \text{ kN}$ , Failure mode: 3

$F_{T,Rd} = 540.42 \text{ kN}$

Final T-stub capacity:  $F_{T,Rd} = 282.24 \text{ kN}$

#### Beam web and flange compression resistance

No compressed haunch is applied.

Beam section moment resistance

$W = 628357 \text{ mm}^3$

$M_{0,Rd} = 223.07 \text{ kNm}$

$F_{c,fb,Rd} = 771.06 \text{ kN}$

#### Bolt-row capacities

$F_{t1,Rd} = 282.24 \text{ kN}$ ,  $h = 250 \text{ mm}$

$F_{c2,Rd} = 0.00 \text{ kN}$ ,  $h = 40 \text{ mm}$

Joint moment capacity:  $M_{Rd} = 70.46 \text{ kNm}$

#### Anchorage tension resistance (Ref.8: [2.4.1]): 103 %

##### Anchor normal and shear forces

$F_{Ed,1} = -10.68 \text{ kN}$ ,  $V_{Ed,1} = 0.00 \text{ kN}$

$F_{Ed,2} = -10.68 \text{ kN}$ ,  $V_{Ed,2} = 0.00 \text{ kN}$

$F_{Ed,3} = 76.33 \text{ kN}$ ,  $V_{Ed,3} = 0.00 \text{ kN}$

$F_{Ed,4} = 76.33 \text{ kN}$ ,  $V_{Ed,4} = 0.00 \text{ kN}$

##### Maximum concrete compression stress

$\sigma_{c,Ed} = -9.61 \text{ N/mm}^2$

##### Adhesive failure resistance: 103 %

Topology-independent anchor parameters

$l_e = 250 \text{ mm}$ ,  $f_{ed} = 3.30 \text{ N/mm}^2$

Dominant anchor: 3

Topology-dependent parameters for the dominant anchor

$c_d = 90 \text{ mm}$ ,  $\alpha_1 = 1.00$ ,  $\alpha_2 = 0.70$

Normal force and capacity for the dominant anchor

$F_{Ed,3} = 76.33 \text{ kN}$ ,  $F_{Ed,4} = 74.05 \text{ kN}$

#### Shear resistance (EN 1993-1-8: [6.2.2; (5)]): 0 %

$F_{v,Ed,y} = 0.00 \text{ kN}$ ,  $F_{v,Ed,z} = 0.00 \text{ kN}$ ,  $F_{v,Ed} = 0.00 \text{ kN}$

Anchor 1:  $F_{1,v,Rd,y} = 326.40 \text{ kN}$ ,  $F_{1,v,Rd,z} = 326.40 \text{ kN}$ ,  $N_{Ed} = -10.68 \text{ kN}$

Anchor 2:  $F_{1,v,Rd,y} = 272.00 \text{ kN}$ ,  $F_{1,v,Rd,z} = 326.40 \text{ kN}$ ,  $N_{Ed} = -10.68 \text{ kN}$

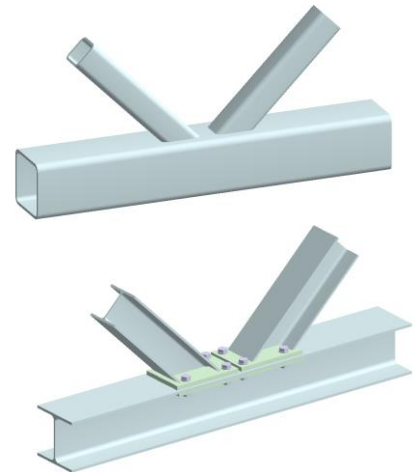
Anchor 3:  $F_{1,v,Rd,y} = 326.40 \text{ kN}$ ,  $F_{1,v,Rd,z} = 247.27 \text{ kN}$ ,  $N_{Ed} = 76.33 \text{ kN}$

Anchor 4:  $F_{1,v,Rd,y} = 272.00 \text{ kN}$ ,  $F_{1,v,Rd,z} = 247.27 \text{ kN}$ ,  $N_{Ed} = 76.33 \text{ kN}$

$F_{1,Rd} = 0.00 \text{ kN}$ ,  $F_{2,v,Rd} = 38.89 \text{ kN}$ ,  $F_{3,Rd} = 141.12 \text{ kN}$

Shear resistances of tensioned anchors are reduced by factor  $(1 - N_{Ed}/1.4F_{1,Rd})$

$F_{v,Rd,y} = 113.48 \text{ kN}$ ,  $F_{v,Rd,z} = 113.48 \text{ kN}$ ,  $F_{v,Rd} = 113.48 \text{ kN}$



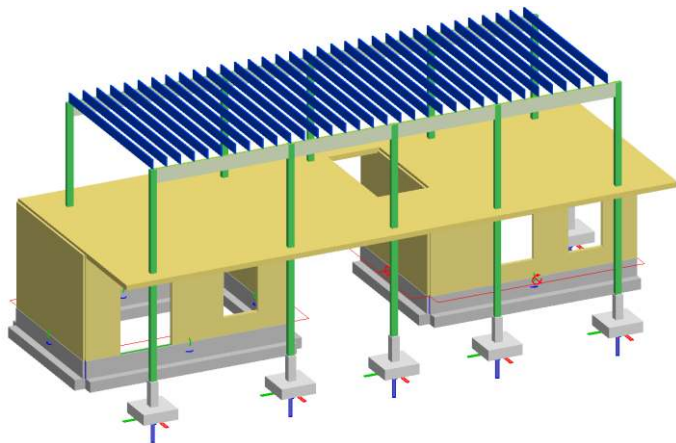
## Steel Joint | Teräslitokset mukana FEM-Design mallissa tai itsenäisesti.

Steel Joint laskee liitokset EN 1993-1-8 mukaan. Kaikki oleelliset lujuustarkastukset tehdään liitoksille kuten pulttien ja ankkurien murtumuodot pohjalevyn kanssa sekä hitsit ja levyjen paksuussuuntaiset lujuusominaisuudet. Mukana on kattava valikoima liitoksia. Liitoksille voidaan myös tehdä EN 1993-1-8 jäykkyysluokittelu ja laskea jäykkyys, joka voidaan päivittää takaisin laskentamalliin ja saada aikaan todenmukaisempi laskentamalli. Steel joint toimii 3D rakenteeseen liitettynä tai itsenäisenä ohjelmana, jolloin käyttäjä joutuu syöttämään liitoksen rasitukset itse.

- Liitosmitoitus EN 1993-1-8 mukaan
- Mukana laaja valikoima, palkki-pilari, pilarijatkos, palkkijatkos, liitokset pulteilla ja hitsaamalla
- Jäykät kehäliitokset
- K-liitos, Pilariperustus
- Jäykistysdiagonaalien liitokset
- Liitoksia putkipalkeilla ja kuumavalssatuilla profiileilla.
- Liitosten jäykkyysluokittelu ja jäykkyyden laskeminen.
- Liitokset luontevasti osana koko rakennetta (3D Structure) jolloin jäykkyys päivittyy malliin.
- Steel joint saatavana itsenäisenä ohjelmana



# Timber Design



GL 32c  
(Glued laminated), Service class 1

|                  |                           |             |                           |
|------------------|---------------------------|-------------|---------------------------|
| $E_{0.05}$       | = 11200 N/mm <sup>2</sup> | $f_{0.05}$  | = 0.50 N/mm <sup>2</sup>  |
| $G_{0.05}$       | = 540 N/mm <sup>2</sup>   | $f_{0.05}$  | = 24.50 N/mm <sup>2</sup> |
| $Y_M$            | = 1.30                    | $f_{0.90k}$ | = 2.50 N/mm <sup>2</sup>  |
| $Y_{M,acc./suk}$ | = 1.00                    | $f_{yk}$    | = 3.50 N/mm <sup>2</sup>  |
| $k_{sys}$        | = 1.00                    |             |                           |

Glulam 90x405

|       |                             |            |                           |
|-------|-----------------------------|------------|---------------------------|
| $A$   | = 36450 mm <sup>2</sup>     | $f_{0.05}$ | = 20.28 N/mm <sup>2</sup> |
| $W_1$ | = 2.460e+06 mm <sup>3</sup> | $f_{m,1k}$ | = 33.28 N/mm <sup>2</sup> |
| $W_2$ | = 5.468e+05 mm <sup>3</sup> | $f_{m,2k}$ | = 35.20 N/mm <sup>2</sup> |
| $I_1$ | = 117 mm                    |            |                           |
| $I_2$ | = 26 mm                     |            |                           |
| $I_2$ | = 2.460e+07 mm <sup>4</sup> |            |                           |
| $I_1$ | = 8.463e+07 mm <sup>4</sup> |            |                           |

Combined bending and axial tension - 6.2.3

LC: '0.85\*1.35\*Rakenne + 1.50\*Hyöty + 1.50\*0.70\*Lumi',  $k_{mod} = 0.80$ ,  $x = 3500.00$  mm

$$\frac{\sigma_{1.0d}}{f_{0.05}} + \frac{\sigma_{m,1d}}{f_{m,1d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2d}}{f_{m,2d}} = \frac{0.00}{12.48} + \frac{3.69}{20.48} + 0.70 \frac{0.00}{21.66} = 0.18 \leq 1.00 \quad (6.17) \text{ - OK}$$

$$\frac{\sigma_{1.0d}}{f_{0.05}} + k_m \frac{\sigma_{m,1d}}{f_{m,1d}} + \frac{\sigma_{m,2d}}{f_{m,2d}} = \frac{0.00}{12.48} + 0.70 \frac{3.69}{20.48} + \frac{0.00}{21.66} = 0.13 \leq 1.00 \quad (6.18) \text{ - OK}$$

B.44.1 for fire effect

Maximum of load combinations

GL 32c  
(Glued laminated), Service class 1

|                  |                           |             |                           |
|------------------|---------------------------|-------------|---------------------------|
| $E_{0.05}$       | = 11200 N/mm <sup>2</sup> | $f_{0.05}$  | = 0.50 N/mm <sup>2</sup>  |
| $G_{0.05}$       | = 540 N/mm <sup>2</sup>   | $f_{0.05}$  | = 24.50 N/mm <sup>2</sup> |
| $Y_M$            | = 1.30                    | $f_{0.90k}$ | = 2.50 N/mm <sup>2</sup>  |
| $Y_{M,acc./suk}$ | = 1.00                    | $f_{yk}$    | = 3.50 N/mm <sup>2</sup>  |
| $k_{sys}$        | = 1.00                    | $k_{90}$    | = 1.15                    |

RECT 32x347 (Burned-in section of Glulam 90x405)

|       |                             |            |                           |
|-------|-----------------------------|------------|---------------------------|
| $A$   | = 11104 mm <sup>2</sup>     | $f_{0.05}$ | = 20.28 N/mm <sup>2</sup> |
| $W_1$ | = 6.422e+05 mm <sup>3</sup> | $f_{m,1k}$ | = 33.28 N/mm <sup>2</sup> |
| $W_2$ | = 5.922e+04 mm <sup>3</sup> | $f_{m,2k}$ | = 35.20 N/mm <sup>2</sup> |
| $I_1$ | = 100 mm                    |            |                           |
| $I_2$ | = 9 mm                      |            |                           |
| $I_2$ | = 9.475e+05 mm <sup>4</sup> |            |                           |
| $I_1$ | = 3.570e+06 mm <sup>4</sup> |            |                           |

Fire design data

$t = 40$  min,  $\beta_s = 0.55$  mm/min

Cladding protection: No

| Side            | Top (z <sup>+</sup> ) | Bottom (z <sup>-</sup> ) | Left (y <sup>-</sup> ) | Right (y <sup>+</sup> ) |
|-----------------|-----------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------|
| Fire protection | No                    | No                       | No                     | No                      |
| $t_{ch}$ [min]  | 0.0                   | 0.0                      | 0.0                    | 0.0                     |
| $t_y$ [min]     | -                     | -                        | -                      | -                       |
| $t_b$ [min]     | -                     | -                        | -                      | -                       |
| $d_{char}$ [mm] | 22.00                 | 22.00                    | 22.00                  | 22.00                   |
| $d_{eff}$ [mm]  | 29.00                 | 29.00                    | 29.00                  | 29.00                   |

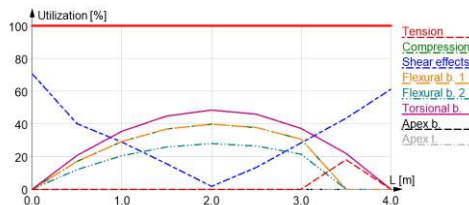
Combined bending and axial tension - 6.2.3

LC: 'Rakenne + 0.50\*Hyöty + 0.20\*Lumi + palo',

$$\frac{\sigma_{1.0d}}{f_{0.05}} + \frac{\sigma_{m,1d}}{f_{m,1d}} + k_m \frac{\sigma_{m,2d}}{f_{m,2d}} = \frac{0.00}{23.32} + \frac{5.61}{38.28} + 0.70$$

$$\frac{\sigma_{1.0d}}{f_{0.05}} + k_m \frac{\sigma_{m,1d}}{f_{m,1d}} + \frac{\sigma_{m,2d}}{f_{m,2d}} = \frac{0.00}{23.32} + 0.70 \frac{5.61}{38.28} +$$

Summary

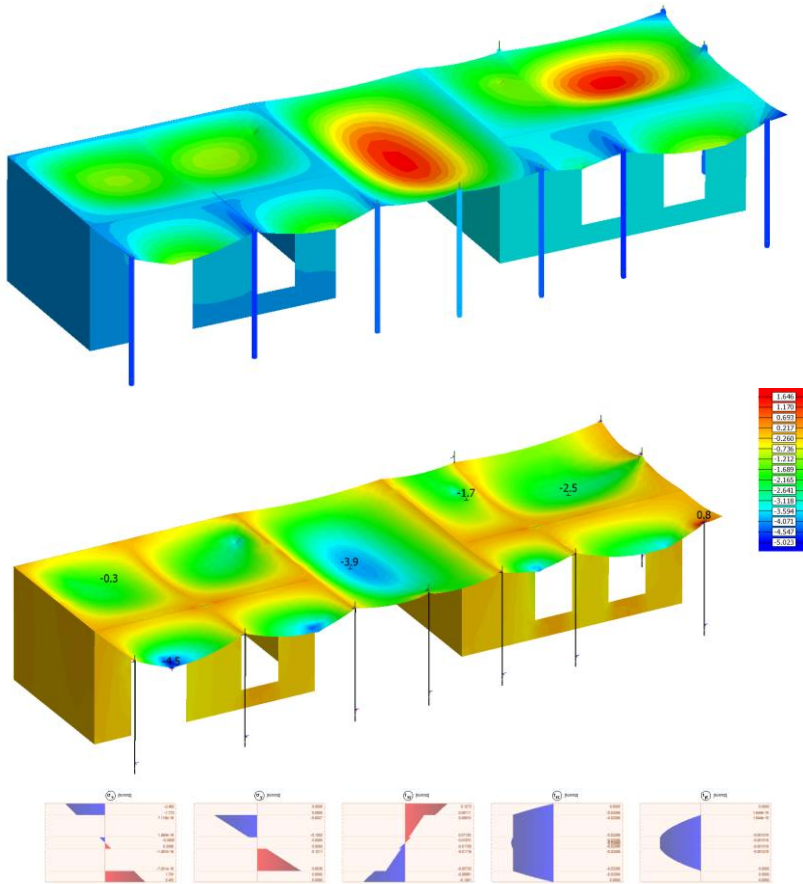


## Timber Design | puumitoitus ja puun palomitoitus, Sauva ja levyrakenteet .

Timber Design mitoittaa puurakenteet, sekä sauva- että levyrakenteet. Lisäksi puurakenneosat voidaan palomitoittaa. Koko mallista näkee nopeasti syötetyt tuennat ja nurjahdustavat. Levymäisille rakenneosille voidaan syöttää myös nurjahdustiedot, jotka automaattisesti huomioidaan mitoituksessa. Nurjahduspituudet voidaan määrittää käsin tai määrittää automaattisesti 3D-mallista. Valittavina materiaaleina on tavalliset puutavarat ja liimapuu. Levymäisiin osiin voidaan syöttää eri puutavaran tietoja tai esim kipsilevyn tiedot. Timber design suunnittelee myös rakenteen eli hakee automaattisesti oikean kokoisen poikkileikkauksen jokaiseen sauvaan ja päivittää muutokset rakennemalliin. Siirtymien ja taipumien tarkastus on helppoa, koska aikaluokat ja vähennyskertoimet jäykkyyteen on huomioitu jo 3D mallissa.

- Puumitoitus EN 1995-1-1 mukaan
- Taipumat ovat EN 1995-1-1 sääntöjen mukaan oikein jo statiikkamallissa.
- Monipuoliset siistit raportit.
- Selkeä ja nopea tukien syöttö ja nurjahduspituuksien asetus koko malliin kerralla
- Automaattinen nurjahduskertoimen laskenta huomioiden rakenteen jäykkyydet.
- Mahdollisuus laskea statiikkamalli epälineaarisesti mallilla alkukäyryyksillä tai lineaarisesti.
- Kiepahdus ja muut oleelliset stabiliteettitarkastukset
- Automaattinen profiilien optimointi – Oikean profiilin valinta.
- Palomitoitus puulle
- Harjapalkit, Palkit, joissa muuttuva poikkileikkaus
- Jäykistyslaskentamallit ja levyjen kapasiteetin tarkastus

# CLT



*CLT elementtien kaikkien kerosten rasitus voidaan visualisoida ja raportoida. CLT-elementtien määrittäminen on helppoa ja nopeaa. FE malliin saadaan oikeat ...*

Cross laminated timber panel

Name: 5 x 140 mm Manufacturer: CLT panel maker

Layers (top down order)

| No | Material | Thickness [mm] | Thick. [mm] | Ex [N/mm <sup>2</sup> ] | Ey [N/mm <sup>2</sup> ] | nuxy [-] | Gxy [N/mm <sup>2</sup> ] | Gyz [N/mm <sup>2</sup> ] | Gzx [N/mm <sup>2</sup> ] | Cyz [N/mm <sup>2</sup> ] | Czx [N/mm <sup>2</sup> ] | Rho [kg/m <sup>3</sup> ] |
|----|----------|----------------|-------------|-------------------------|-------------------------|----------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1  | C24      | 20.00          | 0.00        | 11000                   | 0.00                    | 0.00     | 690                      | 690                      | 69                       | 69                       | 420                      | 420                      |
| 2  | C14      | 40.00          | 90          | 7000                    | 0.00                    | 0.00     | 448                      | 448                      | 44                       | 44                       | 350                      | 350                      |
| 3  | C24      | 20.00          | 0.00        | 11000                   | 0.00                    | 0.00     | 690                      | 690                      | 69                       | 69                       | 420                      | 420                      |
| 4  | C14      | 40.00          | 90          | 7000                    | 0.00                    | 0.00     | 448                      | 448                      | 44                       | 44                       | 350                      | 350                      |
| 5  | C24      | 20.00          | 0.00        | 11000                   | 0.00                    | 0.00     | 690                      | 690                      | 69                       | 69                       | 420                      | 420                      |

Service class: 1 2 3

k<sub>def</sub>: 0.668 0.800 2.000

Stiffness reduction factors

Drilling, r<sub>33</sub>: 1.00

Membrane, r<sub>55</sub>: 1.00

Shear, r<sub>77</sub>: 1.00

Shear, r<sub>88</sub>: 1.00

Information

Total thickness [mm]: 100

Total surface weight [kg/m<sup>2</sup>]: 53.2

OK Cancel

| No | $f_{t,0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{t,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{c,0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{c,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{v,0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{v,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{v,0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{v,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{v,0.05}$ [N/mm <sup>2</sup> ] | $f_{v,0.95}$ [N/mm <sup>2</sup> ] |
|----|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| 1  | 24.0                              | 24.0                              | 14.5                              | 0.400                             | 21.0                              | 2.50                              | 4.00                              | 4.00                              | 2.00                              | 2.00                              |
| 2  | 14.0                              | 14.0                              | 7.20                              | 0.400                             | 16.0                              | 2.00                              | 3.00                              | 3.00                              | 1.50                              | 1.50                              |
| 3  | 24.0                              | 24.0                              | 14.5                              | 0.400                             | 21.0                              | 2.50                              | 4.00                              | 4.00                              | 2.00                              | 2.00                              |
| 4  | 14.0                              | 14.0                              | 7.20                              | 0.400                             | 16.0                              | 2.00                              | 3.00                              | 3.00                              | 1.50                              | 1.50                              |
| 5  | 24.0                              | 24.0                              | 14.5                              | 0.400                             | 21.0                              | 2.50                              | 4.00                              | 4.00                              | 2.00                              | 2.00                              |

Tension and bending, x - 6.2.3

Panel: TP 9.1, Layer: 9, LG: 0.85°1.35°Rakenne + 1.50°Hyödy + 1.50°0.70°Lumf.

$K_{red} = 0.80$ , PT1

$\frac{\sigma_{x,0.05}}{f_{t,0.05}} = \frac{4.83}{24.0} = 0.20 < 1.00$  (6.17) -OK

$\frac{\sigma_{x,0.95}}{f_{t,0.95}} = \frac{9.38}{14.0} = 0.67 < 1.00$  (6.17) -OK

Compression and bending, x - 6.1.4, 6.2.4

Panel: TP 9.1, Layer: 9, LG: 0.85°1.35°Rakenne + 1.50°Hyödy + 1.50°0.70°Lumf.

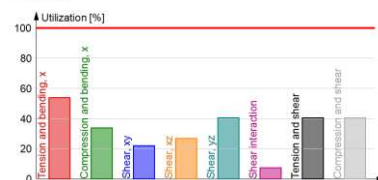
$K_{red} = 0.80$ , PT1

$\frac{\sigma_{x,0.05}}{f_{c,0.05}} = \frac{13.44}{14.5} = 0.93 < 1.00$  (6.2) -OK

$\frac{\sigma_{x,0.95}}{f_{c,0.95}} = \frac{13.44}{14.5} = 0.93 < 1.00$  (6.2) -OK

$\frac{\sigma_{x,0.05}}{f_{c,0.05}} + \frac{\sigma_{x,0.95}}{f_{c,0.95}} = \frac{13.44}{14.5} + \frac{13.44}{14.5} = 1.86 < 1.00$  (6.19) -OK

## Summary

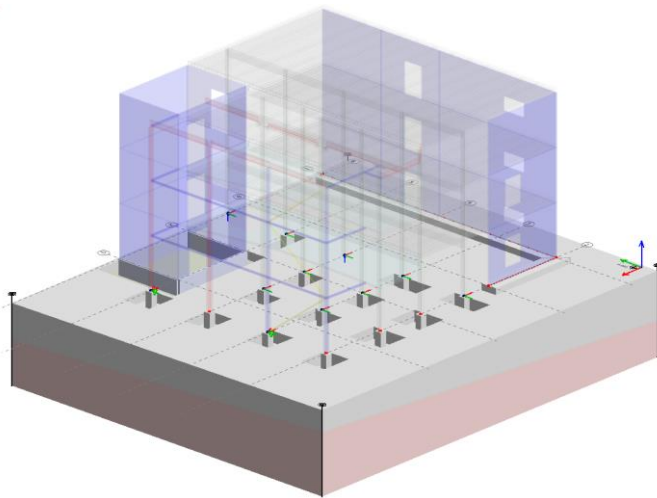


## CTL | Ainutlaatuinen puuelementtien mitoitus ja mallinnus helposti.

CLT moduuli mahdollistaa Mallinnettujen CLT elementtien jännitysanalyysin ja tarkastuksen EN 1995-1-1 ehtojen mukaan. CLT elementit on helppo mallintaa valmiiden CLT kirjastojen avulla tai sitten määrittää omat CLT elementit kerroksittain. CLT määrittämisessä voidaan myös huomioida halutessa poikittaisten kerrosten poikittainen vetolujuus (liimaus puutavaran pitkältä sivulta). Elementtirakenteen mallinnuksessa on käytössä kaikki FEM-Designin hyvät ominaisuudet, kuten elementtien saumajäykkyyden syöttäminen, saumojen irtoamisen mallintaminen ja samavoimien laskeminen. mitoituksesta on saatavilla vastaava raportti kuten tavallisestakin puumitoituksesta.

- CLT elementtien mitoitus EN 1995-1-1 mukaan
- CLT laastojen mallinnus huomioiden elementtien leveys ja saumat suuressa laastossa.
- Saumavoimien laskenta CLT-elementtien välillä
- FE-mallin huippuarvojen keskiarvoistus
- Taipumat ovat EN 1995-1-1 sääntöjen mukaan oikein jo statiikkamallissa.
- Helppo omien CLT elementtien mallinnus ja määrittäminen.
- Valmiita CLT kirjastoja.
- Jännitysanalyysi CLT levyistä kerroksittain ja jännitysten visualisointi 3D malliin.
- Jännityspiikkien käsittely
- Monipuoliset siistit raportit.
- Nurjahduspitoisuuden syöttö puristetuille seinille ja nurjahdusmitoitus

# Foundation Design



**Soil bearing utilization (Part 1: 2.4.7.2, 6.5.2, Annex D)**

LC: 'LC1ULS' (GEO)

Water level: -10.00 m

Undrained condition

$$V_d = V_{\text{dead}} + V_G = 0.11 + 1.35 \cdot 0.00 = 0.11 \text{ kN}$$

(Selfweight of foundation considered in analysis.)

$$H_d = \sqrt{H_{\text{d1}}^2 + H_{\text{d2}}^2} = \sqrt{0.00^2 + 0.00^2} = 0.00 \text{ kN}$$

$$e_d = \frac{M_{\text{d1}}}{V_d} = \frac{0.00}{0.11} = 0.00 \text{ m}$$

$$e_d = \frac{M_{\text{d2}}}{V_d} = \frac{0.00}{0.11} = 0.00 \text{ m}$$

$$R' = B \cdot L' = 1.20 \cdot 2 \cdot 0.00 = 1.20 \text{ m}$$

$$L' = L \cdot 2 = 1.60 \cdot 2 \cdot 0.00 = 1.60 \text{ m}$$

$$A = B' \cdot L' = 1.20 \cdot 1.60 = 1.92 \text{ m}^2$$

$$s_d = 1 + 0.2 \cdot \min \left( \frac{B'}{L'}, \frac{L'}{B'} \right) = 1 + 0.2 \cdot \min \left( \frac{1.20}{1.60}, \frac{1.60}{1.20} \right) = 1.15$$

$$I_d = 0.5 \left( 1 + \sqrt{\frac{\min \left( \frac{H_{\text{d1}}}{A}, \frac{H_{\text{d2}}}{A} \right)}{K}} \right) = 0.5 \left( 1 + \sqrt{\frac{\min \left( \frac{0.00}{1.92}, \frac{0.00}{1.92} \right)}{1.00}} \right) = 1.00$$

$$q = \left( \sum_{\text{soil}} [V_k q_k] + \sum_{\text{dead}} [V_k q_k] \right) \cdot V_d = 15.85 \text{ kN/m}^2$$

$$R_d = \left[ \left( \frac{\pi}{2} \right) \left( \frac{V_d}{A_d} \right) \cdot b_d \cdot s_d \cdot I_d + q \right] \cdot V_{\text{dead}} = \left[ \left( \frac{\pi}{2} \right) \left( \frac{0.00}{1.92} \right) \cdot 1.00 \cdot 1.15 \cdot 1.00 + 15.85 \right] \cdot 1.92 \cdot 1.40 = 1074.29 \text{ kN (D.1)}$$

$$V_d = 0.11 \text{ kN} \leq R_d = 1074.29 \text{ kN} \rightarrow \text{OK}$$

Water level: -10.00 m

Drained condition

$$V_d = V_{\text{dead}} + V_G = 0.11 + 1.35 \cdot 0.00 = 0.11 \text{ kN}$$

(Selfweight of foundation considered in analysis.)

$$H_d = \sqrt{H_{\text{d1}}^2 + H_{\text{d2}}^2} = \sqrt{0.00^2 + 0.00^2} = 0.00 \text{ kN}$$

$$e_d = \frac{M_{\text{d1}}}{V_d} = \frac{0.00}{0.11} = 0.00 \text{ m}$$

$$e_d = \frac{M_{\text{d2}}}{V_d} = \frac{0.00}{0.11} = 0.00 \text{ m}$$

$$R' = B \cdot L' = 1.20 \cdot 2 \cdot 0.00 = 1.20 \text{ m}$$

$$L' = L \cdot 2 = 1.60 \cdot 2 \cdot 0.00 = 1.60 \text{ m}$$

$$A = B' \cdot L' = 1.20 \cdot 1.60 = 1.92 \text{ m}^2$$

$$q'_{\text{d}} = \text{atan} \left( \tan \left( \phi'_{\text{d}} \right) / V_d \right) = \text{atan} \left( \tan \left( 45.00^\circ \right) / 1.00 \right) = 45^\circ$$

$$N_q = \sigma'_{\text{d}} \cdot \tan \left( \phi'_{\text{d}} \right) \tan^2 \left( 45^\circ + \phi'_{\text{d}} / 2 \right) = \sigma'_{\text{d}} \cdot \tan^2 \left( 45^\circ + 45^\circ / 2 \right) = 134.87$$

$$N_q = (N_q - 1) \cdot \cot \left( \phi'_{\text{d}} \right) = (134.87 - 1) \cdot \cot \left( 45^\circ \right) = 133.87$$

$$N_q = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot \tan \left( \phi'_{\text{d}} \right) = 2 \cdot (134.87 - 1) \cdot \tan \left( 45^\circ \right) = 267.75$$

$$s_d = 1 + \min \left( \frac{B'}{L'}, \frac{L'}{B'} \right) \cdot \sin \left( \phi'_{\text{d}} \right) = 1 + \min \left( \frac{1.20}{1.60}, \frac{1.60}{1.20} \right) \cdot \sin \left( 45^\circ \right) = 1.53$$

$$s_d = (s_d - N_q - 1) / (N_q - 1) = (1.53 - 134.87 - 1) / (134.87 - 1) = 1.54$$

$$s_d = 1 - 0.3 \cdot \min \left( \frac{B'}{L'}, \frac{L'}{B'} \right) = 1 - 0.3 \cdot \min \left( \frac{1.20}{1.60}, \frac{1.60}{1.20} \right) = 0.77$$

$$m_d = (2 \cdot B' / L') / (1 + B' / L') =$$

**Absolute settlement utilization (based on analytical results)**

LC: 'LC2SLS' (GEO)

$$q_{\text{max}} = 1.70 \text{ mm} \leq q_{\text{lim}} = 50.00 \text{ mm} \rightarrow \text{OK}$$

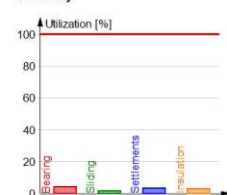
**Insulation utilization**

LC: 'LC2ULS' (GEO)

$$\sigma_{\text{Ed}} = \max \left( \frac{V_d}{A_d}, 0.00 \right) = \max \left( \frac{54.56}{2.20}, 0.00 \right) = 24.83 \text{ kN/m}^2$$

$$\sigma_{\text{Ed}} = 24.83 \text{ kN/m}^2 \leq \sigma_{\text{Rd}} = \frac{\sigma_{\text{Rk}}}{\gamma_{\text{M1}}} = \frac{1000.00}{1.20} = 833.33 \text{ kN/m}^2 \rightarrow \text{OK}$$

**Summary**



## Foundation Design | Perustusten geotekninen tarkastus EN 1997

Foundation Design tekee perustusten geotekniset tarkastukset ja mallintaa perustuksen laskentamalliin tarkemmin (alustaluku). Maaperä piirretään malliin korkoineen ja maaperään syötetään maan lujuudet kerroksittain ja lisäksi maaperään määritetään eri kerrosten paksuus eri kohdissa mallia. Perustusten yhteydessä voidaan myös määrittää pohjaeriste perustusten alle, jonka lujuus tarkastetaan myös. Syötettyjen tietojen avulla lasketaan maan kantavuus perustusten alla, liukumisvarmuus ja tarkastetaan anturoiden epäkeskeisyys ja painumat halutulla yhdistelyllä.

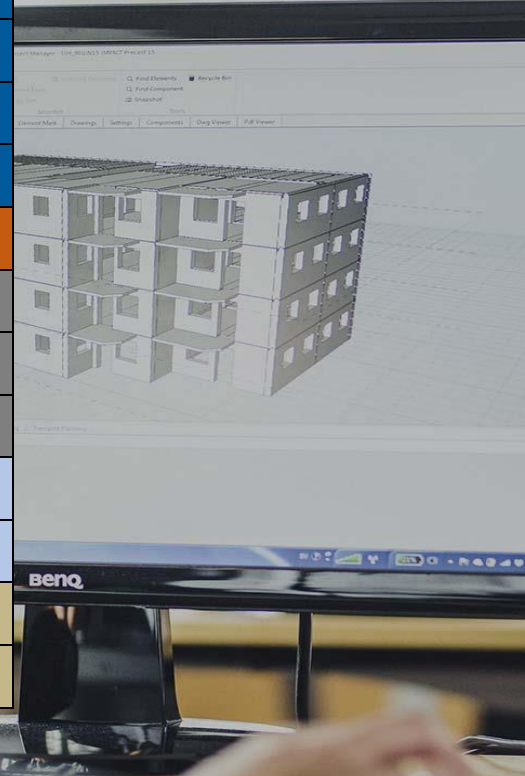
- Maaperän lujuus ja kerrokset voidaan syöttää kokonaismalliin
- Perustuksien jäykkyys päivittyy laskentamalliin
- Mahdollisuus syöttää pohjaveden taso sekä avoimet tai suljetut olosuhteet.
- Mahdollisuus syöttää pohjaeristeet ja niiden lujuus ja jäykkyys
- Epäkeskeisyyden tarkastus
- Kantavuuden tarkastus
- Liukumisvarmuus
- Painumatarkastus ja painumaerotarkastus
- Pohjaeristeiden tarkastus
- Automaattinen muuttuvan alustaluvun laskenta maaperän ja vierekkäisten pisteiden vuorovaikutuksen avulla
- Paalujen syöttö malliin ja niiden jäykkyyksien automaattinen laskenta.
- Automaattinen vaihtuvan alustaluvun analyysi





# FEM-Design

|                    |
|--------------------|
| 3D Structure       |
| 2D Plate           |
| 2D Wall            |
| Frame              |
| 3D Soil            |
| Foundations Design |
| Concrete Design    |
| Masonry Design     |
| Composite Design   |
| Steel Design       |
| Steel Joints       |
| Timber Design      |
| CLT                |



**Juha Laitinen**

Strusoft Sales  
Representative  
Finland

Juha.laitinen@strusoft.com  
+358 400551984



**Joni Hytönen**

Technical Specialist  
Finland

Joni.hytonen@strusoft.com  
+358 505452200



**Joona Veteläinen**

Strusoft Sales Representative  
Finland  
Joona.vetelainen@strusoft.com  
+358 505452200