

Opinnäytetyö AMK

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2018

Milla Tarmas

# TERÄSPULPETTIRISTIKON MITOITUS

– Limingan Hesburger

OPINNÄYTETYÖ AMK | TIIVISTELMÄ

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU

Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

2018 | 34 sivua, 106 liitesivua

Milla Tarmas

# TERÄSPULPETTIRISTIKON MITOITUS

– Limingan Hesburger

Opinnäytetyön tavoitteena on mitoittaa teräskattoristikkorakenne Hesburger-pikaruokaravintolaan. Ravintolarakennus rakennetaan Liminkaan Pohjois-Pohjanmaalle valtatie E8:n läheisyyteen. Rakennuksen runko tehdään harkosta, puusta ja teräksestä. Katto on pulpetin mallinen, ja rakennuksen keskiosaan toiseen kerrokseen rakennetaan ilmanvaihtokonehuone. Rakennuksen kerrosala on noin 430 m<sup>2</sup>.

Työn toimeksiantajana toimii Sweco Rakennetekniikka Oy, ja työ tehdään tilaajan tarpeeseen. Rakennukselle on tehty arkkitehtisuunnitelmat, joiden pohjalta rakennesuunnittelu tehdään. Tässä työssä keskitytään kattoristikkorakenteen ja sen liitosten mitoitukseen. Yläpohjarakenteet tuetaan pulpettiristikoihin rakennuksen ravintolasalin puolella ja ristikot mitoitetaan pysyväille ja muuttuvalle kuormalle.

Mitoituksessa käytetään mitoitus- ja laskentaohjelmia ja rakennus mallinnetaan. Mitoitus tehdään eurokoodien mukaan. Työn tuloksena saadaan mitoittua todellinen kattoristikko ravintolarakennukseen sekä myöhemmin työpiirustukset konepajaa varten.

ASIASANAT:

kattotuolit, liitokset, pulpettiristikko, rakenneputki, rakenneteräs, ristikkoliitos

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering

2018 | 34 pages, 106 pages in appendices

Milla Tarmas

## DESIGNING A STEEL SLOPE TRUSS

- Hesburger restaurant in Liminka

The aim of the thesis was to design a one slope truss structure at the Hesburger fast food restaurant. The restaurant building will be built in Liminka in North Ostrobothnia near the E8 highway. The structural body of the building is made of walling block, wood and steel. The roof is a mono-pitch roof and the ventilating room is built to the second floor of the building. The floor area of the building is approximately 430 m<sup>2</sup>.

The thesis was commissioned by Sweco Rakennetekniikka Oy and it was completed to meet the customer's needs. Structure plans are based on architectural plans. This work focuses on the designing of the roof structure and its joints. The roof covering and its structures are supported by the trusses at the other end of the building.

Calculation programs were used in this thesis and the building will be modeled. The design was completed according to Eurocodes. As a result, the actual steel slope truss and its joints were designed.

### KEYWORDS:

joint, steel truss, structural steel

# SISÄLTÖ

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 JOHDANTO</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2 TYÖN LÄHTÖTILANNE</b>                               | <b>7</b>  |
| <b>3 RISTIKKOTYYPPI</b>                                  | <b>9</b>  |
| <b>4 LIITOKSET</b>                                       | <b>14</b> |
| 4.1 Liitostyypit   | 15        |
| 4.2 Liittämismenetelmät                                  | 16        |
| <b>5 RISTIKON MITOITUS</b>                               | <b>19</b> |
| 5.1 Paloluokka   | 20        |
| 5.2 Murtorajatilan ja käyttörajatilojen kuormayhdistelyt | 20        |
| 5.3 Kuormat  | 23        |
| 5.3.1 Pysyvät kuormat                                    | 24        |
| 5.3.2 Muuttuvat kuormat                                  | 25        |
| 5.3.3 Kuormayhdistelyt                                   | 27        |
| 5.3.4 Liitokset  | 30        |
| <b>6 LOPUKSI</b>   | <b>32</b> |
| <b>LÄHTEET</b>   | <b>33</b> |

## LIITTEET

- Liite 1. Julkisivukuvat
- Liite 2. Lumikuorman laskeminen
- Liite 3. Tuulikuorman laskeminen
- Liite 4. Ristikon alustava mitoitus
- Liite 5. Ristikon mitoitus Dlubal RFEM -ohjelmalla
- Liite 6. Ristikon teräsmäärä
- Liite 7. Solmu 1
- Liite 8. Solmu 2
- Liite 9. Solmu 3
- Liite 10. Solmu 4
- Liite 11. Solmu 5
- Liite 12. Solmu 6
- Liite 13. Solmu 7

- Liite 14. Solmu 8
- Liite 15. Solmu 9
- Liite 16. Solmu 10
- Liite 17. Solmu 11

## **KAAVAT**

|  |    |
|--|----|
| Kaava 1. Lumikuorman laskentakaava                                 | 25 |
| Kaava 2. Lisälumikuorman laskentakaava                             | 26 |
| Kaava 3. Tuulesta johtuvan lumikuorma muotokertoimen laskentakaava | 26 |
| Kaava 4. Kokonaistuulikuorman laskentakaava painekertoimella       | 27 |
| Kaava 5. Murtorajatilan kuormayhdistelyn laskentakaava             | 28 |
| Kaava 6. Käyttörajatilan kuormayhdistelyn laskentakaava            | 28 |

## **KUVAT**

|  |    |
|--|----|
| Kuva 1. Tekla Structuresin malli Hesburger-ravintolarakennuksesta.         | 7  |
| Kuva 2. Mitoitettavan ristikon paarteet ja uumasauvat.                     | 9  |
| Kuva 3. Avaruusristikko  | 11 |
| Kuva 4. Ristikkotyyppejä   | 12 |
| Kuva 5. Pulpettiristikko.  | 13 |
| Kuva 6. Erilaisia liitoksia  | 15 |
| Kuva 7. Yläpaarten tarkastelupiste.  | 29 |
| Kuva 8. Liitoksen tarkastelupiste.   | 29 |
| Kuva 9. Teräspulpettiristikon liitosten solmupisteet ja niiden numerointi. | 30 |

## **TAULUKOT**

|   |    |
|---|----|
| Taulukko 1. Yhdistelykertoimien arvot rakennuksille                     | 21 |
| Taulukko 2. Rakennuksen tilojen luokat                                  | 24 |
| Taulukko 3. Yläpaarten käyttöasteen tarkastelu Dlubal RFEM -ohjelmalla. | 29 |

# 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on suunnitella Limingan uuteen Hesburger-ravintola-rakennukseen teräspulpettiristikko liitoksineen. Rakennushankkeen tilaajana ja rakennuttajana toimii KOy Limingan Burger ja rakennesuunnittelijana sekä tämän työn toimeksiantajana Sweco Rakennetekniikka Oy. Työssä käsitellään ristikon suunnitteluun ja mitoitukseen vaikuttavat olennaisimmat asiat.

Työn aiheeksi valikoitui teräksisen pulpettiristikon ja sen liitosten mitoittaminen tilaajan toiveiden ja arkkitehdin piirustusten pohjalta. Ristikossa käytetään SSAB:n Domex Tube -rakenneputkia ja mitoitus tehdään noudattamalla Rakenneputkikäsikirjan ohjeita ja käytänteitä.

Opinnäytetyön alkupuolella kerrotaan lähtötilanteesta ja työn rajauksesta sekä kuvailaan rakennettava kohde. Seuraavaksi käsitellään lyhyesti tyypillisiä teräsristikkoita ja paneudutaan tarkemmin pulpettiristikoiden ominaisuuksiin. Liitokset esitellään viimeisenä teoriaosuutena ennen mitoitusta. Mitoitusosiossa kerrotaan teoriaa mitoituksen periaatteista, kuormitusyhdistelyistä rajatilamenetelmillä, kuormien määräytymisestä ja paloluokasta.

Opinnäytetyössä käytettävä lähdeaineisto oli suurimmaksi osaksi standardeja ja eurokoodinormistoa. Muun muassa lähteenä käytetyn Pietiläisen opinnäytetyössä oli tarkasteltu tasakorkuista ristikkoo, mutta työn lähtökohta suunnittelulle ja mitoitukselle oli erilainen. Työn ristikko oli suunniteltu hallirakennukseen ja tuenta oli staattisesti määrätty, eli alapaarre oli kokonaan irti pilareista.

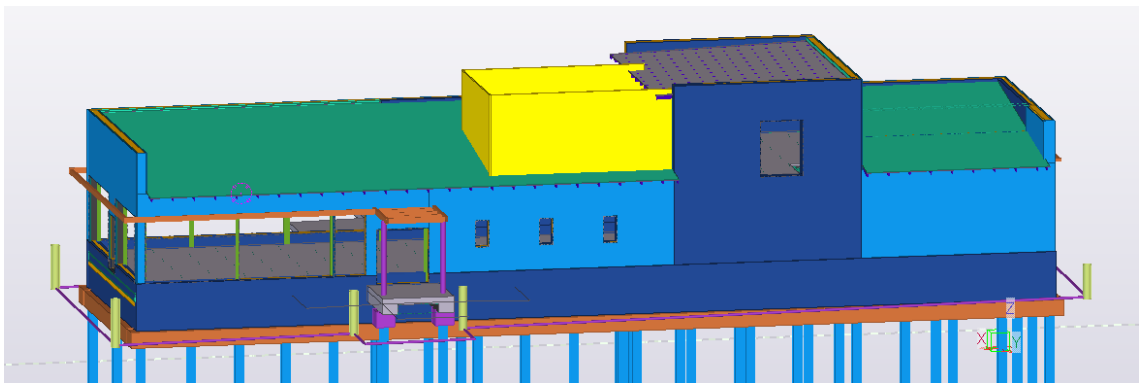
Työssä käytettiin Tekla Structures 2017i -, MathCAD-, Dlubal RFEM5 -, Sections- ja Excel-ohjelmistoja. Kohteen mallinnus toteutettiin Tekla Structuresilla, alustava ristikon mitoitus laskettiin käsin MathCADilla, ja lopullinen mitoitus tehtiin RFEMillä. Section-ohjelmasta valittiin ristikolle sopivat putkiprofiilit ja liitokset mitoitettiin hyödyntämällä Suunnittelu- ja konsulttitoimistojen liitto ry:n eli SKOL:n kehittämää Excel-pohjaa.

## 2 TYÖN LÄHTÖTILANNE

Hankkeen rakennesuunnittelu aloitettiin Swecolla alkusyksystä 2018. Tilaajana ja rakentajana toimii KOy Limingan Burger, ja arkkitehtina ja pääsuunnittelijana hankkeessa toimii Sigge Arkkitehdit Oy. Hankkeessa on mukana myös muita toimijoita.

Rakennus rakennetaan Pohjois-Pohjanmaalle Oulun kupeessa sijaitsevaan Liminkaan, noin 20 kilometrin päässä Perämeren rannalta. Tontti sijaitsee valtatie E8:n läheisyydessä pelto- ja asutusalueen rajalla. Pohjatyöt on määrä aloittaa vuoden 2019 alussa, minkä jälkeen itse rakennuksen rakentaminen alkaa.

Rakennesuunnittelu tehdään arkkitehdin piirustusten ja suunnitelmien pohjalta (liite 1). Rakennuksen runko tehdään teräksestä, puusta ja harkoista sekä julkisivu puusta ja rappauksesta. Rakennus on yksiläiväinen ja suorakaiteen mallinen, ja sen keskikohtaan tehdään ilmanvaihtokonehuone toiseen kerrokseen. Rakennuksen toisessa päässä on ravintolasali, keskellä ensimmäisessä kerroksessa on keittiö ja toisessa päässä henkilökunnan tilat sekä jätahuone. Ravintolarakennuksen toiselle pitkälle sivulle tulee drive-in-kaista. Ensimmäisen kerroksen katto on pulpetin mallinen, ja ilmanvaihtokonehuoneen pulpettikatto laskee ravintolasalin puoleisen katon päälle. Teräksinen pulpettiristikko kannattelee ravintolasalin puoleista yläpohjaa, joka koostuu puukattoelementeistä. Elementtien päälle asennetaan vesikattorakenteet eli puiset kannatinpalkit, vesivaneri ja teräspelti.



Kuva 1. Tekla Structuresin malli Hesburger-ravintolarakennuksesta.

Rakennus on kooltaan 10 x 37 metriä. Ensimmäisen kerroksen räystäskorko ulottuu reiluun viiteen metriin ja toisen kerroksen ilmanvaihtokonehuoneen räystäät reiluun kahdeksaan metriin.

Koko ravintolarakennuksen rakenteista tehdään aikanaan työpiirustukset, mutta tämä opinnäytetyö on rajattu pulpettiristikon ja siihen kuuluvien paarteiden ja uumasauvojen välisten liitosten mitoittamiseen. Ristikon suunnittelussa on otettu huomioon suunnitteluun vaikuttavia seikkoja, kuten koko ristikon nurjahdus tasoa vastaan kohtisuorassa, ristikkokehien jäykistys ja ristikoita kannattelevien teräspilareiden mitoitus sekä ristikon paarteiden ja uumien liittämismenetelmä, mutta edellä mainittuja asioita ei käsitellä tässä työssä erikseen.

Ristikon korkeus määräytyi pääasiallisesti arkkitehdin räystäskoron, kattokaltevuuden ja ravintolasalin ikkunoiden yläpielien koron mukaan. Ajatuksena on, että teräsristikoista tulee "katseen kestävä", sillä ne jäävät ravintolasalissa näkyville.

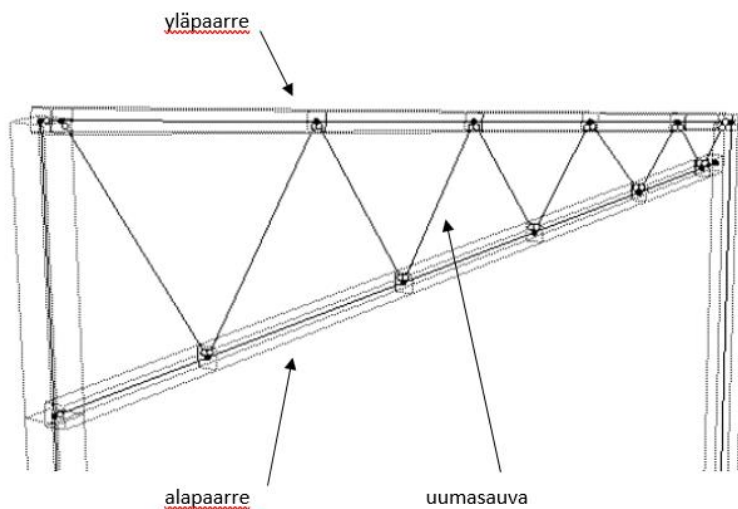


### 3 RISTIKKOTYYPPI

Teräsristikot ovat ”sauvojen muodostamia kehärakenteita”, ja niitä käytetään pääasiassa kattorakenteissa, yläpohjien ja vesikaton kannattajina erilaisissa rakennuksissa ja halkeissa (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 76). Teräs on sitkeää, kevyt ja helposti muovattava materiaali. Teräsristikot kootaan useimmiten rakenneputkista, sillä rakenneputkiristikot mahdollistavat pitkät jännevälit ja uumasauvojen harvan jaon, ja ne toimivat parhaiten pilareissa ja ristikoissa. Ristikoilla ja rakenneputkilla on lisäksi hyvä kiepahduskestävyys. (Ongelin & Valkonen 2016, 14.)

Rakenneputkilla tarkoitetaan suorakaide-, neliö- tai pyöröputkiprofiilisia kuuma- tai kylmävalssattuja teräsputkia. SSAB Domex Tube -rakenneputket ovat kylmävalssattuja ja niitä valmistetaan lujuusluokissa S235-S550. Rakenneputkien teräsmateriaalille sekä mekaanisille ominaisuuksille on säädetty standardit, jotka Domex Tube -rakenneputket täyttävät. Rakenneputkien teräs on valmistettu vanhenemattomasta ja alumiiniitivistystä hienoraeteräksestä, ja se voidaan esimerkiksi pinnoittaa. (Ongelin & Valkonen 2016, 17, 18, 23.)

Teräsristikot koostuvat ylä- ja alapaarresauvoista sekä uumasauvoista. Uumasauvoja kutsutaan pystysauvoiksi eli vertikaaleiksi tai vinosauvoiksi eli diagonaaleiksi. Vertikaalisauva on ala- tai yläpaarteeseen kohtisuorasti liittyvä sauva ja diagonaalisauva paarteeseen vinossa kulmassa liittyvä sauva (kuva 2). (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 76.)



Kuva 2. Mitoitettavan ristikon paarteet ja uumasauvat.

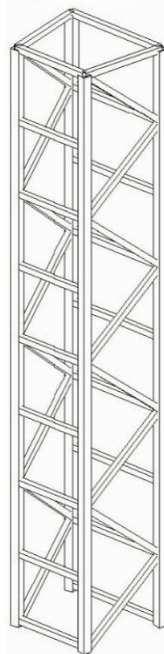
Kuormien kantokyvyn ymmärtämisen kannalta suunnittelijan kannattaa hallita ideaaliristikon mekaaninen käyttäytyminen. *Ideaaliristikoksi* kutsutaan sellaista ristikkoa, joka on ristikon niin kutsuttu perusmuoto. Ideaaliristikon käyttäytymistä pystytään analysoimaan helposti, sillä ideaalitulanteessa sauvoissa vaikuttavat ainoastaan aksiaaliset voimat. Perussääntönä voidaan ajatella, että yläpaarteessa vaikuttaa puristava ja alapaarteessa vetävä voima. Uumasauvojen veto- tai puristusvoiman jakautuminen riippuu ristikkotyypistä. (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 76.)

Käytännössä ristikoissa vaikuttaa normaalivoimien lisäksi myös muita voimia, sillä kuormat eivät osu sauvoihin suoraan aksiaalisesti. Sekä rakenteen oma paino että kuormitustilanteet aiheuttavat yläpaarteeseen momenttia. Paarteiden ja uumasauvojen liitokset oletetaan ideaaliristikossa nivelellisiksi, mutta todellisuudessa ne ovat osittain jäykkiä ja vastustavat jonkin verran kiertymää. Paarteiden ja uumasauvojen välillä vaikuttaa lisäksi leikkausvoima. Koska liitokset ovat rakenneputkien työstön onnistumisen kannalta epäkeskeisiä, uumasauvojen väliin jäävässä paarteiden osassa vaikuttava leikkausvoima pienentää paarteiden puristuskestävyyttä. (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 77–8) Lisäksi, ristikoiden uumasauvojen kuormituksissa on eroja, kun jännevälit kasvavat. Kuormitukset ovat suuremmat lähellä tukea, esimerkiksi pilaria, ja pienemmät jännevälillä keskellä. (Ongelin & Valkonen 2016, 427.)

Voidaan ajatella, että koko ristikon painosta noin puolet on yläpaarteiden eli puristuspaarteiden osuus, 30 % alapaarteiden ja 20 % uumasauvojen osuus. Tästä syystä pystytään päättämään, että yläpaarteiden mitoittamiseen kannattaa kiinnittää eniten huomiota liitossuunnittelun lisäksi. (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 78.) Tämän työn ristikon yläpaarteiden osuus oli 48 %, alapaarteiden osuus 27 % ja uumien 25 % (liite 6).

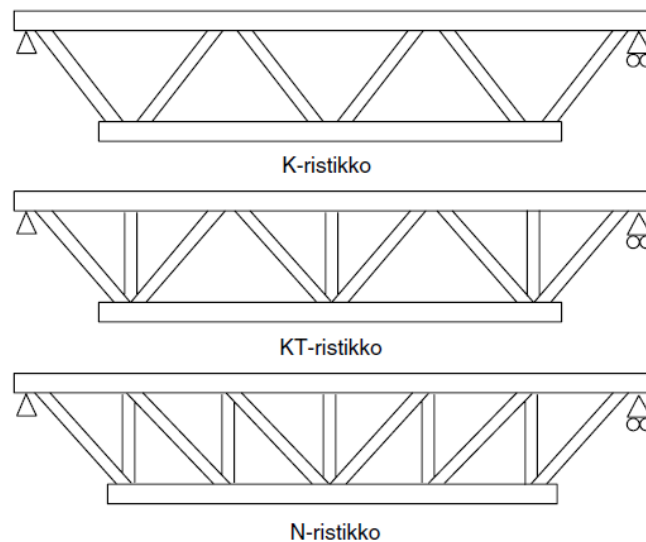
## Tyypilliset ristikkotyypit

Teräsputkiristikkoja eli kattokannattajia on olemassa useampia ja ne voidaan jakaa kahden pääryhmään toimintatavan tai ulkonäön mukaan. Ulkonäön perusteella ristikot jaetaan tasa-, muuttuvakorkuisiin tai kaareviin ristikoihin. Muuttuvakorkuisiin luetaan esimerkiksi harja- ja pulpettiristikot. Toimintatavan perusteella ristikot jaetaan avaruus- ja tasoristikoihin. Avaruusristikko on dimensionaalinen ristikko, joita näkee muun muassa huvipuistojen laitteiden rungoissa tai radiomastoissa (kuva 3). Tasoristikot toimivat yhdessä tasossa eikä niillä ole syvydellistä vaihtelua. Tavallisia teräsristikkotyyppejä ovat muun muassa K-, N- ja KT-putkiristikot. (Teräsrakenneyhdistys ry 2010, 84.)



Kuva 3. Avaruusristikko (Salmenaho 2015, 11).

Tässä työssä mitoitettava pulpettiristikko on tyypiltään K-ristikko. K-ristikossa uumasauvoja on muihin ristikkotyyppeihin verrattuna niukimmin, ja liitokset ovat yksinkertaisia. Ristikko sopii rakenteisiin, joissa on pitkät jännevälit ja kuormat siirretään paarteen ja sauvojen solmukohtiin. Huonona puolena K-ristikossa on puristus- eli yläpaarteen suuri nurjahduspituus. (Ongelin & Valkonen 2016, 427.) Kuvassa 4 esitetään tavallisia ristikkotyyppejä.



Kuva 4. Ristikkotyyppejä (Ongelin & Valkonen 2016, 427).

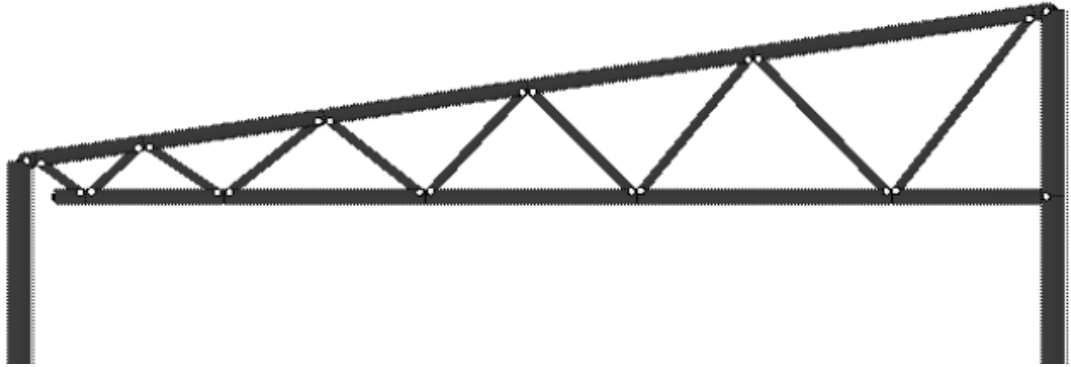
KT-ristikossa on yksi uumasauva enemmän yhtä alapaarteen liitosta kohti kuin K-ristikossa. Puristusparretta tukemaan on lisätty yksi vertikaali, jolloin paarteen nurjahduspituutta pystytään lyhentämään. Tämän ristikkotyypin huonona puolena on liitosten suunnittelemisen ja toteuttamisen hankaluus. Alapaarteen ja uumasauvojen liitokset tehdään tavallisesti limitettyinä, jotta paarteeseen kohdistuvaa epäkeskeisyyttä voidaan rajoittaa. (Ongelin & Valkonen 2016, 427.)

N-ristikossa on näistä kolmesta tyypistä eniten uumasauvoja. N-ristikkotyyppiä käytetään yleensä jänneväleiltään lyhyissä, mutta korkeissa ristikoissa, sillä rasitukset kohdistuvat enemmän uumasauvoille kuin paarteille. N-ristikon uumasauvojen liitos tehdään usein limitettynä KT-ristikon tavoin. (Ongelin & Valkonen 2016, 427.)

### **Pulpettiristikko**

Pulpettiristikko on nimensä mukaisesti pulpetin mallinen, epäsymmetrinen ristikko (kuva 5). Pulpettiristikon uuman korkeus kasvaa toiseen suuntaan ja yläpaarre on kalteva koko pituudeltaan. Alapaarre voi olla joko suora tai kalteva. Merkille pantavinta on, että ylä- ja alapaarteet eivät ole yhdensuuntaisia keskenään. Pulpettiristikko voi olla tyypiltään esimerkiksi K-, KT- tai N-ristikko. Tämän työn pulpettiristikon alapaarre on suora ja yläpaarre kalteva, noin 8°:een kulmassa.

Pulpettiristikon mitoitus on tasoristikkoa työläämpää, sillä voimat eivät jakaudu symmetrisesti ristikon paarteille ja uumasauvoille (liite 5). Alustavan ristikkosauvojen kokojen laskeminen onnistuu käsin yksinkertaisesti ja antaa osviittaa paarteiden ja uumasauvojen koista, mutta lopullinen laskenta kannattaa suorittaa esimerkiksi laskentaohjelmaa hyväksi käyttäen (liitteet 4-5).



Kuva 5. Pulpettiristikko.

## 4 LIITOKSET

Liitosten tehtävänä on välittää voimia rakenneosalta toiselle. Teräsrakenteiden liitosmenetelmistä tutuimmat ja käytetyimmät ovat osien hitsaaminen yhteen sekä ruuviliitokset. Liitokset luokitellaan kestävyuden, jäykkyyden tai muodonmuutoskyvyn mukaan. Suunnittelussa pyritään siihen, että liitoksesta tulee sitkeä, jolloin sillä on muodonmuutoskykyä ennen murtumista. (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 87–89)

Ristikon paarteet voidaan liittää pilareihin joko nivelellisesti, osittain jäykästi tai jäykästi. Jos rakenne halutaan toteuttaa nivelellisenä, ristikon paarteet eivät välitä momenttia pilareihin, ja liitosmitoitus on jäykkää liitosta yksinkertaisempi tehdä ja edullisempi toteuttaa (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 119, 83). Alapaarre voi olla kiinni pilareissa edellä mainituin tavoin tai se voi olla kokonaan irti niistä. Uumasauvojen oletetaan olevan kiinni paarteissa nivelellisesti, jotta sauvoihin syntyy ainoastaan aksiaalista eli normaalivoimaa (Ongelin & Valkonen 2016, 282).

Tämän työn kohderistikon paarteet ovat kiinni pilareissa nivelellisesti kolmesta päästä. Alapaarteen toinen pää, joka on pulpettiristikon matalammassa päädyssä, jätetään irti pilarista. Pulpettiristikon mitoittaminen on näin ollen jäykkää liitosmenetelmää yksinkertaisempi suunnitella ja toteuttaa. Paarteiden päihin kiinnitetään teräslevyt, jotta paarre kestää pilarista aiheutuvan pistekuorman. (Ongelin & Valkonen 2016, 434.)

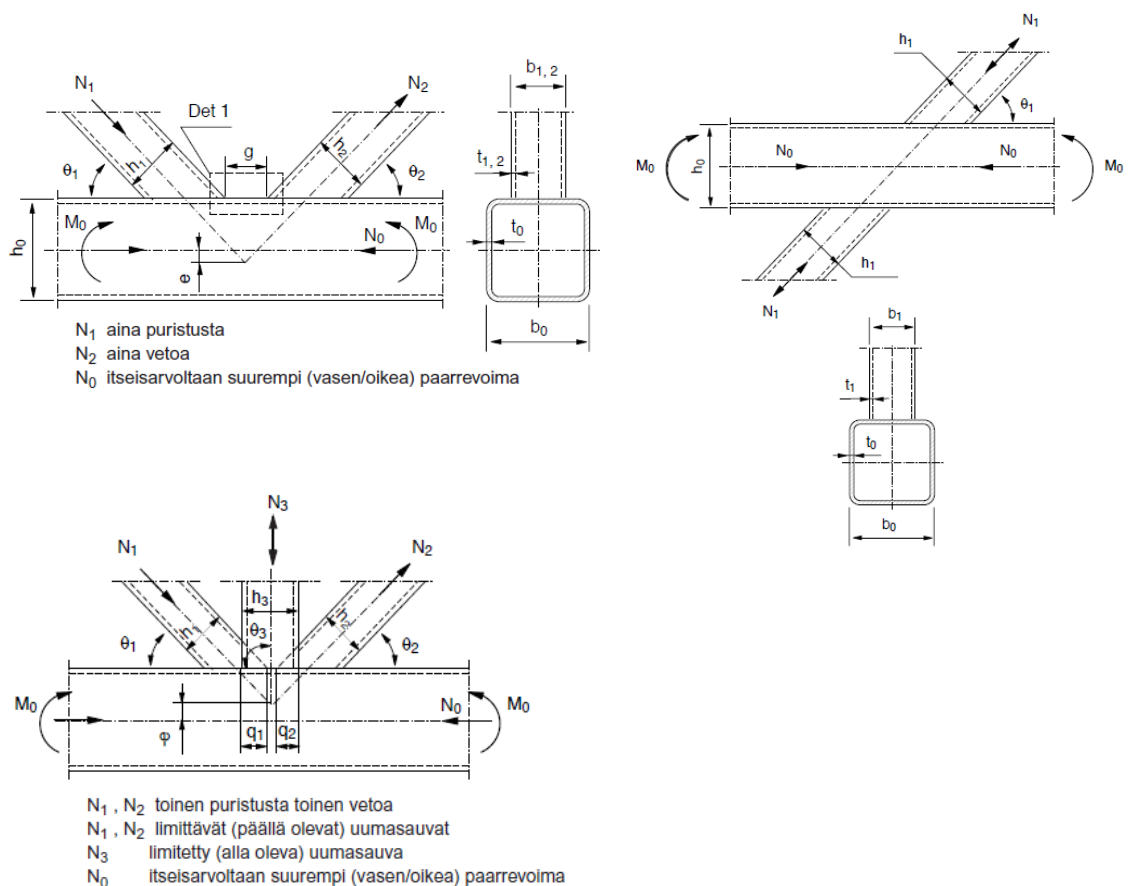
Liitokset on mahdollista mitoittaa käsin laskemalla, mutta nykyisin on olemassa useita ohjelmia, kuten FEM-ohjelmat, jotka laskevat liitosten kestävyudet hetkessä. Ohjelmiin on syötetty valmiiksi tyypilliset moduulit, joita käyttämällä suunnittelijan on helppo tehdä geometrian mallintaminen, rakenteen ja liitosten mitoitus (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 83). Eurokoodi 3, Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus, tarjoaa ohjeet mekaanisten liittämismenetelmien käsin laskemiseen (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 89–98).

Liitoksen kestävyys on mahdollista laskea, kun liitoksesta on tehty valmiiksi geometriamalli. SSAB Domex Tube Rakenneputket -käsikirjassa esitetään ohjeet mitoitukseen liitostyyppin mukaan (Ongelin & Valkonen 2016, 630). Tässä työssä liitokset on laskettu hyödyntämällä SKOL:n Excel-laskentapohjaa (liitteet 6–16).

#### 4.1 Liitostyypit

Kuten ristikkotyyppijä, myös liitostyyppijä on erilaisia. Domex Tube Rakenneputket -käsikirjassa liitokset on nimetty ulkonäön perusteella, esimerkiksi K-, N- ja X-liitokset. Liitokset voivat olla vapaavälisiä tai limitettyjä, ja suunnittelija valitsee itse sopivimman ristikko- ja liitostyyppin rakenteen ja kuormituksen mukaan (Ongelin & Valkonen 2016, 432).

Työn kohderistikon paarteen ja uuman välinen liitostyyppi on valittu vapaaväliseksi K-liitokseksi, sillä ristikon jänneväli on pieni ja kuormat ovat maltilliset. Vapaavälinen liitos on limitettyä liitosta yksinkertaisempi ja edullisempi valmistaa, sillä uumasauva katkaistaan kerralla oikeasta kohtaa ja se voidaan hitsata kiinni paarteeseen verrattain helposti. (Ongelin & Valkonen 2016, 432.) Kuvassa 6 on esimerkkejä erilaisista liitostyypeistä.



Kuva 6. Erilaisia liitoksia (Ongelin & Valkonen 2016, 636, 638, 640).

Limitetty liitos on kestävämpi liitostyyppi kuin vapaavälinen liitos. Huonona puolena on liitoksen valmistaminen: uumasauvat on leikattava ja sovitettava paarteeseen niin, että liitos on mahdollinen toteuttaa konepajalla ja että se ajaa rakenteellisen tehtävänsä. Limitetyn liitoksen mitoittaminen on lisäksi suunnittelijalle työlästä. (Ongelin & Valkonen 2016, 342.)

#### 4.2 Liittämismenetelmät

Ideaaliristikossa paarteen ja uumasauvojen solmukohtassa kaikkien ”sauvojen akselit leikkaavat toisensa samassa pisteessä”. Tosiasiassa liitoksia ei pystytä toteuttamaan ideaaliristikon liitosten tavoin, joten uumasauvojen keskiakselit eivät kohtaa paarteen systeemiviivaa. (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 77.) Tästä syystä paarteeseen aiheutuu epäkeskeisyyttä ja taivutusta, joka on otettava huomioon liitoksen mitoituksessa. Erityisesti vapaavälisissä liitoksissa epäkeskeisyys ja leikkausvoima voivat muodostua suuriksi ja mitoittaviksi tekijöiksi (Ongelin & Valkonen 2016, 432). Eurokoodin ohjeet eivät ole täydelliset liitosten epäkeskeisyyden laskemisessa, mutta jos epäkeskeisyys ei ylitä ristikkoliitoksille esitettyjä vaatimuksia, se voidaan jättää huomiotta (Ongelin & Valkonen 2016, 282). Käytännössä epäkeskeisyys on siis aina tarkistettava.

Ainevahvuudeltaan ohut rakenneputki on tehokkain, kun paarteeseen kohdistuu poikittaista kuormaa, esimerkiksi tuulesta, ja siitä syntyvää taivutusta. Kuitenkin liitosten kannalta ohutseinäinen ja läpimitaltaan suurempi rakenneputki on taas huonompi vaihtoehto kuin paksuseinäinen ja kapeampi putki. Jos on käytettävä ohutseinäistä putkea, liitosta on mahdollista vahvistaa teräslevyillä. Paarteeseen kohdistuvaa leikkausvoimaa voidaan myös hallita sivulevyn asentamisella, jos leikkausvoima nousee suureksi. Lisäksi uumasauvojen väliin on mahdollista asentaa teräslevy, mikäli limityслиitos jää kestävyys-taulukoiden vaatimusta pienemmäksi. (Ongelin & Valkonen 2016, 433.)

Teräsrakenteita on mahdollista liittää toisiinsa erilaisilla liittämismenetelmillä. Näitä menetelmiä ovat hitsaus, juotto, liimaus ja mekaaninen liittäminen. Liitokset ja kiinnitykset on luokiteltu eurokoodistandardeissa. Talonrakennuksessa käytetään pääasiassa hitsausta tai mekaanista liittämistä (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 83). Tässä työssä mitoitettavan ristikon diagonaalisauvojen hitsataan kiinni paarteisiin.



Mekaanisella liittämällä tarkoitetaan lähinnä ruuviliitoksia. Ruuviliitokset on esitelty ja mitoitusohjeet annettu eurokoodissa Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 89). Seuraavaksi tarkastellaan tarkemmin hitsausmenetelmää, sillä mitoitettavan pulpettiristikon liitokset toteutetaan hitsaamalla.

## Hitsaus

Hitsaaminen on yleinen liittämismenetelmä talonrakennuksessa, erityisesti teräsrakenteiden ja rakenneputkien liittämisesssä. Myös erilaisia muoveja on mahdollista hitsata. Hitsisaumat ovat vahvoja liitoksia, jotka mitoitetaan vastaamaan liitoksen välillä siirtyvän voiman määrää. Sekä rakenneteräksen, hitsausprosessin että hitsiaineiden tulee olla standardien mukaiset. (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 98.)

Hitsausmenetelmät voidaan jakaa kahteen pääryhmään: puristushitsaus ja sulahitsaus. Näistä yleisimmät ovat puristehitsaukseen kuuluva vastushitsaus ja sulahitsaukseen kuuluvat kaasu- ja kaarihitsaus. (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 99.)

*Hitsiksi* kutsutaan saumaa, joka syntyy hitsauksessa. Hitsejä on useampia, mutta kaikkein yleisin on pienahitsi. Muita tavallisia hitsejä ovat muun muassa V-railo-, I-railo- ja osaviistetty V-railohitsi. Suunnittelija päättää hitsin, jolla rakenteen sauma toteutetaan, ja mitoittaa sen. Piirustuksiin myös merkitään, onko sauma ympärihitsattava ja tehdäänkö hitsaus paikan päällä työmaalla vai jo etukäteen. (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 99–100.) Teräsristikoiden ja uuman liitoksessa käytetään tavallisesti päittäis- tai pienahitsiä (Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys ry 2011, 33).

Hitsattaessa teräksen käyttäytyminen muuttuu ja rakenteeseen syntyy hitsin pituussuuntaisia, poikittaisia ja paksuussuuntaisia jännityksiä sekä teräksen kiderakenteen muutosta. Sisäiset jännitykset aiheutuvat lämpölaajenemisesta eli teräksen tilavuuden muutoksesta ja vaikuttavat rakenteen kestävytyteen. Tilavuuden muutos rakenteen sisällä aiheuttaa teräkseen vetoa ja puristusta. Kun hitsisauma on lopulta kokonaan jäähtynyt, hitsissä vaikuttaa teräksen myötörajan suuruinen veto- ja muussa rakenneosassa puristusjännitys. (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 101–105.)

Teräsristikoiden uumasauvojen pienin sallittu kulma paarteeseen nähden on 30°, jotta sauma on mahdollista hitsata. Myös liitosten laskentataulukoissa pienin mahdollinen kulma on 30°. Jos kulma on alle 60°, uumasauvojen päät on viistettävä ja hitsiä tarkastellaan osittain läpihitsattuna päittäishitsinä. Pienahitsiä käytetään, kun kulma on

60°...120°. On mahdollista tehdä pienahitsejä myös suuremmalla kulmalla kuin 120°, mutta tällöin hitsaukselle edellytetään tarkempia ohjeita (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 105). Liitoksia suunniteltaessa vapaavälisten liitosten uumasauvojen välimatka toisiinsa on tarkastettava, jotta hitsisauma mahtuu sauvojen väliin (Ongelin & Valkonen 2016, 432).

## 5 RISTIKON MITOITUS

Ristikon mitoitus aloitetaan laskemalla vaadittavat ja normien mukaiset kuormat sekä niiden yhdistelyt. Mitoituksessa otetaan huomioon rakenteen oma malli, staattiset kuormat, dynaamiset kuormat sekä palomitoitus (RIL ry 2017, 34–35). Tässä työssä dynaamiset kuormat eli tuulikuorma käsitellään kvasistaattisena kuormana ja teräksen palosuojaus toteutetaan teräksen pinnoittamisella sekä sprinklerijärjestelmän asennuksella, jolloin päästään vaadittavaan paloluokitukseen. Rakenteiden kuormat käsitellään Eurokoodin EN 1991-1 osissa seuraavasti:

EN 1991-1-1 Yleiset kuormat, tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat

EN 1991-1-2 Palolle altistettujen rakenteiden rasitukset

EN 1991-1-3 Lumikuormat

EN 1991-1-4 Tuulikuormat.

Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry on koonnut eurokoodien ohjeet kolmeen oppaaseen:

RIL 201-1-12017 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodi

RIL 201-2-2011 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodi

RIL 201-3-2013 Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Vesirakenteet.

Tässä työssä mitoituksen onnistuneen lopputuloksen saamiseen on hyödynnetty RIL-kirjasarjan ensimmäistä osaa. Kattoristikon mitoituksessa huomioidaan rakenteen malli ja staattiset kuormat. Tuulikuorma aiheuttaa dynaamista kuormaa, mutta sen vaikutus on arvioitu käyttämällä kvasistaattista kuormaa, jolloin dynaamiset vaikutukset sisältyvät itse kuormaan. (RIL ry 2017, 36.)

Rakennuksille määritetään seuraamusluokat, joita seuraa luotettavuusluokat. Rakennukset jaetaan seuraamusluokkiin onnettomuusmitoitusta varten. Seuraamusluokan valinnalla määritellään valmiiksi, kuinka laajoja vahinkoja rakenteiden sortuminen tai muu rakennukseen kohdistuva onnettomuus aiheuttaa. (Ympäristöministeriö 2017, 37.) Luotettavuusluokan valinta vaikuttaa rakennuksen suunnittelun ja toteutuksen valvontatasoon (Kerstinen 2016, 13). Kuormakerroin  $K_{FI}$  valitaan seuraamus- ja luotettavuusluokkien perusteella. Seuraamusluokat ja niistä seuraavat luotettavuusluokat ja kuormakerroimet ovat (RIL ry 2017, 39):

CC3 → RC1 →  $K_{FI} = 1,1$

CC2 → RC2 →  $K_{FI} = 1,0$

CC1 → RC1 →  $K_{FI} = 0,9$ .

Ravintolarakennus kuuluu seuraamusluokkaan CC2, joten luotettavuusluokka on RC2.

### 5.1 Paloluokka

Ympäristöministeriö on määritellyt maankäyttö- ja rakennuslaissa asetuksen rakennusten paloluokitukselle. Paloluokat jaetaan rakennuksen koon, henkilömäärän ja käyttötarkoituksen mukaan. Paloluokkia on neljä: P0, P1, P2 ja P3. Luokista P0 on vaativin, ja siinä oletetaan, että rakennus on tehty suoraan palolle alttiiksi. Rakennuksessa voi olla eri paloluokkiin kuuluvia osia, jolloin palon leviäminen on estetty palomuurilla. (Ympäristöministeriö 2017, 3–4.)

Ravintolarakennus, johon tämän työn kattoristikko suunnitellaan, kuuluu paloluokkaan P3, joten kantaville rakenteille ei ole määritelty palonkestovaatimusta (Ympäristöministeriö 2017, 7).

### 5.2 Murtorajatilan ja käyttörajatilojen kuormayhdistelyt

Rakennetta mitoittaessa suunnittelija laskee rakenteen kestävyuden osavarmuuslukumenetelmällä, jolla tarkastellaan, että mikään rajatila ei ylity. Rajatilalla tarkoitetaan tilanetta, jolloin rakenteeseen tulee sellaisia vaurioita, että se ei täytä enää toimivuusvaatimuksia. Rajatilamenetelmät jaetaan kahteen ryhmään: murtorajatilamenetelmä ja käyttörajatilamenetelmä. (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 33.)

Murtorajatilassa rakenne menettää jollain tavalla kokonaan toimivuutensa. Tällaisia tapauksia voivat olla esimerkiksi rakenteen tai aineen murtuminen, stabiiliuden menetys tai rakenteen muuttuminen mekanismiksi. Käyttörajatilassa rakenne ei menetä kokonaan toimivuuttaan, mutta se ei ole enää käyttökelpoinen tai sen ulkonäkö muuttuu huomattavasti. Rakenteen vaurioituminen käyttörajatilassa voi merkitä esimerkiksi teräsbetonisen kattopalkin selkeää halkeilua ilman, että se kokonaan murtuu. (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 33.)

Kuormitusyhdistelyt jakautuvat murto- ja käyttörajatilamitoitusten perusteella. Kuormitusyhdistelyllä tarkoitetaan mitoitusmenetelmää, jossa lisätään rakenteille ja kuormille omat osavarmuuslukukertoimet ja lasketaan, mikä yhdistelytapa tuottaa mitoittavan tuloksen. Murtorajatilien kuormayhdistelyllä lasketaan, milloin rakenne menettää toimivuutensa, ja käyttörajatilojen kuormayhdistelyllä lasketaan, milloin rakenteen toimivuus ei ole enää käytön kannalta suunnitellulla tasolla. (RIL ry 2017, 39–44.)

Taulukko 1. Yhdistelykertoimien arvot rakennuksille (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 1990, 86).

| Kuorma   | $\psi_0$ | $\psi_1$ | $\psi_2$ |
|--|----------|----------|----------|
| Hyötykuormat rakennuksissa, luokka (ks. EN 1991-1-1)   |          |          |          |
| Luokka A: asuintilat   | 0,7      | 0,5      | 0,3      |
| Luokka B: toimistotilat  | 0,7      | 0,5      | 0,3      |
| Luokka C: kokoontumistilat   | 0,7      | 0,7      | 0,6      |
| Luokka D: myymälätilat   | 0,7      | 0,7      | 0,6      |
| Luokka E: varastotilat   | 1,0      | 0,9      | 0,8      |
| Luokka F: liikennöitävät tilat,<br>ajoneuvon paino $\leq 30$ kN  | 0,7      | 0,7      | 0,6      |
| Luokka G: liikennöitävät tilat,<br>30 kN < ajoneuvon paino $\leq 160$ kN   | 0,7      | 0,5      | 0,3      |
| Luokka H: vesikatot  | 0        | 0        | 0        |
| Rakennusten lumikuormat (ks. EN 1991-1-3) <sup>*)</sup>  |          |          |          |
| Suomi, Islanti, Norja, Ruotsi  | 0,70     | 0,50     | 0,20     |
| Muut CENin jäsenmaat, kun sijaintikorkeus on $H > 1000$ m merenpinnan yläpuolella.   | 0,70     | 0,50     | 0,20     |
| Muut CENin jäsenmaat, kun sijaintikorkeus on $H \leq 1000$ m merenpinnan yläpuolella.  | 0,50     | 0,20     | 0        |
| Rakennusten tuulikuormat (ks. EN 1991-1-4)   | 0,6      | 0,2      | 0        |
| Rakennusten sisäinen lämpötila (ei tulipalossa) (ks. EN 1991-1-5)  | 0,6      | 0,5      | 0        |
| HUOM. Kertoimien $\psi$ arvot voidaan määrittellä kansallisessa liitteessä.<br><sup>*)</sup> Mikäli maata ei ole mainittu, kyseiset paikalliset olosuhteet selvitetään erikseen. |          |          |          |

Murtorajatilaa tarkastellaan seuraavissa tapauksissa:

- EQU [= equilibrium], sarja A; jäykkänä kappaleena tarkasteltavan rakenteen tai sen minkä tahansa osan staattisen tasapainon menetys
- STR [= strength], sarja B; rakenteen tai rakenneosien sisäinen vaurioituminen tai liian suuri siirtymätila, kun rakenteen rakennusmateriaalien lujuus on määrittäjä
- GEO [= geotechnical], sarja C; maan pettäminen tai liian suuri siirtymätila, kun maakerroksen tai kallion lujuus on merkittävä kestävyuden saavuttamisen kannalta
- FAT [= fatigue]; rakenteen tai rakenneosien väsymismurtuminen

- e) UPL [= uplift]; vedenpaineen aiheuttamasta nosteesta tai muista pystysuuntaisista kuormista johtuva rakenteen tai maapohjan tasapainotilan menettäminen
- f) HYD [= hydraulic]; hydraulisten gradienttien aiheuttama hydraulinen maapohjan nousu, sisäinen eroosio ja sisäinen putkieroosio (piping) maassa (Kolkka 2013, 15-16; Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 34; RIL ry 2017, 37).

RILin ohjeessa murtorajatilan kuormitusyhdistelmän laskentakaavat on annettu sarjan A, B ja C tapauksille sekä onnettomuustilanteelle (RIL ry 2017, 40–41).

Käyttörajatiiloja tarkastellaan seuraavissa tapauksissa:

- a) siirtymät (eli palautumaton rajatila), jotka vaikuttavat
  - a. ulkonäköön
  - b. käyttäjien mukavuuteen tai
  - c. rakenteen toimivuuteen (mukaan lukien koneiden tai talotekniikan toimivuus) tai jotka aiheuttavat vaurioita pinnoitteille tai ei-kantaville osille
- b) värähtelyt (eli palautuva rajatila), jotka
  - a. saavat ihmiset tuntemaan olonsa epämukavaksi tai
  - b. jotka rajoittavat rakenteen kelpoisuutta käyttötarkoitukseensa
- c) vauriot (eli pitkäaikaisyhdistelmä), jotka todennäköisesti vaikuttavat kielteisesti
  - a. ulkonäköön
  - b. säilyvyyteen tai
  - c. rakenteen toimivuuteen (Teräsrakenneyhdistys ry 2014, 34; RIL ry 2017, 44).

RILin ohjeessa käyttörajatilan kuormitusyhdistelmän laskentakaavat on annettu ominaisyhdistelmän, tavallisen yhdistelmän ja pitkäaikaisen yhdistelmän tapauksille (RIL ry 2017, 44).

Tässä työssä pulpettiristikko on mitoitettu sekä murto- että käyttörajatiiloille. Murtorajatila on laskettu sarjan B mukaisesti ja käyttörajatila palautumattoman rajatilan mukaisesti (liite 5).

### 5.3 Kuormat

Kuormat jaotellaan ajallisen vaihtelun mukaan pysyviksi, muuttuviksi ja onnettomuuskuormiksi. Pysyvät kuormat (G) ovat esimerkiksi rakenteiden oma paino tai rakennukseen kiinteästi liittyvien laitteiden tai rakenteiden paino. Laskentakaavoissa esiintyvä esijännitys (P) luokitellaan pysyväksi kuormaksi. Muuttuvat kuormat (Q) ovat esimerkiksi hyöty-, lumi- ja tuulikuormia. Hyötykuormaa on muun muassa huonekaluista aiheutuvat kuormat. Onnettomuuskuormia (A) ovat muun muassa ajoneuvojen törmäykset tai palo-kuorma. (RIL ry 2017, 31.)

Kuormilla on omat ominaisarvonsa, jotka määritetään joko nimellismittojen ja tiheyden perusteella tai tilastollisesti. Tavallisesti pysyvän kuorman ominaisarvona käytetään  $G_k$ :ta eli keskiarvoa, kun kuorman vaihtelu on pieni. Kuorman ominaisarvona on mahdollista käyttää myös kahta eri arvoa  $G_{k,sup}$  ja  $G_{k,inf}$ , kun kuorman määrän vaihtelu on pientä, mutta rakenne vaihtelulle herkkä tai kun kuorman määrän vaihtelu on suurta. Esimerkiksi onnettomuustilanteissa käytetään  $G_{k,sup}$ - ja  $G_{k,inf}$ -arvoja. (RIL ry 2017, 54.)

Muuttuvan kuorman ominaisarvona  $Q_k$  käytetään joko yläraja-arvoa, jota ei tietyllä todennäköisyydellä ylitetä, tai alaraja-arvoa, joka tietyllä todennäköisyydellä saavutetaan määritellyn tarkastelujakson aikana, tai nimellisarvoa, jonka tilastollista jakautumaa ei tunneta. (RIL ry 2017, 31–32.) Muuttuvia kuormia ovat tuuli- ja lumikuorman lisäksi esimerkiksi rakennuksen kalusteet tai muu irtaimisto, henkilö- tai liikennekuorma (RIL ry 2017, 68).

Muuttuviin kuormiin kuuluville hyötykuormille on asetettu standardiarvoja, jotka riippuvat rakennuksen tilojen käyttötarkoituksesta. Rakennuksen tilat on jaettu luokkiin A...K. Tämän opinnäytetyön kohderakennus kuuluu kokoontumistiloihin eli C-luokkaan ja alaryhmältään C1-luokkaan (ravintolat). (RIL ry 2017, 71–72.) Ilmanvaihtokonehuoneen vesikatolle asennetaan aurinkokeräimiä ja alemman eli ravintolasalin vesikaton yläpuolelle tulee kevyt terässäleikkö, ja katolle on pääsy ainoastaan kunnossapitoa varten.

Taulukko 2. Rakennuksen tilojen luokat (Suomen Standardoimisliitto SFS ry 1990, 30).

| Luokka   | Käyttötarkoitus  | Esimerkki  |
|--|--|--|
| A  | Asuin- ja majoitustilat  | Asuinrakennusten huoneet, sairaaloiden potilas- ja toimenpidehuoneet, hotellien ja retkeilymajojen makuuhuoneet, keittiöt ja WC:t.   |
| B  | Toimistotilat  |  |
| C  | Tilat, joihin ihmiset voivat kokoontua (poikkeuksena luokkiin A, B, ja D kuuluvat tilat) <sup>1)</sup> | <b>C1:</b> Tilat, joissa on pöytiä yms. esim. koulut, kahvilat, ravintolat, ruokasalit, lukusalit, vastaanottotilat.<br><b>C2:</b> Tilat, joissa on kiinteät istuimet, esim. kirkot, teatterit, elokuvateatterit, konferenssisalit, luentosalit, kokoussalit, odotussalit, asemien odotustilat.<br><b>C3:</b> Tilat, joissa ei ole liikkumista rajoittavia esteitä, esim. museo- ja näyttelytilat, julkisten rakennusten ja toimistorakennusten, hotellien ja sairaaloiden eteistilat, asemahallit.<br><b>C4:</b> Liikuntatilat, esim. tanssisalit, voimistelusalit ja näyttämöt.<br><b>C5:</b> Tilat, joihin voi syntyä tungosta esim. yleisötapahtumien rakennuksissa; tällaisia ovat konserttisalit, urheiluhallit mukaan luettuina katsomot, terassit ja eteistilat sekä rautatielaiturit. |
| D  | Myyvälätilat   | <b>D1:</b> Tavallisten vähittäiskauppojen tilat.<br><b>D2:</b> Tavaratalojen tilat.  |
| <p><sup>1)</sup> On syytä kiinnittää huomiota kohtaan 6.3.1.1(2), erityisesti luokkien C4 ja C5 osalta. Standardissa EN 1990 esitetään, milloin dynaamiset vaikutukset on tarpeen ottaa huomioon. Luokkaa E koskevat tiedot ovat taulukossa 6.3.</p> <p>HUOM. 1 Aiotusta käyttötarkoituksesta riippuen tilat, jotka todennäköisesti sijoitettaisiin luokkaan C2, C3 tai C4, voidaan tilaajan päätöksellä tai kansallisen liitteen perusteella sijoittaa luokkaan C5.</p> <p>HUOM. 2 Kansallisessa liitteessä luokat A, B, C1...C5, D1 ja D2 voidaan jakaa alaluokkiin.</p> <p>HUOM. 3 Varasto- ja teollisuustiloja tarkastellaan kohdassa 6.3.2.</p> |  |  |

Tässä työssä laskettiin pysyvät ja muuttuvat kuormat ja tehtiin rajatilojen kuormayhdistelyt eurokoodien normien mukaisesti (liite 5). Tämän jälkeen mitoitettiin liitokset (liitteet 7–17).

### 5.3.1 Pysyvät kuormat

Ristikon oman painon lisäksi pysyviä kuormia ovat pulpettiristikon yläpuoliset rakenteet eli kertopuurunkoinen puukattoelementti, puukannattajat, katevaneri sekä teräspelti. Nämä painot on esitetty ristikon mitoituslaskelmassa liitteessä 5. Puukattoelementin painoa ei ollut saatavilla, joten sen paino arvioitiin materiaalien mukaan.



### 5.3.2 Muuttuvat kuormat

#### Hyötykuorma

Teräsristikko kannattelee vesikattorakenteet, ja oletuksena on, että vesikatolle on pääsy vain kunnossapitoa varten. Muuta hyötykuormaa vesikatolle ei tule. Koska kuormayhdistelyjä laskettaessa vesikaton hyötykuorma ei ole määräävä, on yhdistelykerroin  $\Psi_0$  nolla, jolloin vesikatolta ei aiheudu laskennallista kuormaa vesikatolle eikä pulpettiristikolle.

#### Lumikuorma

Vesikatolle satava lumi ja siitä aiheutuva kuorma laskettiin käsin MathCAD-ohjelmalla, jossa kuormat on määritetty (liite 2). Lumikuormaa laskettaessa määritettiin ensin katon lumikuorma  $s$ :

$$s = \mu_i C_e C_t s_k ,$$

missä

|         |   |
|---------|---|
| $\mu_i$ | on lumikuorman muotokerroin                                   |
| $s_k$   | on maassa olevan lumikuorman ominaisarvo [kN/m <sup>2</sup> ] |
| $C_e$   | on tuulensuojaisuuskerroin                                    |
| $C_t$   | on lämpökerroin (jonka arvo tavallisesti on 1,0).             |

Kaava 1. Lumikuorman laskentakaava (RIL ry 2017, 100).

Lumikuorman muotokerroin riippuu katon kaltevuudesta, jolloin lunta ei estetä liukumasta. Tuulensuojaisuuskerroin riippuu maasto-olosuhteista ja lämpökerroin kattorakenteen eristyksestä. Jos kattorakennetta on eristetty vähän tai ei ollenkaan, lämpökerrointa on mahdollista pienentää. (RIL ry 2017, 101.)

Ilmanvaihtokonehuoneen sijainti toisessa kerroksessa rakennuksen keskellä aiheuttaa lumen kinostumista konehuoneen ulkoseinän edustalle kattoristikoiden yläpuolella olevalle vesikatolle. Täten kattoristikoille on laskettava lisälumen aiheuttama kuorma

$$\mu_2 = \mu_s + \mu_w ,$$

missä

- $\mu_s$  on ylemmältä katolta liukuvan lumen aiheuttaman lumikuorman muotokerroin
- $\mu_w$  on tuulesta johtuvan lumikuorman muotokerroin.

Kaava 2. Lisälumikuorman laskentakaava (RIL ry 2017, 104).

Lisäkuormaa voi aiheuttaa sekä lumen liukuminen ylemmältä katolta että tuulesta johtuvan lumen kinostuminen. Ilmanvaihtokonehuoneen katto on niin loiva, että liukumisesta johtuvan lumikuorman muotokerrointa ei ole tarpeen ottaa huomioon mitoituksessa. Tuulesta johtuvan lumikuorman muotokerroin laskettiin kaavalla

$$\mu_w = \frac{b_1 + b_2}{2h} \leq \frac{\gamma h}{s_k},$$

missä

- $h$  on kattojen tasoero
- $b_1$  ja  $b_2$  on rakennuksen osien pituus
- $\gamma$  on lumen tilavuuspaino, jolle tässä laskennassa voidaan käyttää arvoa 2 kN/m<sup>3</sup>
- $s_k$  on ominaislumikuorma maassa [kN/m<sup>2</sup>].

Kaava 3. Tuulesta johtuvan lumikuorma muotokertoimen laskentakaava (RIL ry 2017, 105).

Koska alempi katto on kalteva ja kattojen tasoero vaihteli, lisälumikuorma laskettiin sekä alemman katon ylimmästä että alimmasta räystäskorosta (liite 2).

## Tuulikuorma

Tuulikuormat ovat dynaamisia kuormia, sillä ne vaihtelevat ajan mukana. Tuuli aiheuttaa painetta rakennusten ulkopintoihin sekä sisäpintoihin, mikäli rakenteessa on avoimia ja tuulelle alttiita kohtia, ja siten rakenteisiin syntyy taivutusta. Tuulikuorman laskeminen on verrattain työlästä, mutta mahdollisia laskentatapoja on kaksi: kokonaistuulivoiman laskenta voimakertoimen tai kokonaistuulikuorman määrittäminen pintapaineiden avulla (RIL ry 2017, 140, 143). Tässä työssä tuulikuorma laskettiin voimakertoimella, ja rakennus ajateltiin kokonaisuudessaan suorakaiteen malliseksi laskemisen yksinkertaistamiseksi (liite 3).

Ravintolarakennus sijaitsee noin 20 kilometrin päässä Perämeren rannalta asutusalueen ja peltoalueen rajalla. Maastoluokaksi rakennukselle valittiin maastoluokka 2. Maastoluokalla ja sen valinnalla viitataan siihen, kuinka tuulen voimakkuus vaihtelee rakennusta ympäröivässä maastossa sen rosoisuuden mukaan. Lisäksi on tiedettävä, sijaitseeko rakennus tasaisessa maastossa vai jonkin korkean kallion tai mäen vierellä, sillä mäki tai harjanne aiheuttaa tuulen nopeuspaineeseen lisäyksen. (RIL ry 2017, 131, 133.) Tässä tapauksessa rakennus sijaitsee tasaisella maalla.

Rakennus on pitkä, mutta matala, joten kokonaistuulivoima pysyy samana maan pinnassa ja korkeimmassa räystääskorossa, joka on noin 12 metriä. Kokonaistuulivoima voimakertoimella lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$F_w = c_s c_d c_f q_p(h) A_{ref} ,$$

missä

|           |   |
|-----------|---|
| $F_w$     | on kokonaistuulivoima [kN]  |
| $c_s c_d$ | on rakennekerroin   |
| $c_f$     | on voimakerroin   |
| $q_p(h)$  | on maaston pinnan muodon mukaan modifioitu nopeuspaine, joka määritetään rakennuksen harjan korkeudella eli $z = h$ |
| $A_{ref}$ | on tuulikuorman vaikutusala, missä $b$ on rakennuksen leveys ”tuulen näkemänä”                                      |

Kaava 4. Kokonaistuulikuorman laskentakaava painekertoimella (RIL ry 2017, 140).

Rakennekertoimen tekijöissä  $c_s$  ja  $c_d$  huomioidaan rakennuksen koon ja mittasuhteiden vaikutuskerroin sekä tuulen puuskien dynaamiset vaikutukset (RIL ry 2017, 145). Lopputuloksena saatiin pitkälle ja lyhyelle sivulle eri kokonaisvoimat, mutta ristikon ja rakennuksen muiden kantavien rakenteiden mitoituksessa käytetään suurempaa saatua arvoa (liite 3).

### 5.3.3 Kuormayhdistelyt

Murtorajatilan ja käyttörajatilan kuormayhdistelyssä yhdistetään edellä käsitellyt kuormat, jotta saadaan laskettua kattoristikolle mitoittavin tilanne ja jotta ristikolle voidaan valita sopivat rakenneputket.

Murtorajatilan kuormayhdistely laskettiin sarjan B mukaan, ja kaavat ovat seuraavat:

$$1,15K_{FI} \left. \vphantom{1,15K_{FI}} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \gamma_P P + 1,5K_{FI} Q_{k,1} + 1,5K_{FI} \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i} ,$$

kuitenkin vähintään

$$1,35K_{FI} \left. \vphantom{1,35K_{FI}} \right\} \sum_{j \geq 1} G_{k,j} .$$

Kaava 5. Murtorajatilan kuormayhdistelyn laskentakaava (RIL ry 2017, 40).

Käyttörajatilan kuormayhdistelyssä käytettiin ominaisyhdistelmää

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \Psi_{0,i} Q_{k,i} ,$$

missä

|            |  |
|------------|--|
| $K_{FI}$   | on seuraamusluokan kuormakerroin                               |
| $P$        | on esijännitysvoiman ominaisarvo                               |
| $\gamma_P$ | on osavarmuuskerroin esijännitykselle                          |
| $Q_{k,1}$  | on määräävän muuttuvan kuorman ominaisarvo                     |
| $\Psi$     | on yhdistelykerroin kansallisen liitteen taulukon 1 mukaisesti |
| $Q_{k,j}$  | on muiden muuttuvien kuormien ominaisarvo.                     |

Kaava 6. Käyttörajatilan kuormayhdistelyn laskentakaava (RIL ry 2017, 40).

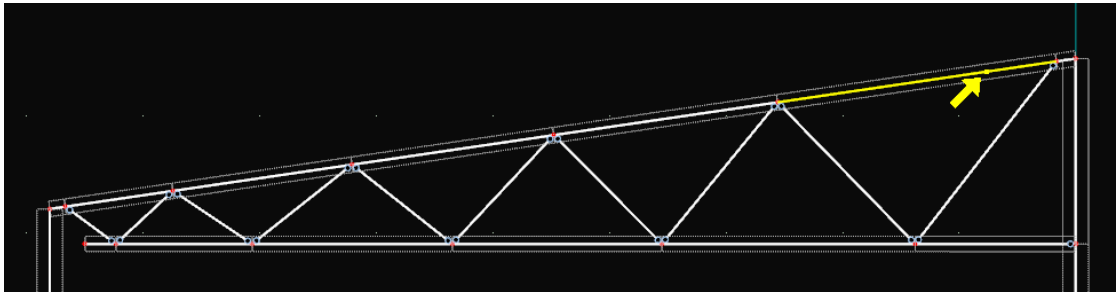
Näistä mitoittavaksi muodostui murtorajatilan ensimmäistä laskentakaavaa käyttämällä tilanne, jolloin lumi on määräävänä muuttuvana kuormana. Ensin ristikon rakenneputkien profiili valittiin, minkä jälkeen laskettiin kuormitusyhdistelyt Dlubal RFEM -ohjelmalla. Tämän jälkeen profiilit optimoitiin manuaalisesti iteroimalla ja lopulta rakenteiden kestävyys tarkastettiin ja raportoitiin (liite 5).

Taulukossa esitetään esimerkki yläpaarten sauvasta 16 ja sen käyttöasteen tarkastelusta.

Taulukko 3. Yläpaarten käyttöasteen tarkastelu Dlubal RFEM -ohjelmalla.

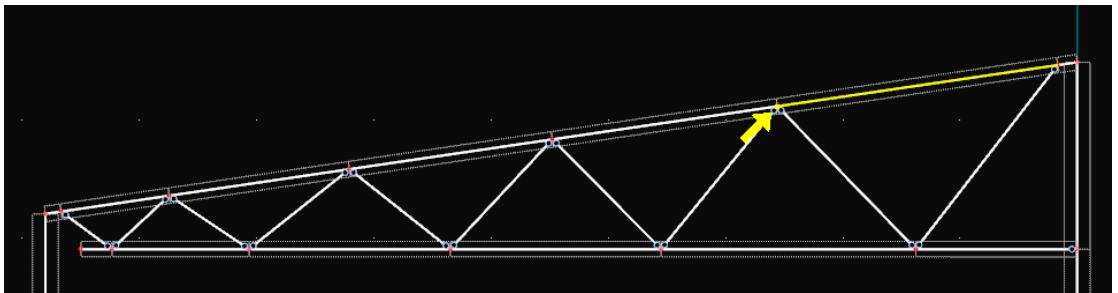
| 16 | SHS 120x120x8   Ruukki - Yläpaare |     |  |      |     |   |  |
|----|-----------------------------------|-----|--|------|-----|---|--|
| 1  | 0.168                             | CO2 |  | 0.02 | ≤ 1 | CS101) Cross-section check - Tension acc. to 6.2.3                            |  |
| 7  | 0.000                             | CO2 |  | 0.28 | ≤ 1 | CS102) Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4                        |  |
| 1  | 0.168                             | CO2 |  | 0.40 | ≤ 1 | CS121) Cross-section check - Shear force in z-axis acc. to 6.2.6              |  |
| 1  | 0.000                             | CO2 |  | 0.00 | ≤ 1 | CS126) Cross-section check - Shear buckling acc. to 6.2.6(6)                  |  |
| 11 | 1.813                             | CO2 |  | 0.62 | ≤ 1 | CS181) Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1   |  |
| 11 | 0.000                             | CO2 |  | 0.78 | ≤ 1 | ST364) Stability analysis - Bending and compression acc. to 6.3.3, Method 2   |  |
| 11 | 1.209                             | CO4 |  | 0.50 | ≤ 1 | SE401) Serviceability - Combination of actions 'Characteristic' - z-direction |  |

Ohjelman laskennan mukaan poikkileikkaus 120 × 120 × 8 kestää taipuman sekä leikkaus- ja normaalivoiman käyttöasteella 62 % (kuva 7).



Kuva 7. Yläpaarten tarkastelupiste.

Kuitenkin paarten stabiiliteetin kannalta taipuma ja puristus oli mitoittava ensimmäisessä liitoskohdassa eli solmussa kaksi, ja käyttöaste nousi 78 prosenttiin (kuva 8).

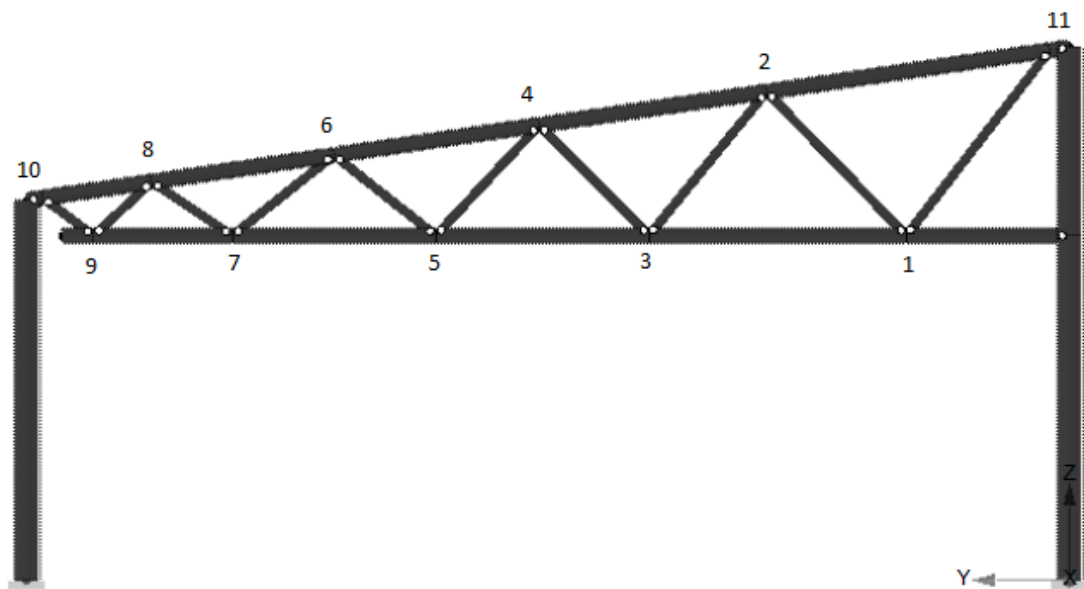


Kuva 8. Liitoksen tarkastelupiste.

Yläpaarre olisi kestänyt samassa solmussa myös profiililla 120 × 120 × 7,1, jolloin käyttöaste olisi ollut 86 %. Tämä profiili ei ole kuitenkaan yleinen ristikkoprofiilikoko, ja se olisi pitänyt tilata erikseen. Toimitus olisi kestänyt pidempään eikä ohuemman profiilin valinnalla olisi saavutettu taloudellista etua. Toisaalta ohuemmalla profiililla käyttöaste olisi noussut korkeaksi, minkä takia paksumpi profiili oli parempi valinta.

### 5.3.4 Liitokset

Ristikon kaikki liitokset mitoitettiin siten, että ristikko on mahdollista valmistaa konepajalla. Liitokset tehtiin vapaavälisiksi K-liitoksiksi, jolloin liitoksiin kohdistuvista voimista syntyy taivutusta paarteeseen. Uumasauvojen keskilinjat kohtaavat paarteen keskilinjän ulommalla puolella eikä tarkalleen paarteen keskilinjän kohdalla, jolloin syntyy epäkeskeisyyttä. Uumasauvojen väliin jäävä tila piti mitoittaa myös tarkasti, jotta hitsaukset onnistuvat. Jotta ristikko toimii suunnitellusti, jokainen liitos pitää mitoittaa erikseen. Liitosten solmupisteet on numeroitu alla olevaan kuvaan.



Kuva 9. Teräspulpettiristikon liitosten solmupisteet ja niiden numerointi.

Liitokset on mitoitettu SKOL-pohjaisella Excel-taulukkolaskennalla, ja liitteisiin on koottu jokaisen ristikon liitoksen mitoituslaskut. Suurimmat voimat osuivat solmuun kaksi. Ristikon ylä- ja alapaarteille sekä uumasauvoille oli valittu jo aiemmin alustavat koot. Paarteisiin ja uumasauvoihin kohdistuvat voimat laskettiin Dlubal RFEMillä, ja nyt paarteiden ja uumasauvojen kestävyksiä tarkastellaan liitoskohdissa.

Liitoksessa on monta erilaista tekijää, jotka voivat aiheuttaa liitoksen murtumisen. Nämä kaikki tekijät pitää ottaa huomioon mitoituksessa ja niitä tarkastellaan seuraavaksi. Tarkastellaan lähemmin solmupistettä kaksi ja analysoidaan liitoksen toimivuus.

Ensiksi rakenneputkien koot ja tiedot syötetään laskentapohjaan. Kenttiin syötetään liitoksen uumasauvojen pituudet, kulmat paarteeseen nähden sekä uumasauvojen vapaa

väli, jolloin laskentapohja huomioi epäkeskeisyyden ja vapaan välin toimivuuden. Laskentapohja laskee automaattisesti rakenneputkien ominaisuuksista riippuvat ehdot ja kestävyudet.

Seuraavaksi ohjelma tarkastaa hitsausliitosten pätevyysrajat, jotka on esitetty eurokoodissa SFS-ENV 1993-1-1 sekä CIDECT:n oppaassa, ja vapaavälisten N- ja K-liitosten lisäraajat.

Tämän jälkeen liitos varsinaisesti mitoitetaan. Laskentapohjaan syötetään RFEM-ohjelmasta saadut voimat eli paarteen liitoskohdan puristus- tai vetovoima, momentti sekä leikkausvoima. Uumien veto- ja puristusvoimat kirjataan myös. Laskennassa on mahdollista huomioida, mikäli momentti on jakautunut paarteeseen epätasaisesti. Tässä tapauksessa näin ei ole, joten momentti jakautuu tasaisesti paarteeseen solmukohdan molemmin puolin.

Laskentapohja laskee näillä tiedoilla paarteen reunajännityksen liitosalueella, paarteen pinnan murtumisen, paarteen leikkautumisen, uumasauvan murtumisen ja lävistysleikkautumisen. Jos maksimikäyttöaste ylittyy, liitoksen laskenta-arvoja pitää muuttaa.

Kaikille liitoksille tehtiin sama tarkastelu. Uumasauvat olivat kaikissa liitoksissa joko vedettyjä tai puristettuja, mutta liitoksessa kuusi molemmat diagonaalit olivat puristettuja (liite 12). Tulos johtuu ristikon kiinnityksistä pilareihin, mutta koska tämä liitos ei ole mitoitettavien, liitosta ei tarvitse ottaa lähempään tarkasteluun.

## 6 LOPUKSI

Oli mielenkiintoista mitoittaa teräspulpettiristikko oikeaan rakennettavaan kohteeseen. Epäsymmetrisen ristikon suunnitteleminen ja liitosten laskeminen oli verrattain aikaa vievää, mutta oppimisprosessina se oli erinomainen. Muita rakennesuunnittelijoita oli mahdollista konsultoida mitoitusta tehdessä, mikä helpotti työn etenemistä. Teoriaosuuden kirjoittaminen syvensi omaa tietoa jo aiemmin opitusta, ja koska nyt oli mahdollista yhdistää opittu tieto käytäntöön, ymmärrys teräsristikon ja -ristikoiden mitoittamiseen laajeni.

Työn alussa määritelty tavoite saavutettiin, ja teräspulpettiristikko ja sen liitokset saatiin suunniteltua siten, että ristikko kestää vaaditut kuormat ja se on mahdollista valmistaa konepajalla. Ristikosta tehdään myöhemmin työpiirustukset konepajaa varten. Työn valmistuminen ja tavoitteen saavuttaminen edistävät hankkeen rakennesuunnittelua, sillä ristikon mitoittaminen on tämän hankkeen rakennesuunnittelun yksi isoimmista osista.

Ristikon suunnittelussa oli jonkin verran kriteereitä, joita oli noudatettava. Ristikon matalampaan päätyyn ei jäänyt paljoa korkeutta, mikä hankaloitti suunnittelua jonkin verran. Ristikosta olisi saattanut tulla liian jäykkä, jos pääty olisi jäänyt liian matalaksi. Tämän vuoksi päädyttiin kiinnittämään ristikon kolme paarteen päätä nivelellisesti pilariin ja jättämään alapaarteen toinen pää irti pilarista.

Ristikko laskettiin kaikkien euronormien mukaisesti osavarmuuslukukertoimilla, joten laskennan tulosta voidaan pitää luotettavana. Mukana konsultoimassa on ollut myös Swecon muita rakennesuunnittelijoita, jolta on voinut kysyä neuvoa.

Kokonaisuutena tämä tutkimus lisäsi ymmärrystä teräsristikon käyttäytymisestä ja mitoituksista. Tämän lisäksi rakenneteräs materiaalina ja mitoituksessa käytettävät euronormit tulivat aiempaa tutummaksi.



## LÄHTEET

SFS-EN 1990 + A1 + AC. Eurokoodi. Rakenteiden suunnitteluperusteet. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

SFS-EN 1991-1-1 + AC. Eurokoodi 1. Rakenteiden kuormat. Osa 1-1: Yleiset kuormat, tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

Ympäristöministeriön asetus rakennusten paloturvallisuudesta 12.12.2017/848. Annettu Helsingissä 12.12.2017. Saatavilla [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto\\_ja\\_rakentaminen/Lainsaadanto\\_ja\\_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Paloturvallisuus](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma/Paloturvallisuus)

Vandell, I. 2015. Urheiluhallien palotekninen suunnittelu. Opinnäytetyö. Rakennustekniikka. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu. Viitattu 1.12.2018  
[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/103388/vandell\\_iiro.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/103388/vandell_iiro.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Kolkka J. 2013. Kulmatukimuurin geotekninen mitoitus eurokoodin mukaan. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Viitattu 1.12.2018  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/53791/Kolkka\\_Jari.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/53791/Kolkka_Jari.pdf?sequence=1)

Kerstinen T. 2016. Rakennesuunnittelun lähtötiedot. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Lappeenranta: Saimaan ammattikorkeakoulu. Viitattu 1.12.2018  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/112619/Kerstinen\\_Topias.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/112619/Kerstinen_Topias.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Pietiläinen J. 2014. Teräksisen HI-harjapalkin ja putkistikon mitoitus ja kustannusvertailu. Opinnäytetyö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu.

Ongelin, P. & Valkonen, I. 2016. SSAB Domex Tube rakenneputket. EN 1993 – käsikirja. Keuruu: SSAB Europe Oy.

Teräsrakenneyhdistys ry. 2010. Teräsrakenteiden suunnittelu. 2001. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry.

Teräsrakenneyhdistys ry. 2014. Eurocode 3 -oppikirja. Teräsrakenteiden suunnittelu ja mitoitus. Helsinki: Teräsrakenneyhdistys ry.

Salmenaho, T. 2015. Automaattisen pysäköintilaitoksen rungon mitoitus. Diplomityö. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Viitattu 1.12.2018

Suomen Hitsausteknillinen Yhdistys ry. 2011. Hitsaustekniikka. Viitattu 1.12.2018  
[https://www.shy-hitsaus.net/portals/shy/iBooklet/2011/ht\\_3\\_11/files/assets/basic-html/page1.html](https://www.shy-hitsaus.net/portals/shy/iBooklet/2011/ht_3_11/files/assets/basic-html/page1.html)

EN 1991-1-1. Eurokoodi 1. Yleiset kuormat, tilavuuspainot, oma paino ja rakennusten hyötykuormat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

EN 1991-1-2. Eurokoodi 1. Palolle altistettujen rakenteiden rasitukset. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

EN 1991-1-3. Eurokoodi 1. Lumikuormat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

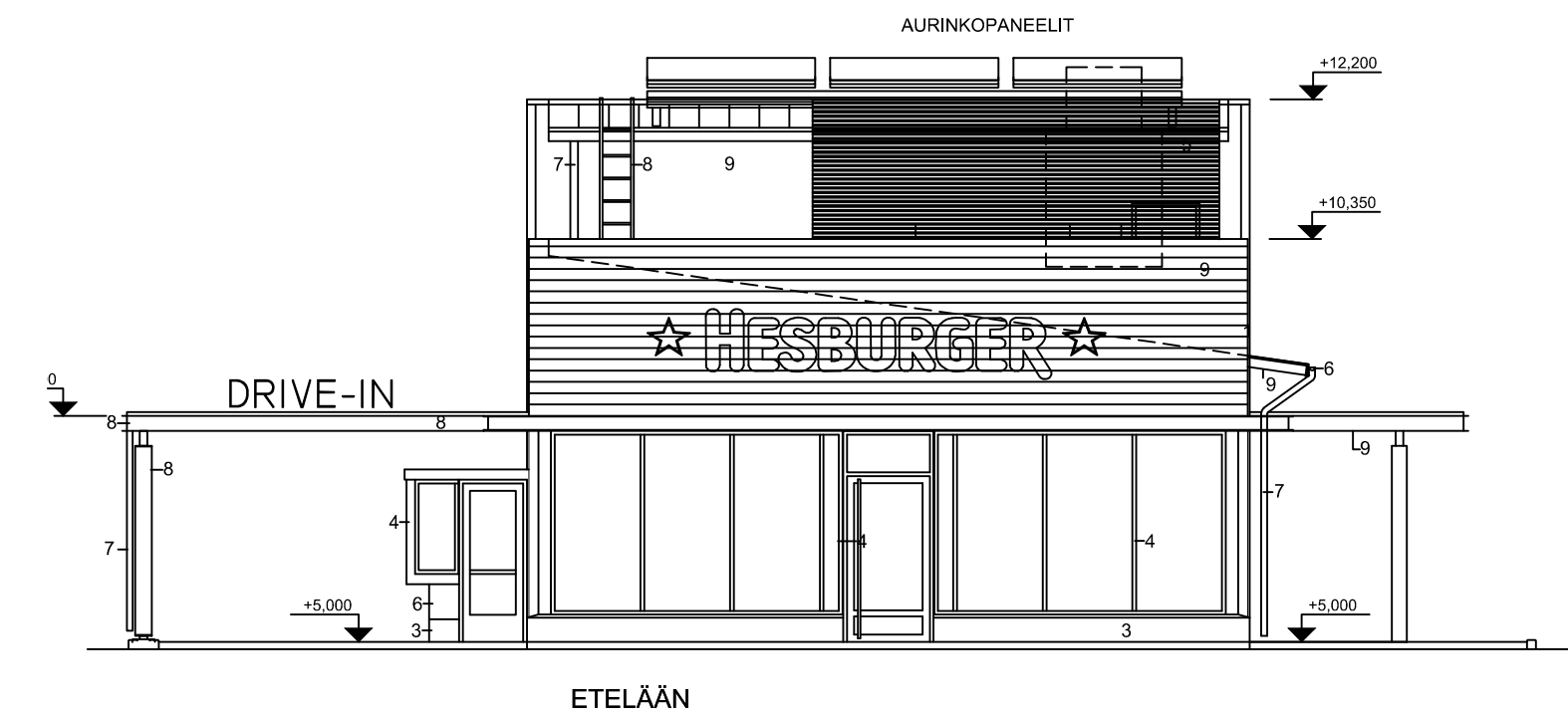
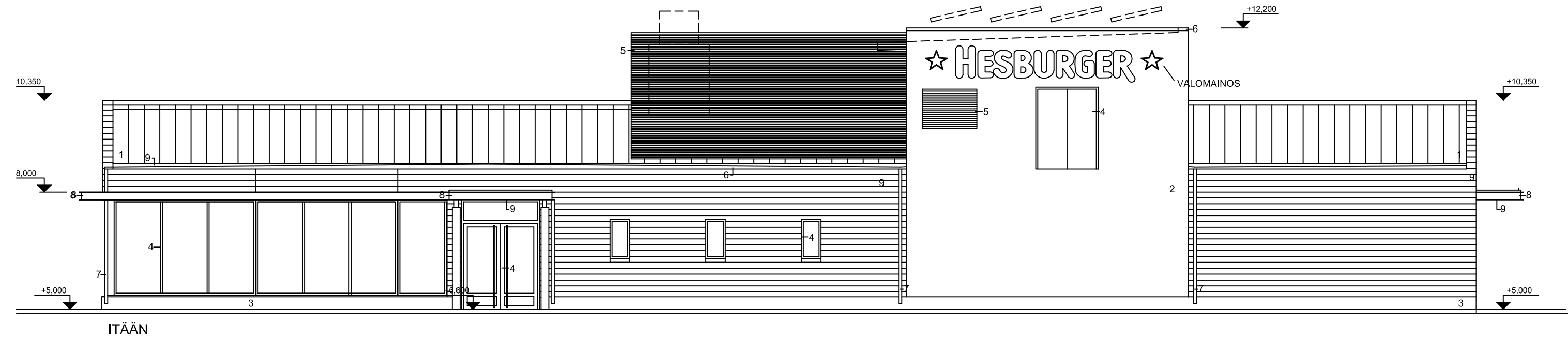
EN 1991-1-4. Eurokoodi 1. Tuulikuormat. Helsinki: Suomen standardoimisliitto.

RIL 201-1-2017. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodi. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.

RIL 201-2-2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Eurokoodi. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.

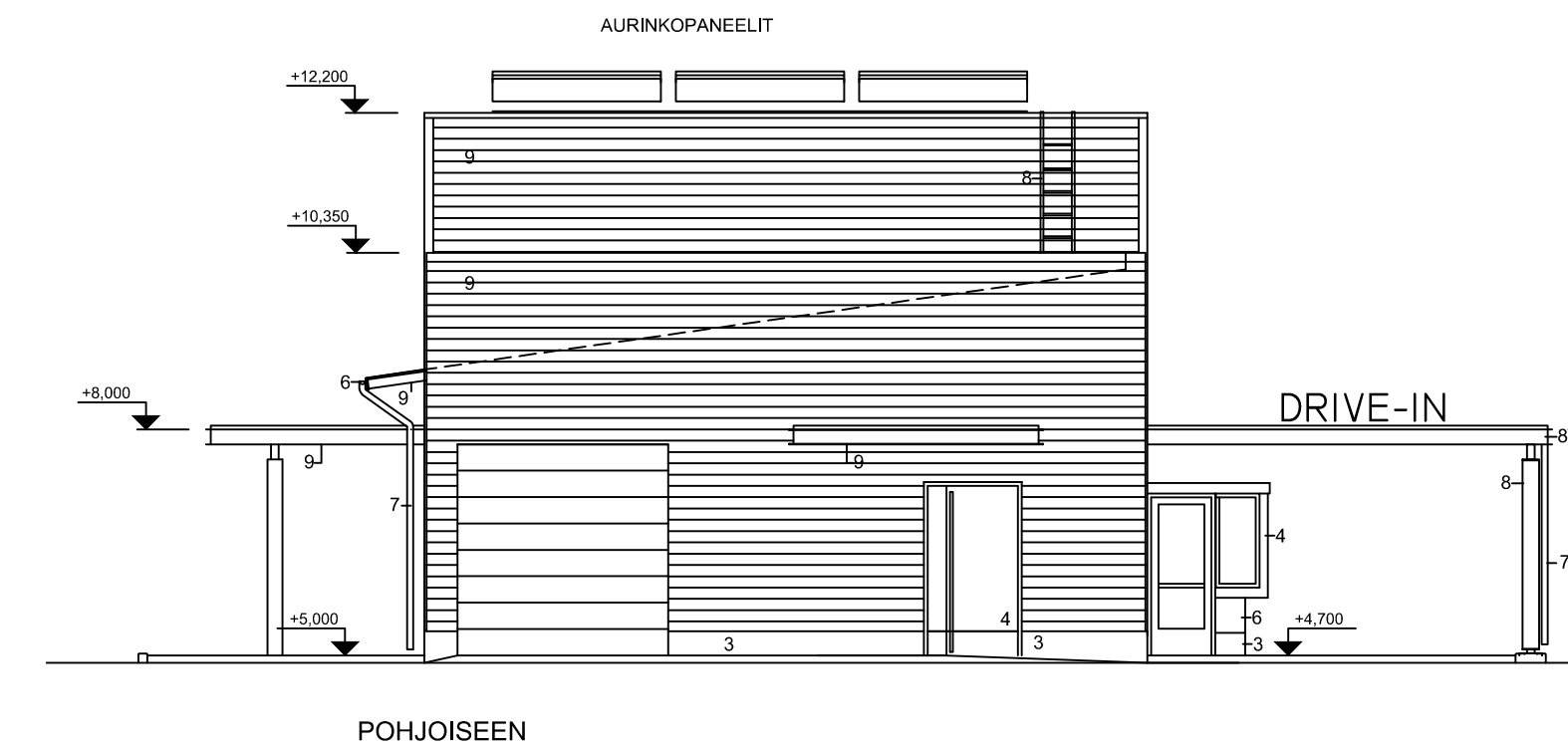
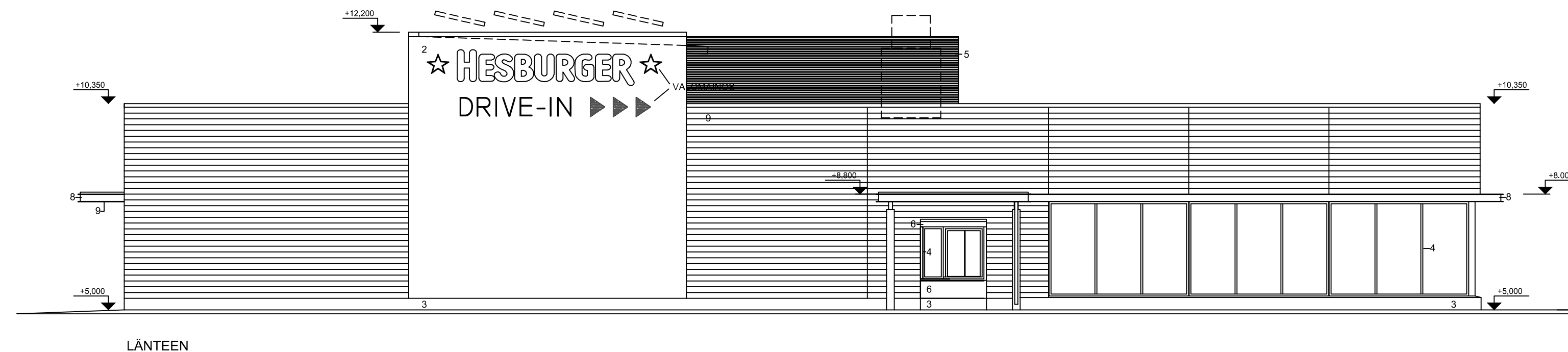
RIL 201-3-2013. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. Vesirakenteet. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien Liitto.

Liite 1. Julkisivukuvat



JULKISIVUMATERIAALIT JA VÄRIT

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
| 1. Konesaumattu peltikate grafiinharmaa         | 2. Rappaus hierretty valkoinen                | 3. Sokkeli, betoni harmaa                   | 4. Ikkunat ja ovet alumiini tummanharmaa RAL 7024 |
| 5. Sälekkö alumiini tummanharmaa RAL 7024       | 6. Ränkä, reuspellit pelti tummanharmaa RR 23 | 7. Syöksytorvet muovipinoitettu pelti RR 23 | 8. Teräs tummanharmaa RAL 7024                    |
| 9. Puu, kuultokäsittely Pinotex classic Redwood |   |   |   |



|   |                      |                    |                                  |                   |           |
|---|----------------------|--------------------|----------------------------------|-------------------|-----------|
| K.O.SA / KYLA                                       | KORTTELI / TILA      | TONTTI / RNO       | PIIRUSTUSLAI                     | PAIVAYS / PIRTAIA | JUOKS. NO |
|   | 201                  | 1                  | PÄÄPIIRUSTUS                     | 15.10.2018        | 4 / 6     |
| RAKENNUSOIMENPIDE                                   | PIIRUSTUKSEN SISÄLTÖ |                    |                                  | MITTAKAAVA        |           |
| UUDISRAKENNUS                                       | JULKISIVUT           |                    |                                  | 1:100             |           |
| RAKENNUSKOHTIEN NIMI JA OSOITE                      | PÄÄSUUNNITTELIJA     |                    | RAKENNUSSUUNNITTELIJA            |                   |           |
| KOY LIMINGAN BURGER<br>YRITYSTIE 1<br>91900 LIMINKA |                      |                    |                                  |                   |           |
| TYÖN NO<br>55865                                    | CAD NO<br>JUL        | PIIR. NO<br>ARK 04 | OSSI JUNNIKU, ARK SAFA<br>MUUTOS |                   |           |

# Liite 2. Lumikuorman laskeminen

Lumi- ja lisälumikuorma  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

10/2018

## Pidempi sivu, alalape

$$s_k := 2.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Ominaislumikuorma Limingassa

$$\mu_1 := 0.8$$

Kattokulma

$$C_e := 1$$

Tuulensuojaisuuskerroin

$$C_t := 1$$

Lämpökerroin

$$q_{k.lumi} := s_k \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

## Lisälumi:

$$\mu_s := 0$$

Ylemmältä katolta liukuvan lumikuorman muotokerroin

$$h := 3 \text{ m}$$

Kattojen välinen korkeusero

$$l_s := 2 \cdot h = 6 \text{ m}$$

$2 \text{ m} < l_s < 6 \text{ m}$

$$b_1 := 7.2 \text{ m}$$

Viereisen rakennuksen leveys

$$b_2 := 20.6 \text{ m}$$

Matalamman rakennuksen leveys

$$\gamma := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Lumen tilavuuspaino, vakio

$$\mu_w := \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot h} = 4.633 \quad \text{eli} \quad \mu_w := 2.5$$

Tuulesta johtuvan lumikuorman muotokerroin

$$\frac{\gamma \cdot h}{s_k} = 2.449 \quad \text{eli} \quad \mu_w := 2.449$$

Ehtolauseke

$$\mu_2 := \mu_s + \mu_w = 2.449$$

Lumikuorman muotokerroin

$$q_{k.lisälumi} := s_k \cdot \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t = 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

## Pidempi sivu, yläläpe

$$s_k := 2.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\mu_1 := 0.8$$

$$C_e := 1$$

$$C_t := 1$$

$$q_{k,\text{lumi}} := s_k \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Ominaislumikuorma Limingassa

Kattokulma

Tuulensuojaiskerroin

Lämpökerroin

## Lisälumi:

Ylemmältä katolta liukuvan lumikuorman muotokerroin

$$h := 1.4 \text{ m}$$

Kattojen välinen korkeusero

$$l_s := 2 \cdot h = 2.8 \text{ m}$$

$2 \text{ m} < l_s < 6 \text{ m}$

$$b_1 := 7.2 \text{ m}$$

Viereisen rakennuksen leveys

$$b_2 := 20.6 \text{ m}$$

Matalamman rakennuksen leveys

$$\gamma := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Lumen tilavuuspaino, vakio

$$\mu_w := \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot h} = 9.929 \quad \text{eli} \quad \mu_w := 2.5$$

Tuulesta johtuvan lumikuorman muotokerroin

$$\frac{\gamma \cdot h}{s_k} = 1.143 \quad \text{eli} \quad \mu_w := 1.143$$

Ehtolauseke

$$\mu_2 := \mu_s + \mu_w = 1.143$$

Lumikuorman muotokerroin

$$q_{k,\text{lisälumi}} := s_k \cdot \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t = 2.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

### Lyhyempi sivu, alalape

$$s_k := 2.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$\mu_1 := 0.8$$

$$C_e := 1$$

$$C_t := 1$$

$$q_{k,\text{lumi}} := s_k \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Ominaislumikuorma Limingassa

Kattokulma

Tuulensuojaiskerroin

Lämpökerroin

### Lisälumi:

$$\mu_s := 0$$

Ylemmältä katolta liukuvan lumikuorman muotokerroin

$$h := 3 \text{ m}$$

Kattojen välinen korkeusero

$$l_s := 2 \cdot h = 6 \text{ m}$$

$2 \text{ m} < l_s < 6 \text{ m}$

$$b_1 := 7.2 \text{ m}$$

Viereisen rakennuksen leveys

$$b_2 := 7.4 \text{ m}$$

Matalamman rakennuksen leveys

$$\gamma := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Lumen tilavuuspaino, vakio

$$\mu_w := \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot h} = 2.433 \quad \text{eli} \quad \mu_w := 2.433 \quad \text{Tuulesta johtuvan lumikuorman muotokerroin}$$

$$\frac{\gamma \cdot h}{s_k} = 2.449 \quad \text{eli} \quad \mu_w := 2.433 \quad \text{Ehtolauseke}$$

$$\mu_2 := \mu_s + \mu_w = 2.433 \quad \text{Lumikuorman muotokerroin}$$

$$q_{k,\text{lisälumi}} := s_k \cdot \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t = 6 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

### Lyhyempi sivu, ylälape

$$s_k := 2.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Ominaislumikuorma Limingassa

$$\mu_1 := 0.8$$

Kattokulma

$$C_e := 1$$

Tuulensuojaisuuskerroin

$$C_t := 1$$

Lämpökerroin

$$q_{k,\text{lumi}} := s_k \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Lisälumi:

$$\mu_s := 0$$

Ylemmältä katolta liukuvan lumikuorman muotokerroin

$$h := 1.4 \text{ m}$$

Kattojen välinen korkeusero

$$l_s := 2 \cdot h = 2.8 \text{ m}$$

$2 \text{ m} < l_s < 6 \text{ m}$

$$b_1 := 7.2 \text{ m}$$

Viereisen rakennuksen leveys

$$b_2 := 7.4 \text{ m}$$

Matalamman rakennuksen leveys

$$\gamma := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Lumen tilavuuspaino, vakio

$$\mu_w := \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot h} = 5.214 \quad \text{eli} \quad \mu_w := 2.5$$

Tuulesta johtuvan lumikuorman muotokerroin

$$\frac{\gamma \cdot h}{s_k} = 1.143 \quad \text{eli} \quad \mu_w := 1.143$$

Ehtolauseke

$$\mu_2 := \mu_s + \mu_w = 1.143$$

Lumikuorman muotokerroin

$$q_{k,\text{lisälumi}} := s_k \cdot \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t = 2.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Drive-in-katos

$$s_k := 2.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Ominaislumikuorma Limingassa

$$\mu_1 := 0.8$$

Kattokulma

$$C_e := 1$$

Tuulensuojaiskerroin

$$C_t := 1$$

Lämpökerroin

$$q_{k,lumi} := s_k \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Lisälumi:

$$\mu_s := 0$$

Ylemmältä katolta liukuvan lumikuorman muotokerroin

$$h := 2.35 \text{ m}$$

Kattojen välinen korkeusero

$$l_s := 2 \cdot h = 4.7 \text{ m}$$

2 m < l<sub>s</sub> < 6 m

$$b_1 := 9.5 \text{ m}$$

Viereisen rakennuksen leveys

$$b_2 := 5.2 \text{ m}$$

Matalamman rakennuksen leveys

$$\gamma := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Lumen tilavuuspaino, vakio

$$\mu_w := \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot h} = 3.128 \quad \text{eli} \quad \mu_w := 2.5 \quad \text{Tuulesta johtuvan lumikuorman muotokerroin}$$

$$\frac{\gamma \cdot h}{s_k} = 1.918 \quad \text{eli} \quad \mu_w := 1.918 \quad \text{Ehtolauseke}$$

$$\mu_2 := \mu_s + \mu_w = 1.918$$

Lumikuorman muotokerroin

$$q_{k,lisälumi} := s_k \cdot \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t = 4.7 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Pieni katos

$$s_k := 2.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Ominaislumikuorma Limingassa

$$\mu_1 := 0.8$$

Kattokulma

$$C_e := 1$$

Tuulensuojaiskerroin



$$C_t := 1$$

Lämpökerroin

$$q_{k,\text{lumi}} := s_k \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Lisälumi:

$$\mu_s := 0$$

Ylemmältä katolta liukuvan lumikuorman muotokerroin

$$h := 0.8 \text{ m}$$

Kattojen välinen korkeusero

$$l_s := 2 \cdot h = 1.6 \text{ m}$$

$2 \text{ m} < l_s < 6 \text{ m}$

$$b_1 := 9.5 \text{ m}$$

Viereisen rakennuksen leveys

$$b_2 := 2.9 \text{ m}$$

Matalamman rakennuksen leveys

$$\gamma := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Lumen tilavuuspaino, vakio

$$\mu_w := \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot h} = 7.75 \quad \text{eli} \quad \mu_w := 2.5 \quad \text{Tuulesta johtuvan lumikuorman muotokerroin}$$

$$\frac{\gamma \cdot h}{s_k} = 0.653 \quad \text{eli} \quad \mu_w := 0.8 \quad \text{Ehtolauseke}$$

$$\mu_2 := \mu_s + \mu_w = 0.8$$

Lumikuorman muotokerroin

$$q_{k,\text{lisälumi}} := s_k \cdot \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Etuhuoneen katos

$$s_k := 2.45 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Ominaislumikuorma Limingassa

$$\mu_1 := 0.8$$

Kattokulma

$$C_e := 1$$

Tuulensuojaiskerroin

$$C_t := 1$$

Lämpökerroin

$$q_{k,\text{lumi}} := s_k \cdot \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t = 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Lisälumi:

$$\mu_s := 0$$

Ylemmältä katolta liukuvan lumikuorman muotokerroin

$$h := 2.4 \text{ m}$$

Kattojen välinen korkeusero

$$l_s := 2 \cdot h = 4.8 \text{ m}$$

$2 \text{ m} < l_s < 6 \text{ m}$

$$b_1 := 35.2 \text{ m}$$

Viereisen rakennuksen leveys

$$b_2 := 1.2 \text{ m}$$

Matalamman rakennuksen leveys

$$\gamma := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Lumen tilavuuspaino, vakio

$$\mu_w := \frac{(b_1 + b_2)}{2 \cdot h} = 7.583$$

eli

$$\mu_w := 2.5$$

Tuulesta johtuvan lumikuorman muotokerroin

$$\frac{\gamma \cdot h}{s_k} = 1.959$$

eli

$$\mu_w := 1.959$$

Ehtolauseke

$$\mu_2 := \mu_s + \mu_w = 1.959$$

Lumikuorman muotokerroin

$$q_{k,\text{lisälumi}} := s_k \cdot \mu_2 \cdot C_e \cdot C_t = 4.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

# Liite 3. Lumikuorman laskeminen

Hesburger - Yritystie 1, Liminka

11/2018

Tuulikuorma (voimakertoimilla); RIL 201-1-2017, s.129-163

- Sijainti: Liminka
- Esikaupunki-/Peltoalue
- Ei mäen päällä
- Runko terästä ja betoniharkkoa
- Rakennus ajateltu suorakaiteen mallisena, h-mitta on rakennuksen korkeimpaan kohtaan (IV-konehuone) --> varmalla puolella

Tuuli pitkälle sivulle:

$$h < b$$

$$h := 8 \text{ m}$$

$$b_{\text{pitkä}} := 36 \text{ m}$$

$$q_p(h) := q_p(8 \text{ m})$$

$q_{p0}$  = puuskanopeuden ominaisarvo

$q_p$  = mäkisyys huomioidaan, tässä  $\phi := 0$

$q_p := q_{p0}$ , koska rakennus sijaitsee tasaisella maalla

--> RIL 201-1-2017 s. 149

Tuuli lyhyelle sivulle:

$$h < b$$

$$h := 8 \text{ m}$$

$$b_{\text{lyhyt}} := 10 \text{ m}$$

$$q_p(h) := q_p(8 \text{ m})$$

$q_{p0}$  = puuskanopeuden ominaisarvo

$q_p$  = mäkisyys huomioidaan, tässä  $\phi := 0$

$q_p := q_{p0}$  , koska rakennus sijaitsee tasaisella maalla

Kokonaistuulikuorma pitkälle sivulle:

$$F_w := C_s C_d \cdot C_f \cdot q_p(h) \cdot A_{ref}$$

$F_w$  Kokonaistuulivoima

$C_s C_d$  Rakennekerroin (luku 6, kuva 5.3S)

$C_f$  Voimakerroin (kuva 5.2S)

$q_p(h)$  Maaston pinnan mukaan modifioitu nopeuspaine, joka määritetään rakennuksen harjan korkeudella eli  $z=h$  (kaava 4.1S ja kuva 4.5S/taul. 4.2S)

$A_{ref}$  Tuulikuorman vaikutusala ( $A_{ref}=b \cdot h$ ), missä  $b$  on rakennuksen leveys "tuulen näkemänä"

$$q_p(h) := q_p(8 \text{ m})$$

$q_p(h) := 0.61 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$  Puuskanopeuden ominaisarvo, s. 137

$C_s C_d := 0.8625$  Käytetään joko 1.0 tai kuvasta 5.3S saatua arvoa, tässä teräsrunko

Lasketaan  $c_f$ :

$\lambda := 2 \cdot \frac{h}{b}$  , kun  $h < 15 \text{ m}$  Tehollinen hoikkuus, s. 140

$$\lambda := 2 \cdot \frac{h}{b_{pitkä}} = 0.444$$

$$d := b_{lyhyt} = 10 \text{ m}$$

$$b := b_{pitkä} = 36 \text{ m}$$

$$\frac{d}{b} = 0.278 \quad \text{Sivusuhte}$$

Kuvasta 5.2S saadaan voimakerroin  $\lambda$  ja sivusuhteen avulla:

$$C_f := 1.3$$

$$A_{\text{ref}} := b_{\text{pitkä}} \cdot h = 288 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{w.kesk}} := c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(h) \cdot A_{\text{ref}} = 196.981 \text{ kN} \quad \text{Seinän pintakeskiöön}$$

$$F_w := c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(h) = 0.684 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Kokonaistuuli lyhyelle sivulle:

$$q_p(h) = 0.61 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Puuskanopeuden ominaisarvo, s. 137 (tässä sama kuin ed.)

$$c_s c_d = 0.863$$

Käytetään joko 1.0 tai kuvasta 5.3S saatua arvoa (tässä sama kuin ed.)

Lasketaan  $c_f$ :

$$\lambda := 2 \cdot \frac{h}{b}, \text{ kun } h < 15 \text{ m}$$

Tehollinen hoikkuus, s. 140

$$\lambda := 2 \cdot \frac{h}{b_{\text{lyhyt}}} = 1.6$$

$$d := b_{\text{pitkä}} = 36 \text{ m}$$

$$b := b_{\text{lyhyt}} = 10 \text{ m}$$

$$\frac{d}{b} = 3.6$$

Sivusuhte

Kuvasta 5.2S saadaan voimakerroin  $\lambda$  ja sivusuhteen avulla:

$$c_f := 0.8$$

$$A_{\text{ref}} := b_{\text{lyhyt}} \cdot h = 80 \text{ m}^2$$

$$F_{\text{w.kesk}} := c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(h) \cdot A_{\text{ref}} = 33.672 \text{ kN}$$

$$F_w := c_s c_d \cdot c_f \cdot q_p(h) = 0.421 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

Mitoitetaan  $0,7 \text{ kN/m}^2$

# Liite 4. Ristikon alustava mitoitus

Hesburger, Yritystie 1, Liminka  
Teräs: S355J2H

SSAB - Rakenneputket, käsikirja 2016

Ristikot (lisälumen alla lähempänä IV-konehuonetta):

Lähtötiedot:

$h := 1 \text{ m}$  Ristikon keskeltä

Ristikon korkeus:  $L/10 \dots L/15$   
-> käytetään  $L/12$

$L := 9.3 \text{ m}$

$k := 3 \text{ m}$

$h_{\text{ristikko}} := \frac{L}{12} = 0.775 \text{ m}$  Tasakorkea

Kuormat:

$h_{\text{ristikko}} := 1 \text{ m}$  Ristikon keskeltä

$$g_{k,\text{ristikko}} := 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_{k,\text{yp}} := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$g_{k,\text{ripustus}} := 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{k,\text{lumi}} := 6.1 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{\text{Ed}} := 1.15 \cdot g_{k,\text{ristikko}} + k \cdot (1.15 \cdot (g_{k,\text{yp}} + g_{k,\text{ripustus}}) + 1.5 \cdot q_{k,\text{lumi}}) = 35.5 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{\text{Ed}} := \frac{p_{\text{Ed}} \cdot L^2}{8} = 383.799 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{\text{Ed}} := \frac{p_{\text{Ed}} \cdot L}{2} = 165.075 \text{ kN}$$

Alustavat sauvakoot olettamalla ristikko palkiksi (Rakenneputket käsikirja, liite 11):

Paarteet:

$$N_0 := \frac{M_{\text{Ed}}}{h} = 383.799 \text{ kN}$$

Paarrevoima

Alapaarre (vedetty),  $L_{cr}=0$  m: 80x80x4

-> tarkistetaan muut sauvat, jotta tiedetään, miten pystytään tekemään liitokset

Yläpaarre (puristettu),  $L_{cr}=2,5$  m: 110x110x5 (Nb,Rd: 492,3 kN) tai 120x120x4 (Nb,Rd: 468,9 kN)

Yläpaarteeksi riittäisi näiden laskujen perusteella yllä olevat rakenneputket, kun yläpaarteiden nurjahduspituus on 2,5 m.

Uuma:

$$V_0 := \sqrt{2} \cdot V_{Ed} = 233.451 \text{ kN}$$

Uumasauvojen max. leikkausvoima

Uumasauva: 100x100x7,1 (Vpl,Rd: 252,6 kN)

-> Alapaarteiden koko pitää olla uumasauvaa suurempi

-> Paarteiden kokoa pitää kasvattaa

Ristikot (normaalin lumikuorman alla):

Lähtötiedot:

$h := 1$  m Ristikon keskeltä

Ristikon korkeus:  $L/10 \dots L/15$   
-> käytetään  $L/12$

$L := 9.3$  m

$k := 4$  m

$$h_{ristikko} := \frac{L}{12} = 0.775 \text{ m}$$

Kuormat:

$h_{ristikko} := 1$  m Ristikon keskeltä

$$g_{k,ristikko} := 1 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_{k,yp} := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$g_{k,ripustus} := 0 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$q_{k,lumi} := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}$$

$$p_{Ed} := 1.15 \cdot g_{k,ristikko} + k \cdot (1.15 \cdot (g_{k,yp} + g_{k,ripustus}) + 1.5 \cdot q_{k,lumi}) = 22.35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$M_{Ed} := \frac{p_{Ed} \cdot L^2}{8} = 241.631 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

$$V_{Ed} := \frac{p_{Ed} \cdot L}{2} = 103.928 \text{ kN}$$

Alustavat sauvakoot olettamalla ristikko palkiksi (Rakenneputket käsikirja, liite 11):

Paarteet:

$$N_0 := \frac{M_{Ed}}{h} = 241.631 \text{ kN}$$

Paarrevoima

Alapaarre (vedetty): 60x60x4 (Nb,Rd: 303,5 kN)

Yläpaarre (puristettu), Lcr=2,5 m: 80x80x6 (Nb,Rd: 289,7 kN)

Uuma:

$$V_0 := \sqrt{2} \cdot V_{Ed} = 146.976 \text{ kN}$$

Uumasauvojen max. leikkausvoima

Uumasauva: 80x80x6 (Vpl,Rd: 172,5 kN)

Tässäkin tapauksessa paarteita pitäisi kasvattaa, jotta uumasauva saadaan hitsattua kiinni.



# Liite 5. Ristikon mitoitus Dlubal RFEM -ohjelmalla



**Sweco Rakennetekniikka Oy**  
Ilmalanportti 2, 00240 HELSINKI

Page: 1/46  
Sheet: 1

**MODEL**

Project: Model: Teräsristikko Date: 5.12.2018

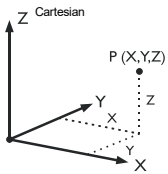
## MODEL - GENERAL DATA

|         |   |   |
|---------|---|---|
| General | Model name  | : Teräsristikko   |
|         | Type of model   | : 3D  |
| Options | Positive direction of global axis Z   | : Upward  |
|         | Classification of load cases and combinations   | : According to Standard: EN 1990<br>National Annex: SFS - Finland |
|         | <input type="checkbox"/> RF-FORM-FINDING - Find initial equilibrium shapes of membrane and cable structures |   |
|         | <input type="checkbox"/> RF-CUTTING-PATTERN   |   |
|         | <input type="checkbox"/> Piping analysis  |   |
|         | <input type="checkbox"/> Use CQC Rule   |   |
|         | <input type="checkbox"/> Enable CAD/BIM model   |   |
|         | Standard Gravity g  | : 10.00 m/s <sup>2</sup>  |

## FE MESH SETTINGS

|          |   |            |  |
|----------|---|------------|--|
| General  | Target length of finite elements  | $l_{FE}$   | : 0.500 m  |
|          | Maximum distance between a node and a line to integrate it into the line                                      | $\epsilon$ | : 0.001 m  |
|          | Maximum number of mesh nodes (in thousands)   |            | : 500  |
| Members  | Number of divisions of members with cable, elastic foundation, taper, or plastic characteristic               |            | : 10   |
|          | <input checked="" type="checkbox"/> Activate member divisions for large deformation or post-critical analysis |            |  |
|          | <input checked="" type="checkbox"/> Use division for members with node lying on them                          |            |  |
| Surfaces | Maximum ratio of FE rectangle diagonals   | $\Delta_D$ | : 1.800  |
|          | Maximum out-of-plane inclination of two finite elements   | $\alpha$   | : 0.50 °   |
|          | Shape direction of finite elements  |            | : Triangles and quadrangles<br><input checked="" type="checkbox"/> Same squares where possible |

## 1.1 NODES



| Node No. | Node Type | Reference Node | Coordinate System | Node Coordinates |       |       | Comment |
|----------|-----------|----------------|-------------------|------------------|-------|-------|---------|
|          |           |                |                   | X [m]            | Y [m] | Z [m] |         |
| 1        | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 8.666 | 3.223 |         |
| 2        | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 8.234 | 2.905 |         |
| 3        | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 0.000 | 4.491 |         |
| 4        | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 8.800 | 3.204 |         |
| 5        | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 0.000 | 2.905 |         |
| 6        | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 8.666 | 3.223 |         |
| 7        | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 8.234 | 2.905 |         |
| 8        | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 7.744 | 3.358 |         |
| 9        | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 8.500 | 2.905 |         |
| 10       | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 6.207 | 3.583 |         |
| 11       | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 8.234 | 2.905 |         |
| 12       | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 4.477 | 3.836 |         |
| 13       | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 8.800 | 0.000 |         |
| 14       | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 0.000 | 0.000 |         |
| 15       | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 2.557 | 4.117 |         |
| 17       | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 0.166 | 4.467 |         |
| 18       | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 7.064 | 2.905 |         |
| 19       | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 5.348 | 2.905 |         |
| 20       | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 3.550 | 2.905 |         |
| 21       | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 1.378 | 2.905 |         |
| 22       | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 7.744 | 3.358 |         |
| 23       | Standard  | -              | Cartesian         | 0.000            | 2.557 | 4.117 |         |

## 1.2 LINES

| Line No. | Line Type | Nodes No. | Line Length L [m] |    | Comment |
|----------|-----------|-----------|-------------------|----|---------|
| 1        | Polyline  | 4,6       | 0.135             | YZ |         |
| 2        | Polyline  | 5,21      | 1.378             | Y  |         |
| 3        | Polyline  | 17,3      | 0.168             | YZ |         |
| 4        | Polyline  | 5,3       | 1.587             | Z  |         |
| 5        | Polyline  | 6,11      | 0.537             | YZ |         |
| 6        | Polyline  | 6,8       | 0.932             | YZ |         |
| 7        | Polyline  | 11,9      | 0.266             | Y  |         |
| 8        | Polyline  | 11,8      | 0.667             | YZ |         |
| 9        | Polyline  | 8,10      | 1.553             | YZ |         |
| 10       | Polyline  | 8,18      | 0.817             | YZ |         |
| 11       | Polyline  | 18,11     | 1.170             | Y  |         |
| 12       | Polyline  | 18,10     | 1.092             | YZ |         |
| 13       | Polyline  | 10,12     | 1.749             | YZ |         |
| 14       | Polyline  | 10,19     | 1.095             | YZ |         |
| 15       | Polyline  | 19,18     | 1.716             | Y  |         |
| 16       | Polyline  | 19,12     | 1.275             | YZ |         |
| 17       | Polyline  | 12,15     | 1.940             | YZ |         |
| 18       | Polyline  | 12,20     | 1.314             | YZ |         |
| 19       | Polyline  | 13,4      | 3.204             | Z  |         |
| 20       | Polyline  | 20,19     | 1.798             | Y  |         |
| 21       | Polyline  | 20,15     | 1.566             | YZ |         |



Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

1.2 LINES

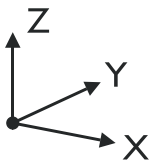
| Line No. | Line Type | Nodes No. | Line Length L [m] |    | Comment |
|----------|-----------|-----------|-------------------|----|---------|
| 22       | Polyline  | 15,21     | 1.691             | YZ |         |
| 23       | Polyline  | 14,5      | 2.905             | Z  |         |
| 24       | Polyline  | 15,17     | 2.417             | YZ |         |
| 25       | Polyline  | 21,17     | 1.977             | YZ |         |
| 26       | Polyline  | 21,20     | 2.172             | Y  |         |

1.3 MATERIALS

| Matl. No. | Modulus E [kN/cm <sup>2</sup> ] | Modulus G [kN/cm <sup>2</sup> ] | Poisson's Ratio ν [-] | Spec. Weight γ [kN/m <sup>3</sup> ] | Coeff. of Th. Exp. α [1/°C] | Partial Factor γ <sub>M</sub> [-] | Material Model           |
|-----------|---------------------------------|---------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|
| 1         | Steel S 355 J2 G3<br>21000.00   | EN 10025:1994-03<br>8076.92     | 0.300                 | 78.50                               | 1.20E-05                    | 1.10                              | Isotropic Linear Elastic |
|           | S355J2G3                        |                                 |                       |                                     |                             |                                   |                          |

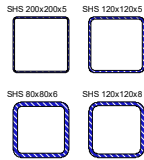
1.7 NODAL SUPPORTS

| Support No. | Nodes No. | Axis System  | Column in Z              | u <sub>x</sub>                      | u <sub>y</sub>                      | u <sub>z</sub>                      | φ <sub>x</sub>                      | φ <sub>y</sub>                      | φ <sub>z</sub>                      |
|-------------|-----------|--------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 3           | 13,14     | Global X,Y,Z | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |



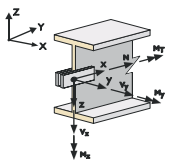
1.13 CROSS-SECTIONS

| Section No. | Matl. No.                   | J [cm <sup>4</sup> ]<br>A [cm <sup>2</sup> ] | I <sub>y</sub> [cm <sup>4</sup> ]<br>A <sub>y</sub> [cm <sup>2</sup> ] | I <sub>z</sub> [cm <sup>4</sup> ]<br>A <sub>z</sub> [cm <sup>2</sup> ] | Principal Axes α [°] | Rotation α' [°] | Overall Dimensions [mm]<br>Width b   Height h |
|-------------|-----------------------------|--|--|--|----------------------|-----------------|---|
| 13          | SHS 200x200x5   Ruukki<br>1 | 3763.30<br>38.36                             | 2410.09<br>16.36   | 2410.09<br>16.36   | 0.00                 | 0.00            | 200.0   200.0                                 |
| 14          | SHS 120x120x5   Ruukki<br>1 | 778.50<br>22.36                              | 485.47<br>9.69   | 485.47<br>9.69   | 0.00                 | 0.00            | 120.0   120.0                                 |
| 15          | SHS 80x80x6   Ruukki<br>1   | 252.07<br>16.83                              | 149.18<br>7.54   | 149.18<br>7.54   | 0.00                 | 0.00            | 80.0   80.0                                   |
| 16          | SHS 120x120x8   Ruukki<br>1 | 1162.95<br>33.64                             | 676.88<br>15.21  | 676.88<br>15.21  | 0.00                 | 0.00            | 120.0   120.0                                 |



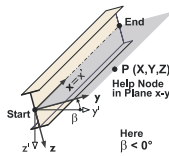
1.14 MEMBER HINGES

| Release No. | Reference System | Axial/Shear Release or Spring[kN/m] |                          |                          | Moment Release or Spring[kNm/rad]   |                                     |                                     | Comment |
|-------------|------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|---------|
|             |                  | u <sub>x</sub>                      | u <sub>y</sub>           | u <sub>z</sub>           | φ <sub>x</sub>                      | φ <sub>y</sub>                      | φ <sub>z</sub>                      |         |
| 1           | Local x,y,z      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            |         |
| 2           | Local x,y,z      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/>            |         |
| 3           | Local x,y,z      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |         |
| 4           | Local x,y,z      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |         |
| 7           | Local x,y,z      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |         |
| 8           | Local x,y,z      | <input type="checkbox"/>            | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>            | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |         |



1.17 MEMBERS

| Mbr. No. | Line No. | Member | Rotation |       | Cross-Section |     | Hinge No. |     | Ecc. No. | Div. No. | Length L [m] |    |
|----------|----------|--------|----------|-------|---------------|-----|-----------|-----|----------|----------|--------------|----|
|          |          |        | Type     | β [°] | Start         | End | Start     | End |          |          |              |    |
| 1        | 3        | Beam   | Angle    | 0.00  | 16            | 16  | -         | 1   | -        | -        | 0.168        | YZ |
| 2        | 4        | Beam   | Angle    | 0.00  | 13            | 13  | -         | -   | -        | -        | 1.587        | Z  |
| 3        | 6        | Beam   | Angle    | 0.00  | 16            | 16  | -         | -   | -        | -        | 0.932        | YZ |
| 4        | 7        | Beam   | Angle    | 0.00  | 14            | 14  | -         | -   | -        | -        | 0.266        | Y  |
| 5        | 9        | Beam   | Angle    | 0.00  | 16            | 16  | -         | -   | -        | -        | 1.553        | YZ |
| 6        | 11       | Beam   | Angle    | 0.00  | 14            | 14  | -         | -   | -        | -        | 1.170        | Y  |
| 7        | 13       | Beam   | Angle    | 0.00  | 16            | 16  | -         | -   | -        | -        | 1.749        | YZ |
| 8        | 15       | Beam   | Angle    | 0.00  | 14            | 14  | -         | -   | -        | -        | 1.716        | Y  |
| 9        | 17       | Beam   | Angle    | 0.00  | 16            | 16  | -         | -   | -        | -        | 1.940        | YZ |
| 10       | 20       | Beam   | Angle    | 0.00  | 14            | 14  | -         | -   | -        | -        | 1.798        | Y  |
| 11       | 24       | Beam   | Angle    | 0.00  | 16            | 16  | -         | -   | -        | -        | 2.417        | YZ |
| 12       | 26       | Beam   | Angle    | 0.00  | 14            | 14  | -         | -   | -        | -        | 2.172        | Y  |
| 18       | 19       | Beam   | Angle    | 0.00  | 13            | 13  | -         | -   | -        | -        | 3.204        | Z  |
| 20       | 23       | Beam   | Angle    | 0.00  | 13            | 13  | -         | -   | -        | -        | 2.905        | Z  |
| 21       | 1        | Beam   | Angle    | 0.00  | 16            | 16  | 1         | -   | -        | -        | 0.135        | YZ |
| 22       | 2        | Beam   | Angle    | 0.00  | 14            | 14  | 1         | -   | -        | -        | 1.378        | Y  |
| 23       | 5        | Beam   | Angle    | 0.00  | 15            | 15  | 1         | 1   | -        | -        | 0.537        | YZ |
| 24       | 8        | Beam   | Angle    | 0.00  | 15            | 15  | 1         | 1   | -        | -        | 0.667        | YZ |
| 25       | 10       | Beam   | Angle    | 0.00  | 15            | 15  | 1         | 1   | -        | -        | 0.817        | YZ |
| 26       | 12       | Beam   | Angle    | 0.00  | 15            | 15  | 1         | 1   | -        | -        | 1.092        | YZ |
| 27       | 14       | Beam   | Angle    | 0.00  | 15            | 15  | 1         | 1   | -        | -        | 1.095        | YZ |
| 28       | 16       | Beam   | Angle    | 0.00  | 15            | 15  | 1         | 1   | -        | -        | 1.275        | YZ |
| 29       | 18       | Beam   | Angle    | 0.00  | 15            | 15  | 1         | 1   | -        | -        | 1.314        | YZ |
| 30       | 21       | Beam   | Angle    | 0.00  | 15            | 15  | 1         | 1   | -        | -        | 1.566        | YZ |
| 31       | 22       | Beam   | Angle    | 0.00  | 15            | 15  | 1         | 1   | -        | -        | 1.691        | YZ |
| 32       | 25       | Beam   | Angle    | 0.00  | 15            | 15  | 1         | 1   | -        | -        | 1.977        | YZ |





Project:

Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

## 1.21 SETS OF MEMBERS

| Set No. | Set of Members Description | Type           | Member No.      | Length [m] | Comment |
|---------|----------------------------|----------------|-----------------|------------|---------|
| 2       | Continuous Members 2       | Contin. member | 20,2            | 4.491      |         |
| 3       | Continuous Members 3       | Contin. member | 18              | 3.204      |         |
| 5       | Continuous Members 5       | Contin. member | 21,3,5,7,9,11,1 | 8.894      |         |
| 6       | Continuous Members 6       | Contin. member | 4,6,8,10,12,22  | 8.500      |         |



Project:

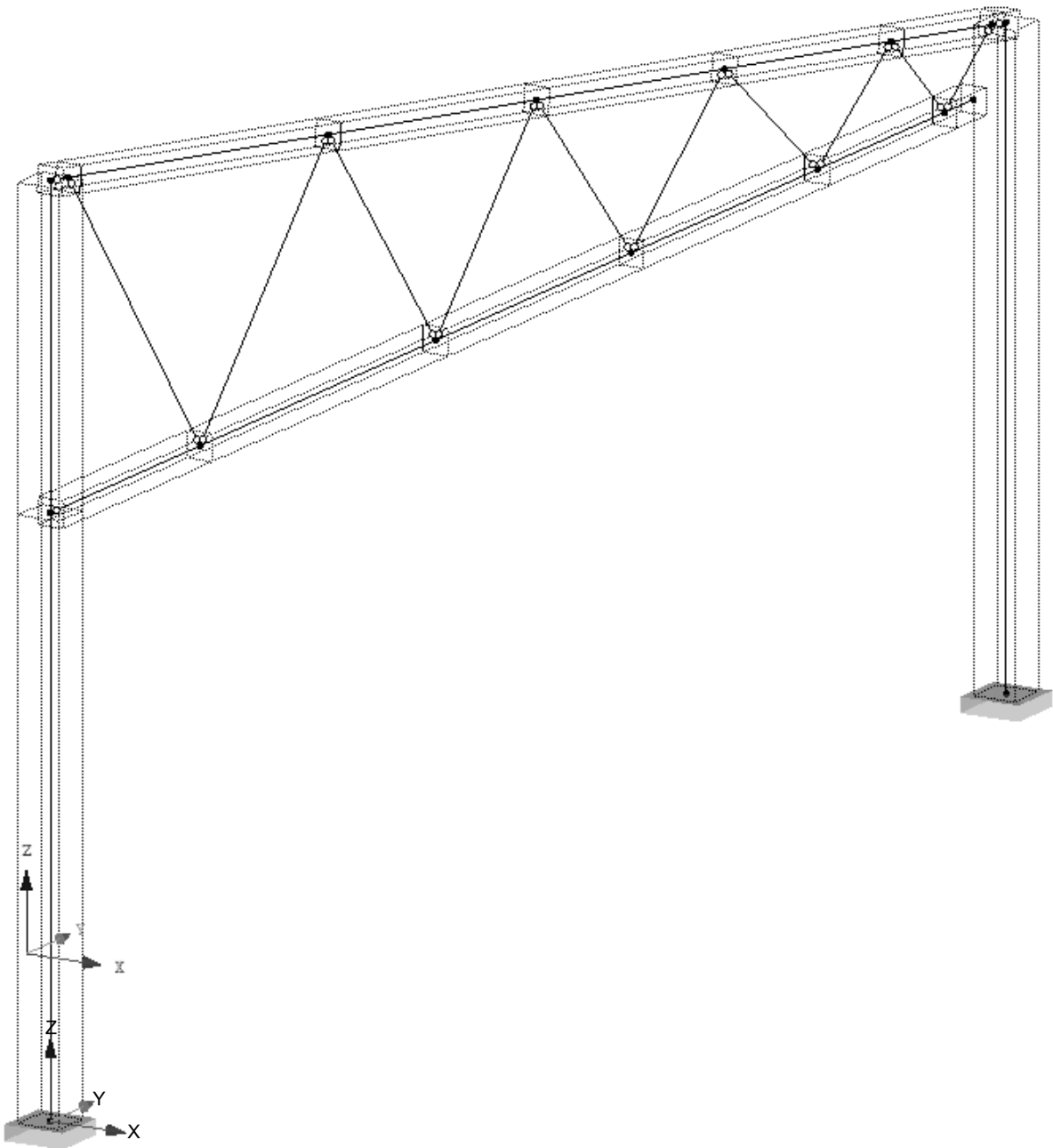
Model: Teräsristikko

Date:

5.12.2018

■ **MODEL**

Isometric





Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

## 2.1 LOAD CASES

| Load Case | Load Case Description  | EN 1990   SFS Action Category       | Active                              | Self-Weight - Factor in Direction |       |        |
|-----------|------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------|--------|
|           |                        |                                     |                                     | X                                 | Y     | Z      |
| LC3       | Gk (puukattoelementti) | Permanent                           | <input type="checkbox"/>            |                                   |       |        |
| LC4       | Qk (snow)              | Snow - s-k < 2.75 kN/m <sup>2</sup> | <input type="checkbox"/>            |                                   |       |        |
| LC5       | Qk (wind)              | Wind                                | <input type="checkbox"/>            |                                   |       |        |
| LC6       | Gravity (self weight)  | Permanent                           | <input checked="" type="checkbox"/> | 0.000                             | 0.000 | -1.000 |
| LC7       | Gk (veneeri)           | Permanent                           | <input type="checkbox"/>            |                                   |       |        |

### 2.1.1 LOAD CASES - CALCULATION PARAMETERS

| Load Case | Load Case Description  | Calculation Parameters  |  |
|-----------|------------------------|---|--|
| LC3       | Gk (puukattoelementti) | Method of analysis : <input checked="" type="radio"/> Geometrically linear analysis<br>Method for solving system of nonlinear algebraic equations : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson<br>Activate stiffness factors of: : <input checked="" type="checkbox"/> Cross-sections (factor for J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Members (factor for GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> ) |  |
| LC4       | Qk (snow)              | Method of analysis : <input checked="" type="radio"/> Geometrically linear analysis<br>Method for solving system of nonlinear algebraic equations : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson<br>Activate stiffness factors of: : <input checked="" type="checkbox"/> Cross-sections (factor for J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Members (factor for GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> ) |  |
| LC5       | Qk (wind)              | Method of analysis : <input checked="" type="radio"/> Geometrically linear analysis<br>Method for solving system of nonlinear algebraic equations : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson<br>Activate stiffness factors of: : <input checked="" type="checkbox"/> Cross-sections (factor for J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Members (factor for GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> ) |  |
| LC6       | Gravity (self weight)  | Method of analysis : <input checked="" type="radio"/> Geometrically linear analysis<br>Method for solving system of nonlinear algebraic equations : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson<br>Activate stiffness factors of: : <input checked="" type="checkbox"/> Cross-sections (factor for J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Members (factor for GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> ) |  |
| LC7       | Gk (veneeri)           | Method of analysis : <input checked="" type="radio"/> Geometrically linear analysis<br>Method for solving system of nonlinear algebraic equations : <input checked="" type="radio"/> Newton-Raphson<br>Activate stiffness factors of: : <input checked="" type="checkbox"/> Cross-sections (factor for J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Members (factor for GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> ) |  |

## 2.5 LOAD COMBINATIONS

| Load Combin. | DS   | Load Combination Description              | No. | Factor | Load Case |                        |
|--------------|------|---|-----|--------|-----------|------------------------|
|              |      |   |     |        |           |                        |
| CO1          | EQU  | ULS1_1,35*Gk                              | 1   | 1.35   | LC3       | Gk (puukattoelementti) |
|              |      |   | 2   | 1.35   | LC6       | Gravity (self weight)  |
|              |      |   | 3   | 1.35   | LC7       | Gk (veneeri)           |
| CO2          | EQU  | ULS2_1,15*Gk + 1,5*Qk,snow + 0,9* Qk,wind | 1   | 1.15   | LC3       | Gk (puukattoelementti) |
|              |      |   | 2   | 1.50   | LC4       | Qk (snow)              |
|              |      |   | 3   | 0.90   | LC5       | Qk (wind)              |
|              |      |   | 4   | 1.15   | LC6       | Gravity (self weight)  |
|              |      |   | 5   | 1.15   | LC7       | Gk (veneeri)           |
| CO3          | EQU  | ULS3_1,15*Gk + 1,5*Qk,wind + 1,05*Qk,snow | 1   | 1.15   | LC3       | Gk (puukattoelementti) |
|              |      |   | 2   | 1.05   | LC4       | Qk (snow)              |
|              |      |   | 3   | 1.50   | LC5       | Qk (wind)              |
|              |      |   | 4   | 1.15   | LC6       | Gravity (self weight)  |
|              |      |   | 5   | 1.15   | LC7       | Gk (veneeri)           |
| CO4          | S Ch | SLS1_1,0*Gk + 1,0*Qk,snow + 0,6*Qk,wind   | 1   | 1.00   | LC3       | Gk (puukattoelementti) |
|              |      |   | 2   | 1.00   | LC4       | Qk (snow)              |
|              |      |   | 3   | 0.60   | LC5       | Qk (wind)              |
|              |      |   | 4   | 1.00   | LC6       | Gravity (self weight)  |
|              |      |   | 5   | 1.00   | LC7       | Gk (veneeri)           |
| CO5          | S Ch | SLS2_1,0*Qk + 1,0*Qk,wind + 0,7*Qk,snow   | 1   | 1.35   | LC3       | Gk (puukattoelementti) |
|              |      |   | 2   | 0.70   | LC4       | Qk (snow)              |
|              |      |   | 3   | 1.50   | LC5       | Qk (wind)              |
|              |      |   | 4   | 1.35   | LC6       | Gravity (self weight)  |
|              |      |   | 5   | 1.35   | LC7       | Gk (veneeri)           |
| CO6          | ACC  | ULS1_1,0*Gk + 0,4*Qk,snow                 | 1   | 1.00   | LC3       | Gk (puukattoelementti) |
|              |      |   | 2   | 0.40   | LC4       | Qk (snow)              |
|              |      |   | 3   | 1.00   | LC6       | Gravity (self weight)  |
|              |      |   | 4   | 1.00   | LC7       | Gk (veneeri)           |

### 2.5.2 LOAD COMBINATIONS - CALCULATION PARAMETERS

| Load Combin. | Description                               | Calculation Parameters   |  |
|--------------|---|--|--|
| CO1          | ULS1_1,35*Gk                              | Method of analysis : <input checked="" type="radio"/> Second order analysis (P-Delta)<br>Method for solving system of nonlinear algebraic equations : <input checked="" type="radio"/> Picard<br>Options : <input checked="" type="checkbox"/> Consider favorable effects due to tension<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Refer internal forces to deformed system for:<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Normal forces N<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Shear forces V <sub>y</sub> and V <sub>z</sub><br>: <input checked="" type="checkbox"/> Moments M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> and M <sub>T</sub><br>Activate stiffness factors of: : <input checked="" type="checkbox"/> Materials (partial factor γ <sub>M</sub> )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Cross-sections (factor for J, I <sub>y</sub> , I <sub>z</sub> , A, A <sub>y</sub> , A <sub>z</sub> )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Members (factor for GJ, EI <sub>y</sub> , EI <sub>z</sub> , EA, GA <sub>y</sub> , GA <sub>z</sub> ) |  |
| CO2          | ULS2_1,15*Gk + 1,5*Qk,snow + 0,9* Qk,wind | Method of analysis : <input checked="" type="radio"/> Second order analysis (P-Delta)<br>Method for solving system of nonlinear algebraic equations : <input checked="" type="radio"/> Picard  |  |



Project: Model: Teräsristikko Date: 5.12.2018

### 2.5.2 LOAD COMBINATIONS - CALCULATION PARAMETERS

| Load Combin. | Description                               | Calculation Parameters  |
|--------------|---|---|
|              |   | Options : <input checked="" type="checkbox"/> Consider favorable effects due to tension<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Refer internal forces to deformed system for:<br><input checked="" type="checkbox"/> Normal forces N<br><input checked="" type="checkbox"/> Shear forces $V_y$ and $V_z$<br><input checked="" type="checkbox"/> Moments $M_y$ , $M_z$ and $M_T$<br>Activate stiffness factors of: : <input checked="" type="checkbox"/> Materials (partial factor $\gamma_M$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Cross-sections (factor for $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Members (factor for $GJ$ , $EI_y$ , $EI_z$ , $EA$ , $GA_y$ , $GA_z$ )  |
| CO3          | ULS3_1,15*Gk + 1,5*Qk,wind + 1,05*Qk,snow | Method of analysis : <input checked="" type="radio"/> Second order analysis (P-Delta)<br>Method for solving system of nonlinear algebraic equations : <input checked="" type="radio"/> Picard<br>Options : <input checked="" type="checkbox"/> Consider favorable effects due to tension<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Refer internal forces to deformed system for:<br><input checked="" type="checkbox"/> Normal forces N<br><input checked="" type="checkbox"/> Shear forces $V_y$ and $V_z$<br><input checked="" type="checkbox"/> Moments $M_y$ , $M_z$ and $M_T$<br>Activate stiffness factors of: : <input checked="" type="checkbox"/> Materials (partial factor $\gamma_M$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Cross-sections (factor for $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Members (factor for $GJ$ , $EI_y$ , $EI_z$ , $EA$ , $GA_y$ , $GA_z$ ) |
| CO4          | SLS1_1,0*Gk + 1,0*Qk,snow + 0,6*Qk,wind   | Method of analysis : <input checked="" type="radio"/> Second order analysis (P-Delta)<br>Method for solving system of nonlinear algebraic equations : <input checked="" type="radio"/> Picard<br>Options : <input checked="" type="checkbox"/> Consider favorable effects due to tension<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Refer internal forces to deformed system for:<br><input checked="" type="checkbox"/> Normal forces N<br><input checked="" type="checkbox"/> Shear forces $V_y$ and $V_z$<br><input checked="" type="checkbox"/> Moments $M_y$ , $M_z$ and $M_T$<br>Activate stiffness factors of: : <input checked="" type="checkbox"/> Materials (partial factor $\gamma_M$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Cross-sections (factor for $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Members (factor for $GJ$ , $EI_y$ , $EI_z$ , $EA$ , $GA_y$ , $GA_z$ ) |
| CO5          | SLS2_1,0*Qk + 1,0*Qk,wind + 0,7*Qk,snow   | Method of analysis : <input checked="" type="radio"/> Second order analysis (P-Delta)<br>Method for solving system of nonlinear algebraic equations : <input checked="" type="radio"/> Picard<br>Options : <input checked="" type="checkbox"/> Consider favorable effects due to tension<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Refer internal forces to deformed system for:<br><input checked="" type="checkbox"/> Normal forces N<br><input checked="" type="checkbox"/> Shear forces $V_y$ and $V_z$<br><input checked="" type="checkbox"/> Moments $M_y$ , $M_z$ and $M_T$<br>Activate stiffness factors of: : <input checked="" type="checkbox"/> Materials (partial factor $\gamma_M$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Cross-sections (factor for $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Members (factor for $GJ$ , $EI_y$ , $EI_z$ , $EA$ , $GA_y$ , $GA_z$ ) |
| CO6          | ULS1_1,0*Gk + 0,4*Qk,snow                 | Method of analysis : <input checked="" type="radio"/> Second order analysis (P-Delta)<br>Method for solving system of nonlinear algebraic equations : <input checked="" type="radio"/> Picard<br>Options : <input checked="" type="checkbox"/> Consider favorable effects due to tension<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Refer internal forces to deformed system for:<br><input checked="" type="checkbox"/> Normal forces N<br><input checked="" type="checkbox"/> Shear forces $V_y$ and $V_z$<br><input checked="" type="checkbox"/> Moments $M_y$ , $M_z$ and $M_T$<br>Activate stiffness factors of: : <input checked="" type="checkbox"/> Materials (partial factor $\gamma_M$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Cross-sections (factor for $J$ , $I_y$ , $I_z$ , $A$ , $A_y$ , $A_z$ )<br>: <input checked="" type="checkbox"/> Members (factor for $GJ$ , $EI_y$ , $EI_z$ , $EA$ , $GA_y$ , $GA_z$ ) |

LC3  
Gk (puukattoelementti)

### 3.2 MEMBER LOADS

LC3: Gk (puukattoelementti)

| No. | Reference to   | On Members No. | Load Type | Load Distribution | Load Direction | Reference Length | Load Parameters |        |      |
|-----|----------------|----------------|-----------|-------------------|----------------|------------------|-----------------|--------|------|
|     |                |                |           |                   |                |                  | Symbol          | Value  | Unit |
| 1   | Set of members | 5              | Force     | Uniform           | ZL             | True Length      | p               | -6.000 | kN/m |



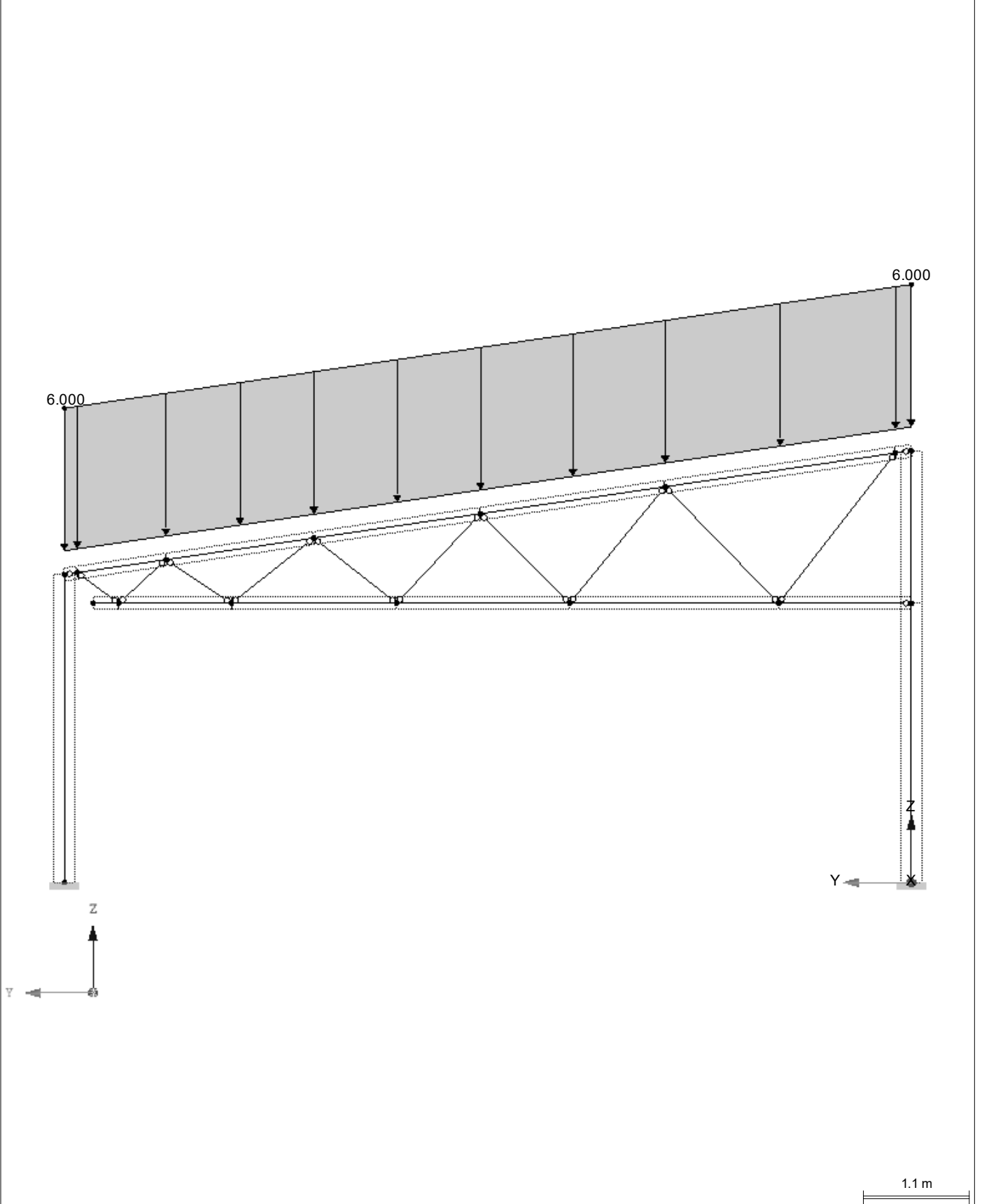
Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

■ LC3: GK (PUUKATTOELEMENTTI)

LC 3: Gk (puukattoelementti)  
Loads [kN/m]

In X-direction





Project: Model: Teräsristikko Date: 5.12.2018

LC4  
Qk (snow)

■ 3.2 MEMBER LOADS

LC4: Qk (snow)

| No. | Reference to   | On Members No. | Load Type | Load Distribution | Load Direction | Reference Length | Load Parameters |         |      | Over Tot. Length                    |
|-----|----------------|----------------|-----------|-------------------|----------------|------------------|-----------------|---------|------|-------------------------------------|
|     |                |                |           |                   |                |                  | Symbol          | Value   | Unit |                                     |
| 1   | Set of members | 5              | Force     | Trapezoidal       | ZL             | True Length      | p <sub>1</sub>  | -9.000  | kN/m | <input checked="" type="checkbox"/> |
|     |                |                |           |                   |                |                  | p <sub>2</sub>  | -19.000 | kN/m |                                     |





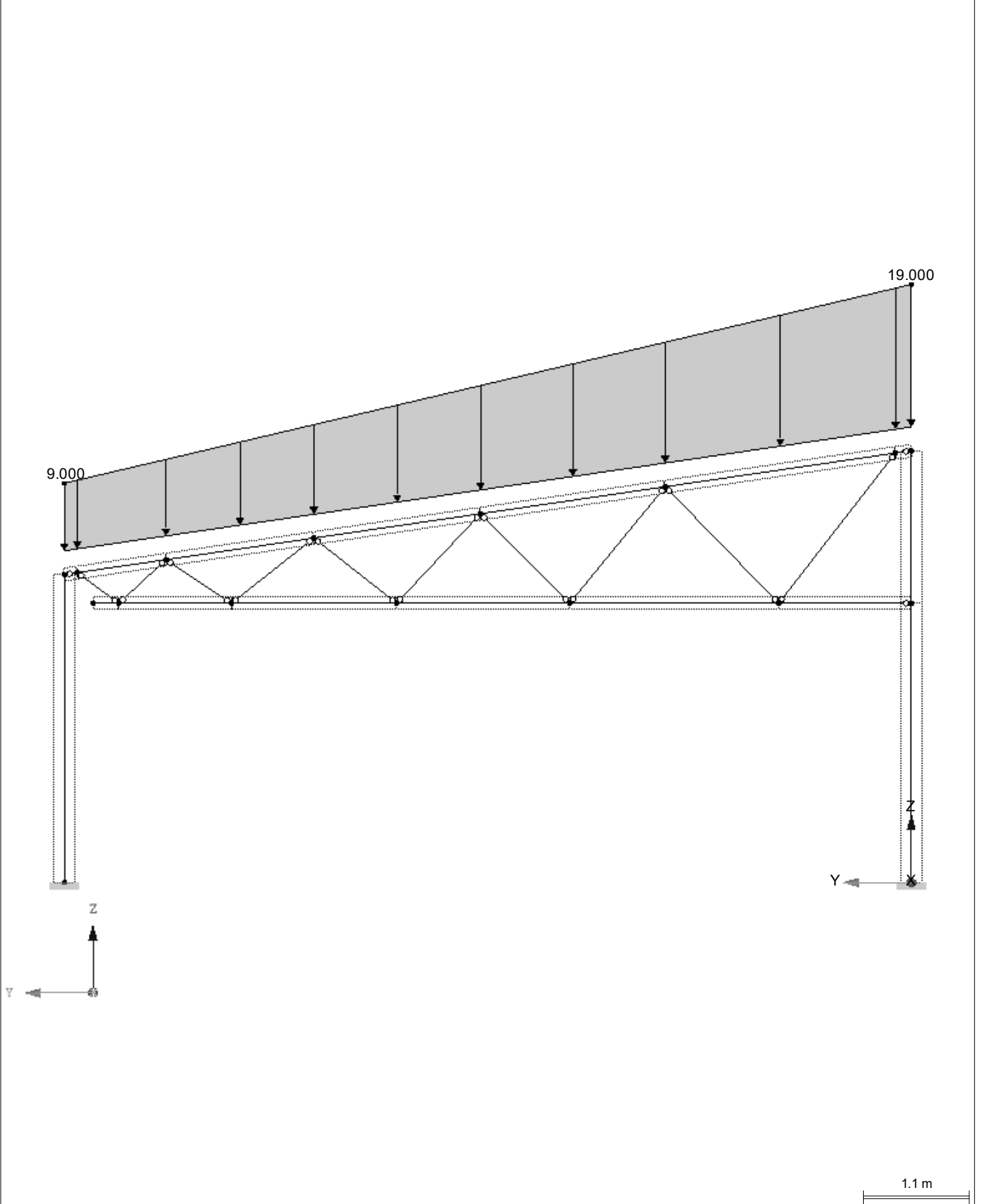
Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

■ LC4: QK (SNOW)

LC 4: Qk (snow)  
Loads [kN/m]

In X-direction





**LOADS**

Project: Model: Teräsristikko Date: 5.12.2018

LC5  
Qk (wind)

**3.2 MEMBER LOADS**

LC5: Qk (wind)

| No. | Reference to   | On Members No. | Load Type | Load Distribution | Load Direction | Reference Length | Load Parameters |       |      |
|-----|----------------|----------------|-----------|-------------------|----------------|------------------|-----------------|-------|------|
|     |                |                |           |                   |                |                  | Symbol          | Value | Unit |
| 1   | Set of members | 2              | Force     | Uniform           | YL             | True Length      | p               | 2.100 | kN/m |



Project:

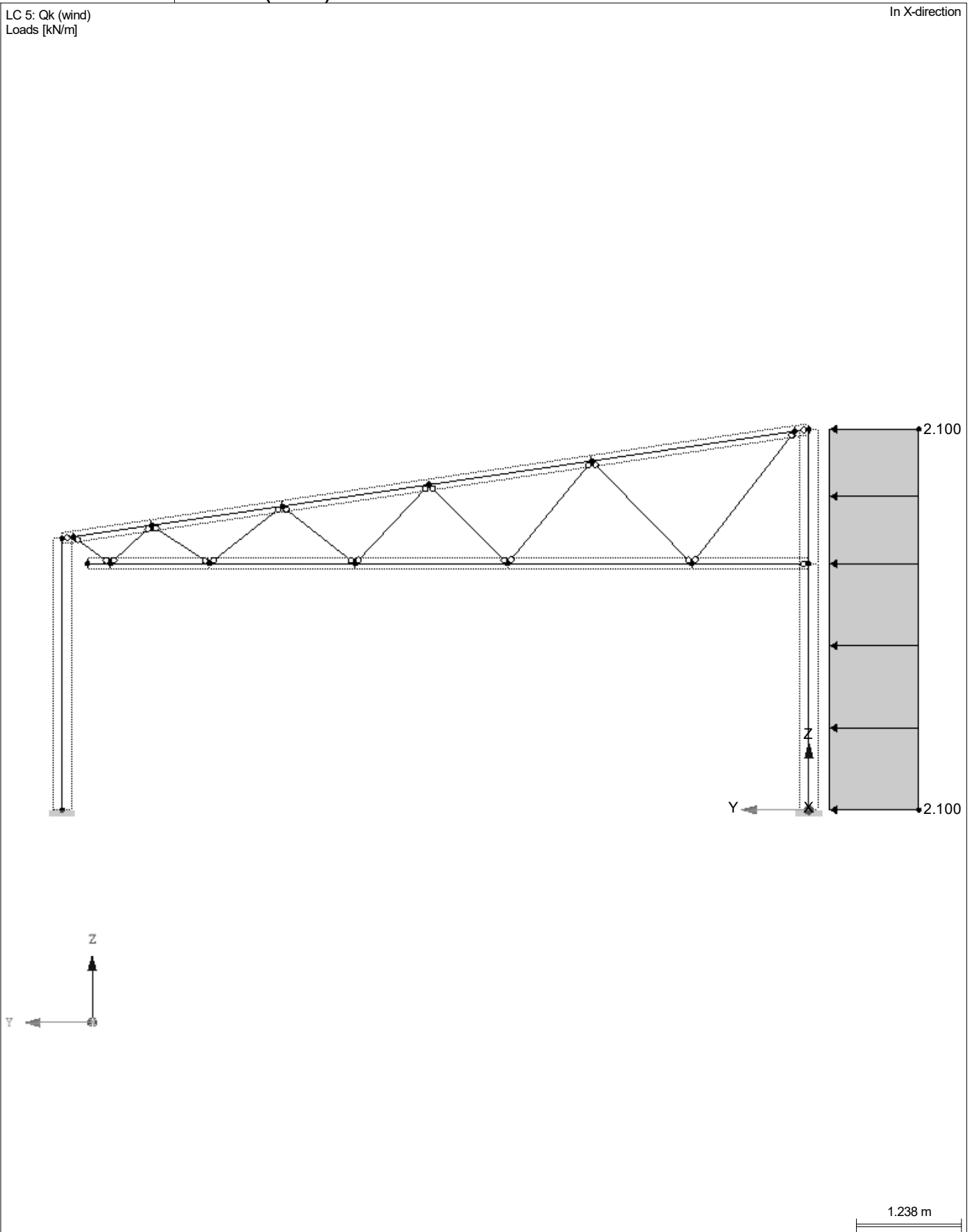
Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

■ LC5: QK (WIND)

LC 5: Qk (wind)  
Loads [kN/m]

In X-direction





Project:

Model: Teräsristikko

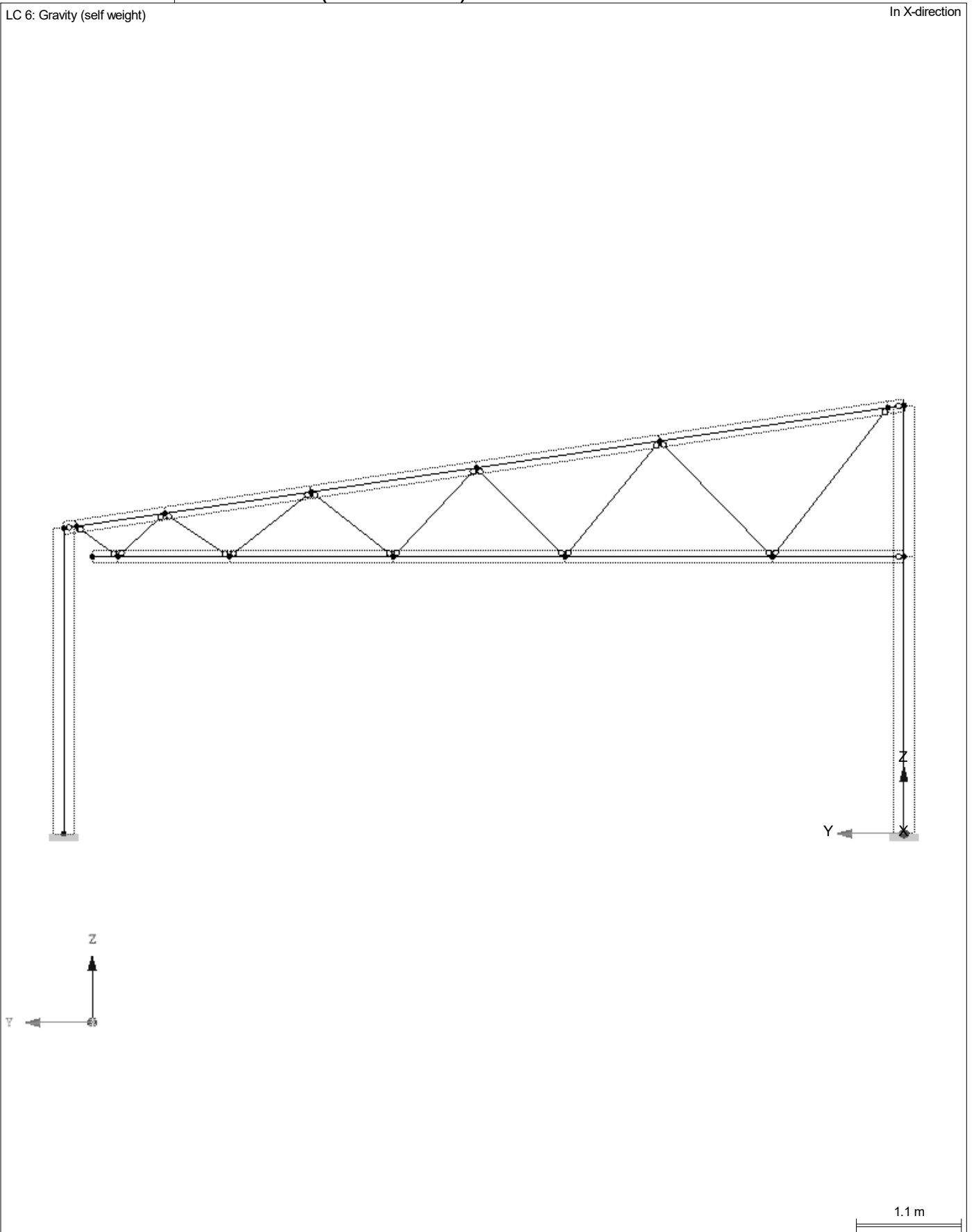
Date:

5.12.2018

■ **LC6: GRAVITY (SELF WEIGHT)**

LC 6: Gravity (self weight)

In X-direction





**LOADS**

Project:

Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

LC7  
Gk (vaneer)

■ **3.2 MEMBER LOADS**

LC7: Gk (vaneer)

| No. | Reference to   | On Members No. | Load Type | Load Distribution | Load Direction | Reference Length | Load Parameters |        |      |
|-----|----------------|----------------|-----------|-------------------|----------------|------------------|-----------------|--------|------|
|     |                |                |           |                   |                |                  | Symbol          | Value  | Unit |
| 1   | Set of members | 5              | Force     | Uniform           | ZL             | True Length      | p               | -0.600 | kN/m |



Project:

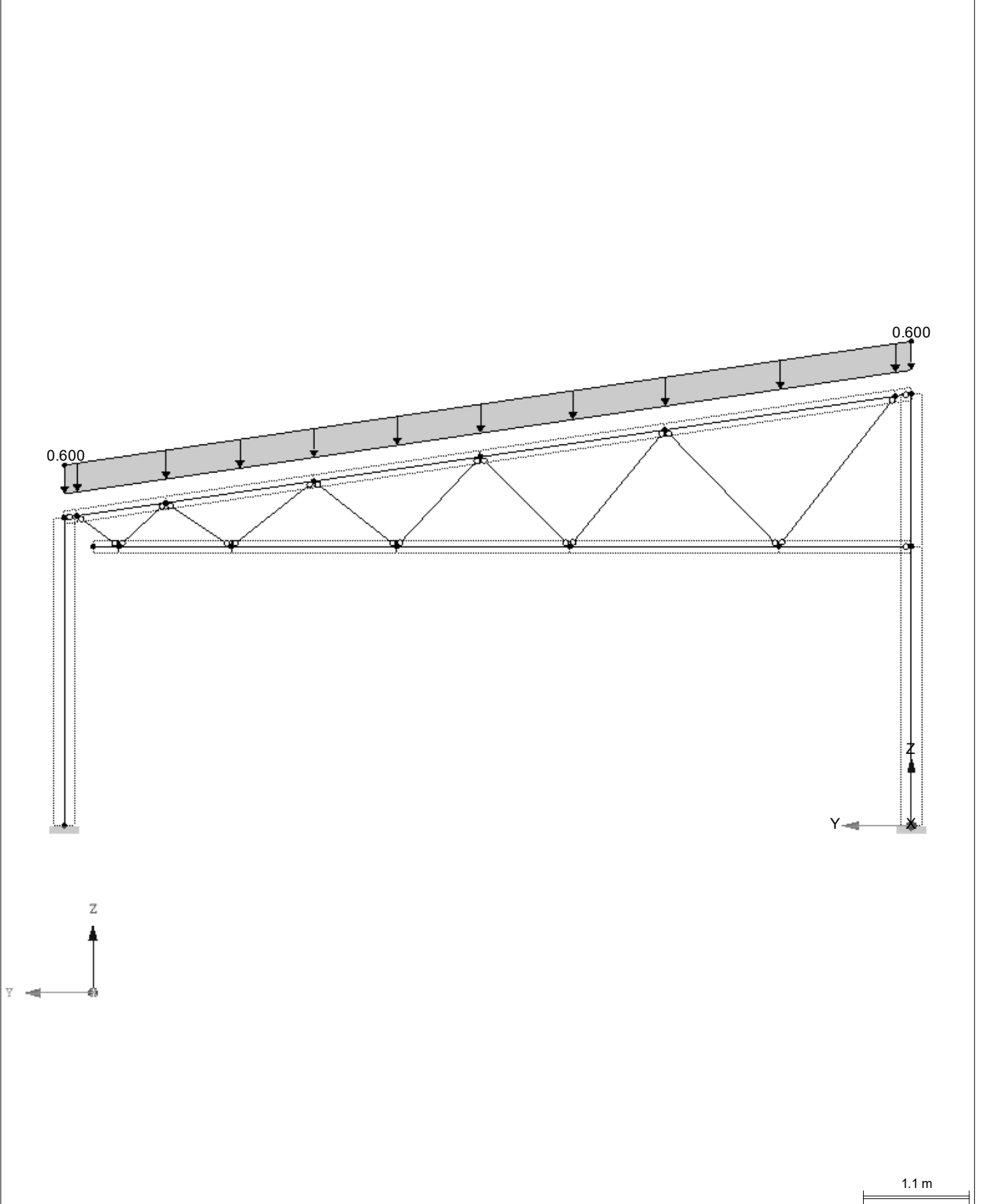
Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

■ LC7: GK (VENEER)

LC 7: Gk (veneeri)  
Loads [kN/m]

In X-direction





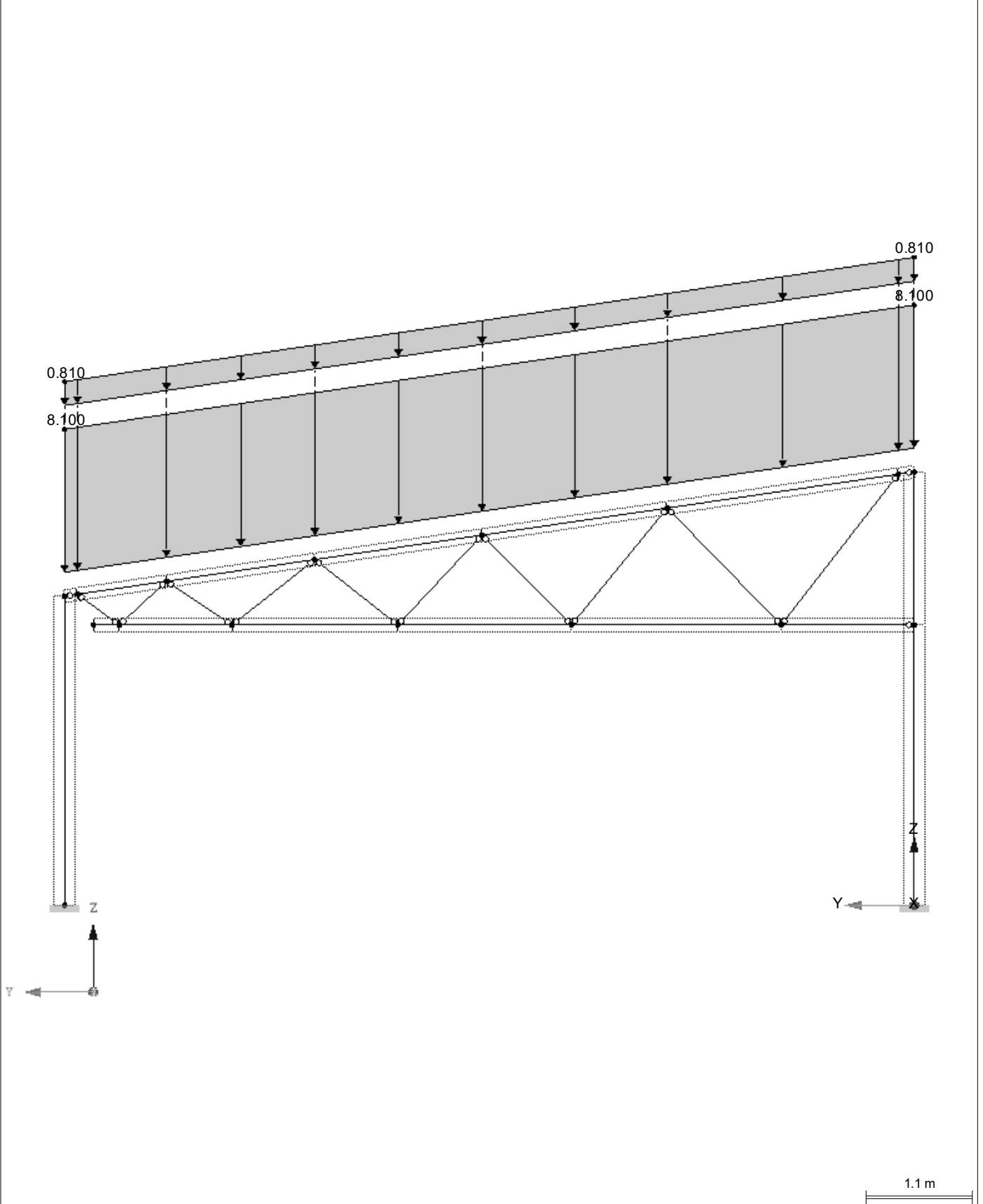
Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

■ CO1: ULS1\_1,35°GK

CO 1: ULS1\_1,35°Gk  
Loads [kN/m]

In X-direction





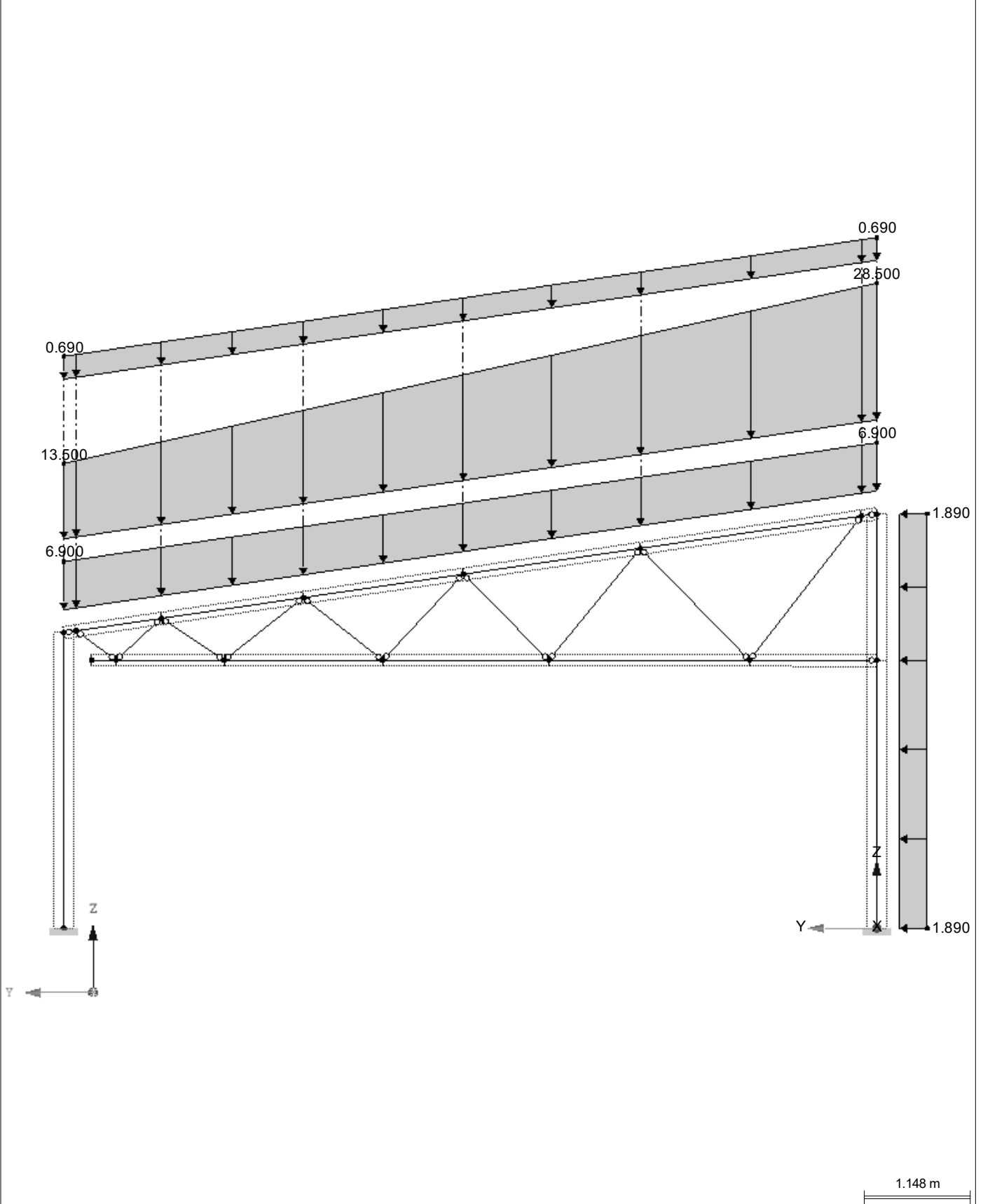
Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

■ CO2: ULS2\_1,15\*GK + 1,5\*QK,SNOW + 0,9\* QK,WIND

CO 2: ULS2\_1,15\*Gk + 1,5\*Qk,snow + 0,9\* Qk,wind  
Loads [kN/m]

In X-direction







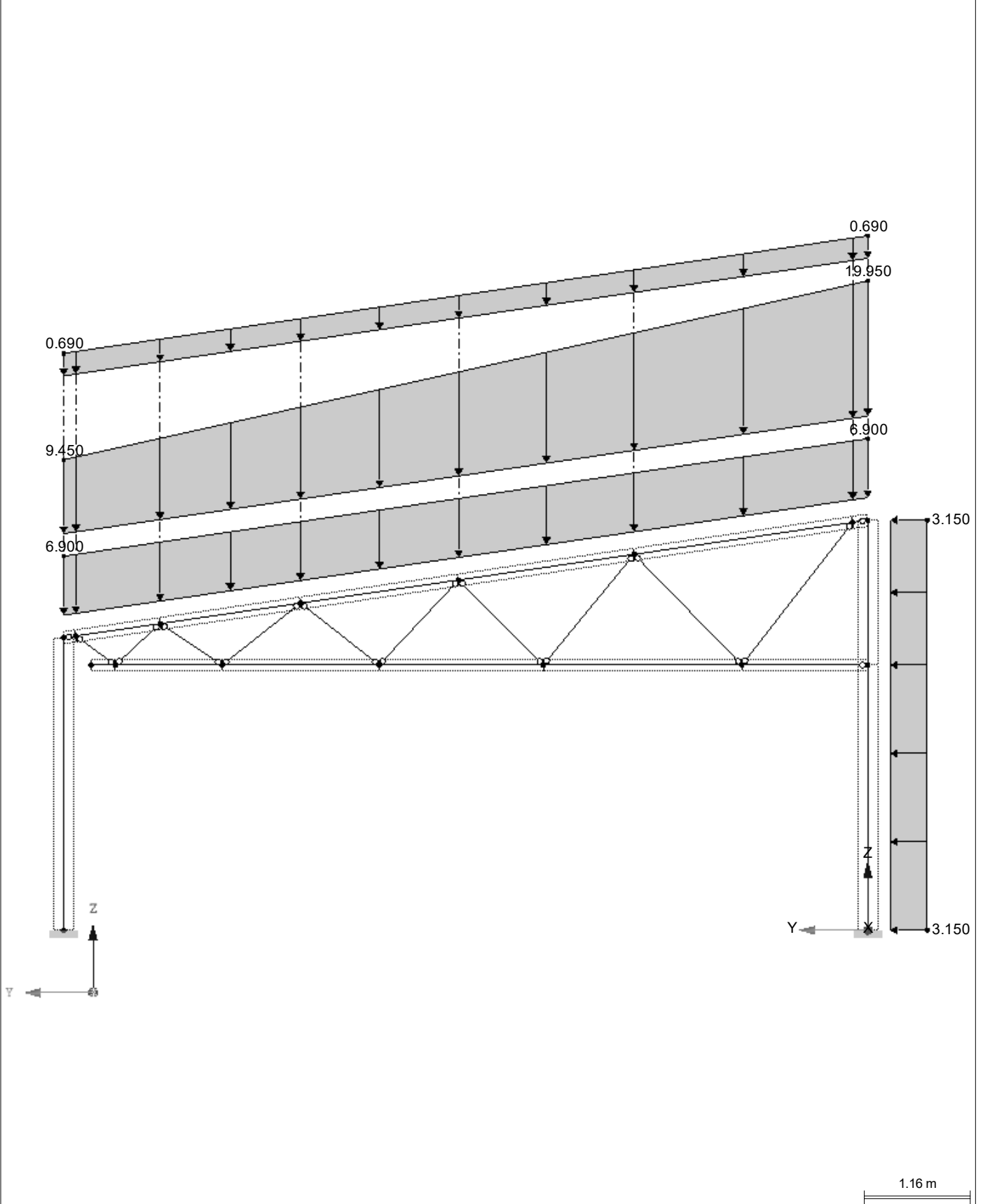
Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

■ CO3: ULS3\_1,15\*GK + 1,5\*QK,WIND + 1,05\*QK,SNOW

CO 3: ULS3\_1,15\*Gk + 1,5\*Qk,wind + 1,05\*Qk,snow  
Loads [kN/m]

In X-direction





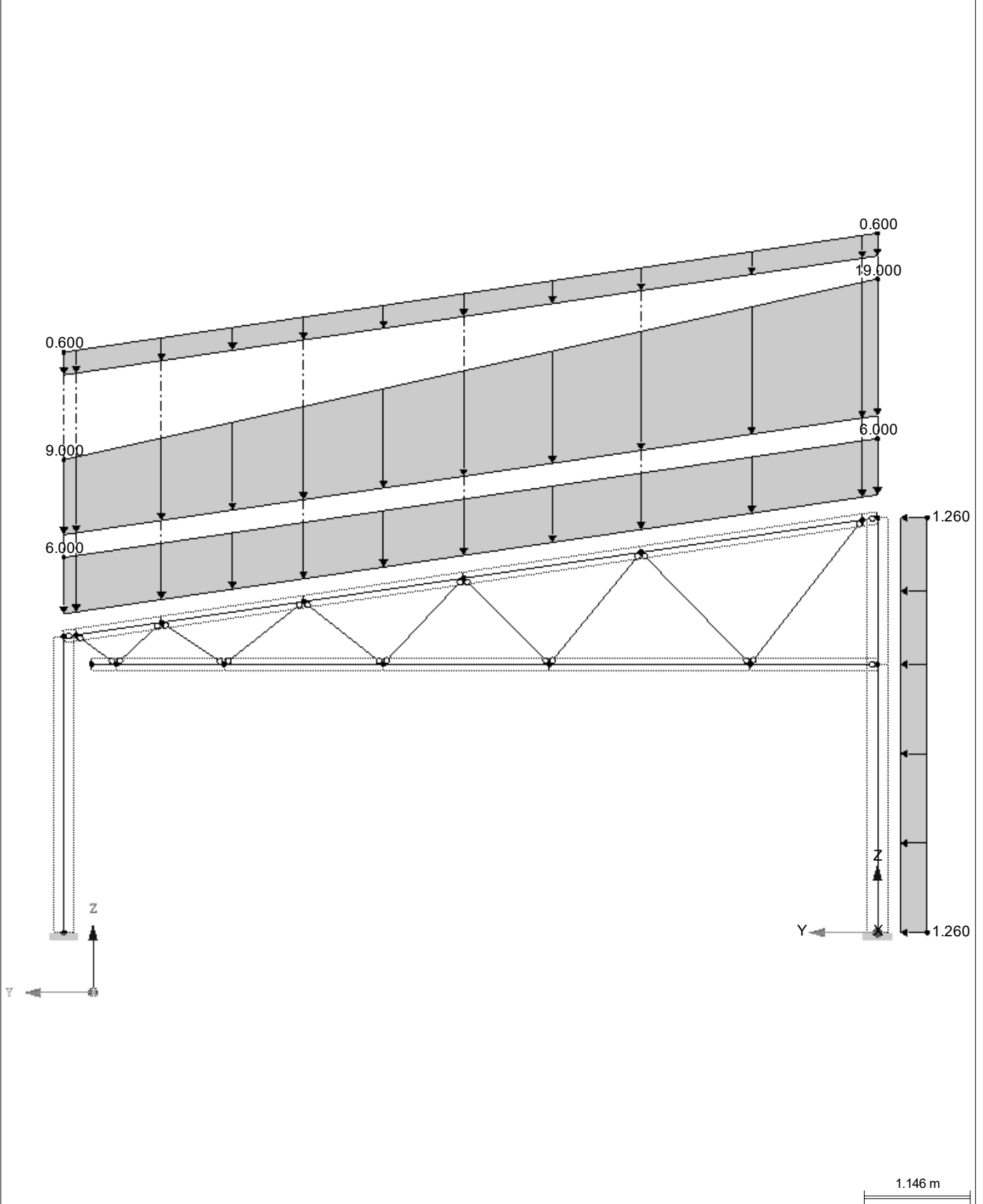
Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

■ CO4: SLS1\_1,0\*GK + 1,0\*QK,SNOW + 0,6\*QK,WIND

CO 4: SLS1\_1,0\*Gk + 1,0\*Qk,snow + 0,6\*Qk,wind  
Loads [kN/m]

In X-direction





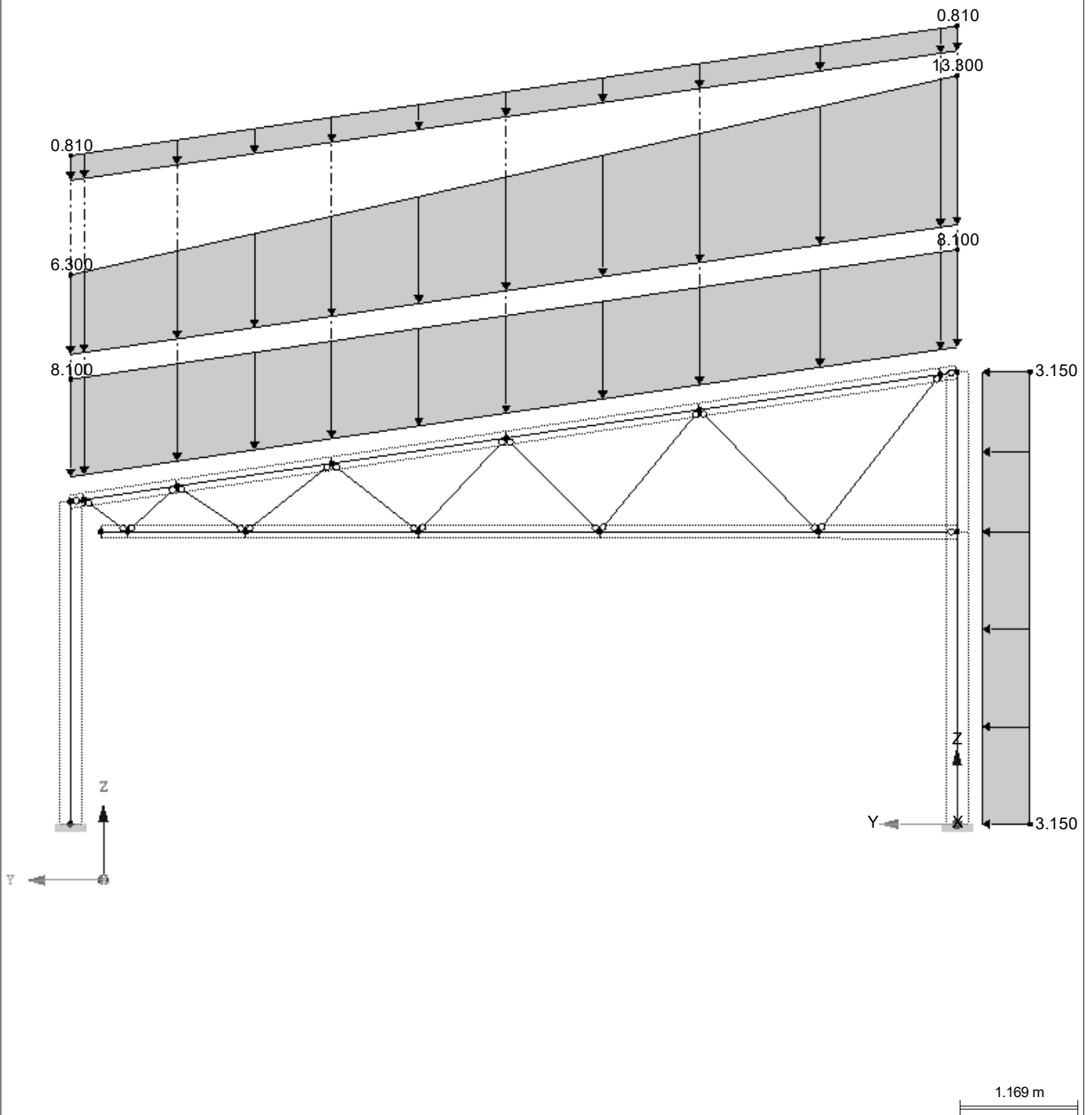
Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

CO5: SLS2\_1,0\*QK + 1,0\*QK,WIND + 0,7\*QK,SNOW

CO 5: SLS2\_1,0\*Qk + 1,0\*Qk,wind + 0,7\*Qk,snow  
Loads [kN/m]

In X-direction





Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

#### 4.0 RESULTS - SUMMARY

| Description  | Value       | Unit | Comment   |
|--|-------------|------|---|
| <b>Load Case LC3 - Gk (puukattoelementti)</b>            |             |      |   |
| Sum of loads in X  | 0.00        | kN   |   |
| Sum of support reactions in X                            | 0.00        | kN   |   |
| Sum of loads in Y  | 0.00        | kN   |   |
| Sum of support reactions in Y                            | 0.00        | kN   |   |
| Sum of loads in Z  | -53.36      | kN   |   |
| Sum of support reactions in Z                            | -53.36      | kN   | Deviation 0.00%   |
| Resultant of reactions about X                           | -15.356     | kNm  | At center of gravity of model (X:0.000, Y:4.112, Z:3.014 m) |
| Resultant of reactions about Y                           | 0.000       | kNm  | At center of gravity of model                               |
| Resultant of reactions about Z                           | 0.000       | kNm  | At center of gravity of model                               |
| Max. displacement in X                                   | 0.0         | mm   | Member No. 11, x: 0.302 m                                   |
| Max. displacement in Y                                   | 1.5         | mm   | Member No. 2, x: 1.587 m                                    |
| Max. displacement in Z                                   | -3.7        | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m                                   |
| Max. vector displacement                                 | 3.8         | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m                                   |
| Max. rotation about X                                    | -4.7        | mrاد | Member No. 1, x: 0.168 m                                    |
| Max. rotation about Y                                    | 0.0         | mrاد | Member No. 31, x: 0.845 m                                   |
| Max. rotation about Z                                    | 0.0         | mrاد | Member No. 7, x: 1.399 m                                    |
| Method of analysis                                       | Linear      |      | Geometrically linear analysis                               |
| Reduction of stiffness                                   |             |      | Cross-sections, Members, Surfaces                           |
| Number of load increments                                | 1           |      |   |
| Number of iterations                                     | 1           |      |   |
| Maximum value of element of stiffness matrix on diagonal | 1.941E+12   |      |   |
| Minimum value of element of stiffness matrix on diagonal | 1.0E+03     |      |   |
| Stiffness matrix determinant                             | 5.134E+2249 |      |   |
| Infinity Norm  | 3.882E+12   |      |   |
| <b>Load Case LC4 - Qk (snow)</b>                         |             |      |   |
| Sum of loads in X  | 0.00        | kN   |   |
| Sum of support reactions in X                            | 0.00        | kN   |   |
| Sum of loads in Y  | 0.00        | kN   |   |
| Sum of support reactions in Y                            | 0.00        | kN   |   |
| Sum of loads in Z  | -124.51     | kN   |   |
| Sum of support reactions in Z                            | -124.51     | kN   | Deviation 0.00%   |
| Resultant of reactions about X                           | 29.389      | kNm  | At center of gravity of model (X:0.000, Y:4.112, Z:3.014 m) |
| Resultant of reactions about Y                           | 0.000       | kNm  | At center of gravity of model                               |
| Resultant of reactions about Z                           | 0.000       | kNm  | At center of gravity of model                               |
| Max. displacement in X                                   | 0.0         | mm   | Member No. 11, x: 0.302 m                                   |
| Max. displacement in Y                                   | 3.5         | mm   | Member No. 1, x: 0.168 m                                    |
| Max. displacement in Z                                   | -9.8        | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m                                   |
| Max. vector displacement                                 | 10.0        | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m                                   |
| Max. rotation about X                                    | -12.6       | mrاد | Member No. 1, x: 0.168 m                                    |
| Max. rotation about Y                                    | 0.0         | mrاد | Member No. 31, x: 0.845 m                                   |
| Max. rotation about Z                                    | 0.0         | mrاد | Member No. 7, x: 1.399 m                                    |
| Method of analysis                                       | Linear      |      | Geometrically linear analysis                               |
| Reduction of stiffness                                   |             |      | Cross-sections, Members, Surfaces                           |
| Number of load increments                                | 1           |      |   |
| Number of iterations                                     | 1           |      |   |
| Maximum value of element of stiffness matrix on diagonal | 1.941E+12   |      |   |
| Minimum value of element of stiffness matrix on diagonal | 1.0E+03     |      |   |
| Stiffness matrix determinant                             | 5.134E+2249 |      |   |
| Infinity Norm  | 3.882E+12   |      |   |
| <b>Load Case LC5 - Qk (wind)</b>                         |             |      |   |
| Sum of loads in X  | 0.00        | kN   |   |
| Sum of support reactions in X                            | 0.00        | kN   |   |
| Sum of loads in Y  | 9.43        | kN   |   |
| Sum of support reactions in Y                            | 9.43        | kN   | Deviation 0.00%   |
| Sum of loads in Z  | 0.00        | kN   |   |
| Sum of support reactions in Z                            | 0.00        | kN   |   |
| Resultant of reactions about X                           | 7.243       | kNm  | At center of gravity of model (X:0.000, Y:4.112, Z:3.014 m) |
| Resultant of reactions about Y                           | 0.000       | kNm  | At center of gravity of model                               |
| Resultant of reactions about Z                           | 0.000       | kNm  | At center of gravity of model                               |
| Max. displacement in X                                   | 0.0         | mm   |   |
| Max. displacement in Y                                   | 3.3         | mm   | Member No. 2, x: 0.793 m                                    |
| Max. displacement in Z                                   | -0.1        | mm   | Member No. 7, x: 1.399 m                                    |
| Max. vector displacement                                 | 3.3         | mm   | Member No. 2, x: 0.793 m                                    |
| Max. rotation about X                                    | -1.4        | mrاد | Member No. 18, x: 3.204 m                                   |
| Max. rotation about Y                                    | 0.0         | mrاد |   |
| Max. rotation about Z                                    | -0.0        | mrاد |   |
| Method of analysis                                       | Linear      |      | Geometrically linear analysis                               |
| Reduction of stiffness                                   |             |      | Cross-sections, Members, Surfaces                           |
| Number of load increments                                | 1           |      |   |
| Number of iterations                                     | 1           |      |   |
| Maximum value of element of stiffness matrix on diagonal | 1.941E+12   |      |   |
| Minimum value of element of stiffness matrix on diagonal | 1.0E+03     |      |   |
| Stiffness matrix determinant                             | 5.134E+2249 |      |   |
| Infinity Norm  | 3.882E+12   |      |   |
| <b>Load Case LC6 - Gravity (self weight)</b>             |             |      |   |
| Sum of loads in X  | 0.00        | kN   |   |
| Sum of support reactions in X                            | 0.00        | kN   |   |
| Sum of loads in Y  | 0.00        | kN   |   |
| Sum of support reactions in Y                            | 0.00        | kN   |   |
| Sum of loads in Z  | -7.75       | kN   |   |
| Sum of support reactions in Z                            | -7.75       | kN   | Deviation 0.00%   |
| Resultant of reactions about X                           | 0.000       | kNm  | At center of gravity of model (X:0.000, Y:4.112, Z:3.014 m) |
| Resultant of reactions about Y                           | 0.000       | kNm  | At center of gravity of model                               |
| Resultant of reactions about Z                           | 0.000       | kNm  | At center of gravity of model                               |



Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

#### 4.0 RESULTS - SUMMARY

| Description  | Value                               | Unit | Comment   |
|--|-------------------------------------|------|---|
| Max. displacement in X   | 0.0                                 | mm   |   |
| Max. displacement in Y   | 0.2                                 | mm   | Member No. 2, x: 1.587 m  |
| Max. displacement in Z   | -0.4                                | mm   | Member No. 7, x: 1.049 m  |
| Max. vector displacement   | 0.4                                 | mm   | Member No. 7, x: 1.049 m  |
| Max. rotation about X  | -0.4                                | mrاد | Member No. 1, x: 0.168 m  |
| Max. rotation about Y  | -0.0                                | mrاد |   |
| Max. rotation about Z  | 0.0                                 | mrاد |   |
| Method of analysis   | Linear                              |      | Geometrically linear analysis   |
| Reduction of stiffness   |                                     |      | Cross-sections, Members, Surfaces   |
| Number of load increments  | 1                                   |      |   |
| Number of iterations   | 1                                   |      |   |
| Maximum value of element of stiffness matrix on diagonal               | 1.941E+12                           |      |   |
| Minimum value of element of stiffness matrix on diagonal               | 1.0E+03                             |      |   |
| Stiffness matrix determinant   | 5.134E+2249                         |      |   |
| Infinity Norm  | 3.882E+12                           |      |   |
| <b>Load Case LC7 - Gk (vaneer)</b>                                     |                                     |      |   |
| Sum of loads in X  | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of support reactions in X  | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of loads in Y  | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of support reactions in Y  | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of loads in Z  | -5.34                               | kN   |   |
| Sum of support reactions in Z  | -5.34                               | kN   | Deviation 0.00%   |
| Resultant of reactions about X   | -1.536                              | kNm  | At center of gravity of model (X:0.000, Y:4.112, Z:3.014 m)                           |
| Resultant of reactions about Y   | 0.000                               | kNm  | At center of gravity of model   |
| Resultant of reactions about Z   | 0.000                               | kNm  | At center of gravity of model   |
| Max. displacement in X   | 0.0                                 | mm   |   |
| Max. displacement in Y   | 0.2                                 | mm   | Member No. 2, x: 1.587 m  |
| Max. displacement in Z   | -0.4                                | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. vector displacement   | 0.4                                 | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. rotation about X  | -0.5                                | mrاد | Member No. 1, x: 0.168 m  |
| Max. rotation about Y  | 0.0                                 | mrاد |   |
| Max. rotation about Z  | 0.0                                 | mrاد |   |
| Method of analysis   | Linear                              |      | Geometrically linear analysis   |
| Reduction of stiffness   |                                     |      | Cross-sections, Members, Surfaces   |
| Number of load increments  | 1                                   |      |   |
| Number of iterations   | 1                                   |      |   |
| Maximum value of element of stiffness matrix on diagonal               | 1.941E+12                           |      |   |
| Minimum value of element of stiffness matrix on diagonal               | 1.0E+03                             |      |   |
| Stiffness matrix determinant   | 5.134E+2249                         |      |   |
| Infinity Norm  | 3.882E+12                           |      |   |
| <b>Load Combination CO1 - ULS1 1,35*Gk</b>                             |                                     |      |   |
| Sum of loads in X  | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of support reactions in X  | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of loads in Y  | -0.00                               | kN   |   |
| Sum of support reactions in Y  | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of loads in Z  | -89.70                              | kN   |   |
| Sum of support reactions in Z  | -89.70                              | kN   | Deviation 0.00%   |
| Resultant of reactions about X   | -23.0                               | kNm  | At center of gravity of model (X:0.0, Y:4.1, Z:3.0 m)                                 |
| Resultant of reactions about Y   | 0.0                                 | kNm  | At center of gravity of model   |
| Resultant of reactions about Z   | 0.0                                 | kNm  | At center of gravity of model   |
| Max. displacement in X   | 0.0                                 | mm   | Member No. 11, x: 0.302 m   |
| Max. displacement in Y   | 2.8                                 | mm   | Member No. 1, x: 0.168 m  |
| Max. displacement in Z   | -6.5                                | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. vector displacement   | 6.8                                 | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. rotation about X  | -8.3                                | mrاد | Member No. 1, x: 0.168 m  |
| Max. rotation about Y  | 0.0                                 | mrاد | Member No. 31, x: 0.845 m   |
| Max. rotation about Z  | 0.0                                 | mrاد | Member No. 7, x: 1.399 m  |
| Method of analysis   | 2nd Order                           |      | Second order analysis (Nonlinear, Timoshenko)   |
| Internal forces referred to deformed system for...                     | <input checked="" type="checkbox"/> |      | N, V <sub>y</sub> , V <sub>z</sub> , M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> , M <sub>T</sub> |
| Reduction of stiffness   |                                     |      | Materials, Cross-sections, Members, Surfaces  |
| Consider favorable effects of tensile forces                           | <input checked="" type="checkbox"/> |      |   |
| Divide results by CO factor  | <input type="checkbox"/>            |      |   |
| Number of load increments  | 1                                   |      |   |
| Number of iterations   | 2                                   |      |   |
| Maximum value of element of stiffness matrix on diagonal               | 1.765E+12                           |      |   |
| Minimum value of element of stiffness matrix on diagonal               | 1.0E+03                             |      |   |
| Stiffness matrix determinant   | 1.637E+2240                         |      |   |
| Infinity Norm  | 3.529E+12                           |      |   |
| <b>Load Combination CO2 - ULS2 1,15*Gk + 1,5*Qk,snow + 0,9*Qk,wind</b> |                                     |      |   |
| Sum of loads in X  | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of support reactions in X  | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of loads in Y  | 8.49                                | kN   |   |
| Sum of support reactions in Y  | 8.49                                | kN   | Deviation 0.00%   |
| Sum of loads in Z  | -263.18                             | kN   |   |
| Sum of support reactions in Z  | -263.18                             | kN   | Deviation 0.00%   |
| Resultant of reactions about X   | 28.9                                | kNm  | At center of gravity of model (X:0.0, Y:4.1, Z:3.0 m)                                 |
| Resultant of reactions about Y   | 0.0                                 | kNm  | At center of gravity of model   |
| Resultant of reactions about Z   | 0.0                                 | kNm  | At center of gravity of model   |
| Max. displacement in X   | 0.0                                 | mm   | Member No. 11, x: 0.302 m   |
| Max. displacement in Y   | 11.7                                | mm   | Member No. 2, x: 1.587 m  |
| Max. displacement in Z   | -22.2                               | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. vector displacement   | 23.7                                | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. rotation about X  | -28.3                               | mrاد | Member No. 1, x: 0.168 m  |
| Max. rotation about Y  | 0.0                                 | mrاد | Member No. 31, x: 0.845 m   |
| Max. rotation about Z  | 0.0                                 | mrاد | Member No. 7, x: 1.399 m  |



Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

#### 4.0 RESULTS - SUMMARY

| Description   | Value                               | Unit | Comment   |
|---|-------------------------------------|------|---|
| Method of analysis  | 2nd Order                           |      | Second order analysis (Nonlinear, Timoshenko)   |
| Internal forces referred to deformed system for...                      | <input checked="" type="checkbox"/> |      | N, V <sub>y</sub> , V <sub>z</sub> , M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> , M <sub>T</sub> |
| Reduction of stiffness  |                                     |      | Materials, Cross-sections, Members, Surfaces  |
| Consider favorable effects of tensile forces                            | <input checked="" type="checkbox"/> |      |   |
| Divide results by CO factor   | <input type="checkbox"/>            |      |   |
| Number of load increments   | 1                                   |      |   |
| Number of iterations  | 3                                   |      |   |
| Maximum value of element of stiffness matrix on diagonal                | 1.765E+12                           |      |   |
| Minimum value of element of stiffness matrix on diagonal                | 1.0E+03                             |      |   |
| Stiffness matrix determinant  | 1.007E+2240                         |      |   |
| Infinity Norm   | 3.529E+12                           |      |   |
| <b>Load Combination CO3 - ULS3 1,15*Gk + 1,5*Qk.wind + 1,05*Qk.snow</b> |                                     |      |   |
| Sum of loads in X   | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of support reactions in X   | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of loads in Y   | 14.15                               | kN   |   |
| Sum of support reactions in Y   | 14.15                               | kN   | Deviation 0.00%   |
| Sum of loads in Z   | -207.15                             | kN   |   |
| Sum of support reactions in Z   | -207.15                             | kN   | Deviation 0.00%   |
| Resultant of reactions about X  | 20.3                                | kNm  | At center of gravity of model (X:0.0, Y:4.1, Z:3.0 m)                                 |
| Resultant of reactions about Y  | 0.0                                 | kNm  | At center of gravity of model   |
| Resultant of reactions about Z  | 0.0                                 | kNm  | At center of gravity of model   |
| Max. displacement in X  | 0.0                                 | mm   | Member No. 11, x: 0.302 m   |
| Max. displacement in Y  | 12.0                                | mm   | Member No. 2, x: 1.587 m  |
| Max. displacement in Z  | -17.2                               | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. vector displacement  | 19.6                                | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. rotation about X   | -21.9                               | mrاد | Member No. 1, x: 0.168 m  |
| Max. rotation about Y   | 0.0                                 | mrاد | Member No. 31, x: 0.845 m   |
| Max. rotation about Z   | 0.0                                 | mrاد | Member No. 7, x: 1.399 m  |
| Method of analysis  | 2nd Order                           |      | Second order analysis (Nonlinear, Timoshenko)   |
| Internal forces referred to deformed system for...                      | <input checked="" type="checkbox"/> |      | N, V <sub>y</sub> , V <sub>z</sub> , M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> , M <sub>T</sub> |
| Reduction of stiffness  |                                     |      | Materials, Cross-sections, Members, Surfaces  |
| Consider favorable effects of tensile forces                            | <input checked="" type="checkbox"/> |      |   |
| Divide results by CO factor   | <input type="checkbox"/>            |      |   |
| Number of load increments   | 1                                   |      |   |
| Number of iterations  | 2                                   |      |   |
| Maximum value of element of stiffness matrix on diagonal                | 1.765E+12                           |      |   |
| Minimum value of element of stiffness matrix on diagonal                | 1.0E+03                             |      |   |
| Stiffness matrix determinant  | 1.204E+2240                         |      |   |
| Infinity Norm   | 3.529E+12                           |      |   |
| <b>Load Combination CO4 - SLS1 1,0*Gk + 1,0*Qk.snow + 0,6*Qk.wind</b>   |                                     |      |   |
| Sum of loads in X   | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of support reactions in X   | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of loads in Y   | 5.66                                | kN   |   |
| Sum of support reactions in Y   | 5.66                                | kN   | Deviation 0.00%   |
| Sum of loads in Z   | -190.95                             | kN   |   |
| Sum of support reactions in Z   | -190.95                             | kN   | Deviation 0.00%   |
| Resultant of reactions about X  | 15.7                                | kNm  | At center of gravity of model (X:0.0, Y:4.1, Z:3.0 m)                                 |
| Resultant of reactions about Y  | 0.0                                 | kNm  | At center of gravity of model   |
| Resultant of reactions about Z  | 0.0                                 | kNm  | At center of gravity of model   |
| Max. displacement in X  | 0.0                                 | mm   | Member No. 11, x: 0.302 m   |
| Max. displacement in Y  | 8.2                                 | mm   | Member No. 2, x: 1.587 m  |
| Max. displacement in Z  | -15.9                               | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. vector displacement  | 16.9                                | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. rotation about X   | -20.2                               | mrاد | Member No. 1, x: 0.168 m  |
| Max. rotation about Y   | 0.0                                 | mrاد | Member No. 31, x: 0.845 m   |
| Max. rotation about Z   | 0.0                                 | mrاد | Member No. 7, x: 1.399 m  |
| Method of analysis  | 2nd Order                           |      | Second order analysis (Nonlinear, Timoshenko)   |
| Internal forces referred to deformed system for...                      | <input checked="" type="checkbox"/> |      | N, V <sub>y</sub> , V <sub>z</sub> , M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> , M <sub>T</sub> |
| Reduction of stiffness  |                                     |      | Materials, Cross-sections, Members, Surfaces  |
| Consider favorable effects of tensile forces                            | <input checked="" type="checkbox"/> |      |   |
| Divide results by CO factor   | <input type="checkbox"/>            |      |   |
| Number of load increments   | 1                                   |      |   |
| Number of iterations  | 3                                   |      |   |
| Maximum value of element of stiffness matrix on diagonal                | 1.765E+12                           |      |   |
| Minimum value of element of stiffness matrix on diagonal                | 1.0E+03                             |      |   |
| Stiffness matrix determinant  | 1.267E+2240                         |      |   |
| Infinity Norm   | 3.529E+12                           |      |   |
| <b>Load Combination CO5 - SLS2 1,0*Qk + 1,0*Qk.wind + 0,7*Qk.snow</b>   |                                     |      |   |
| Sum of loads in X   | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of support reactions in X   | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of loads in Y   | 14.15                               | kN   |   |
| Sum of support reactions in Y   | 14.15                               | kN   | Deviation 0.00%   |
| Sum of loads in Z   | -176.86                             | kN   |   |
| Sum of support reactions in Z   | -176.86                             | kN   | Deviation 0.00%   |
| Resultant of reactions about X  | 7.1                                 | kNm  | At center of gravity of model (X:0.0, Y:4.1, Z:3.0 m)                                 |
| Resultant of reactions about Y  | 0.0                                 | kNm  | At center of gravity of model   |
| Resultant of reactions about Z  | 0.0                                 | kNm  | At center of gravity of model   |
| Max. displacement in X  | 0.0                                 | mm   | Member No. 11, x: 0.302 m   |
| Max. displacement in Y  | 10.9                                | mm   | Member No. 2, x: 1.587 m  |
| Max. displacement in Z  | -14.3                               | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. vector displacement  | 16.8                                | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. rotation about X   | -18.2                               | mrاد | Member No. 1, x: 0.168 m  |
| Max. rotation about Y   | 0.0                                 | mrاد | Member No. 31, x: 0.845 m   |
| Max. rotation about Z   | 0.0                                 | mrاد | Member No. 7, x: 1.399 m  |
| Method of analysis  | 2nd Order                           |      | Second order analysis (Nonlinear, Timoshenko)   |



Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

■ 4.0 RESULTS - SUMMARY

| Description   | Value                               | Unit | Comment   |
|---|-------------------------------------|------|---|
| Internal forces referred to deformed system for...  | <input checked="" type="checkbox"/> |      | N, V <sub>y</sub> , V <sub>z</sub> , M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> , M <sub>T</sub> |
| Reduction of stiffness  |                                     |      | Materials, Cross-sections, Members, Surfaces  |
| Consider favorable effects of tensile forces  | <input checked="" type="checkbox"/> |      |   |
| Divide results by CO factor   | <input type="checkbox"/>            |      |   |
| Number of load increments   | 1                                   |      |   |
| Number of iterations  | 2                                   |      |   |
| Maximum value of element of stiffness matrix on diagonal                                      | 1.765E+12                           |      |   |
| Minimum value of element of stiffness matrix on diagonal                                      | 1.0E+03                             |      |   |
| Stiffness matrix determinant  | 1.316E+2240                         |      |   |
| Infinity Norm   | 3.529E+12                           |      |   |
| <b>Load Combination CO6 - ULS1 1,0*Gk + 0,4*Qk,snow</b>                                       |                                     |      |   |
| Sum of loads in X   | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of support reactions in X   | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of loads in Y   | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of support reactions in Y   | 0.00                                | kN   |   |
| Sum of loads in Z   | -116.25                             | kN   |   |
| Sum of support reactions in Z   | -116.25                             | kN   | Deviation 0.00%   |
| Resultant of reactions about X  | -5.4                                | kNm  | At center of gravity of model (X:0.0, Y:4.1, Z:3.0 m)                                 |
| Resultant of reactions about Y  | 0.0                                 | kNm  | At center of gravity of model   |
| Resultant of reactions about Z  | 0.0                                 | kNm  | At center of gravity of model   |
| Max. displacement in X  | 0.0                                 | mm   | Member No. 11, x: 0.302 m   |
| Max. displacement in Y  | 3.6                                 | mm   | Member No. 1, x: 0.168 m  |
| Max. displacement in Z  | -9.2                                | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. vector displacement  | 9.5                                 | mm   | Member No. 11, x: 1.209 m   |
| Max. rotation about X   | -11.7                               | mrاد | Member No. 1, x: 0.168 m  |
| Max. rotation about Y   | 0.0                                 | mrاد | Member No. 31, x: 0.845 m   |
| Max. rotation about Z   | 0.0                                 | mrاد | Member No. 7, x: 1.399 m  |
| Method of analysis  | 2nd Order                           |      | Second order analysis (Nonlinear, Timoshenko)   |
| Internal forces referred to deformed system for...  | <input checked="" type="checkbox"/> |      | N, V <sub>y</sub> , V <sub>z</sub> , M <sub>y</sub> , M <sub>z</sub> , M <sub>T</sub> |
| Reduction of stiffness  |                                     |      | Materials, Cross-sections, Members, Surfaces  |
| Consider favorable effects of tensile forces  | <input checked="" type="checkbox"/> |      |   |
| Divide results by CO factor   | <input type="checkbox"/>            |      |   |
| Number of load increments   | 1                                   |      |   |
| Number of iterations  | 2                                   |      |   |
| Maximum value of element of stiffness matrix on diagonal                                      | 1.765E+12                           |      |   |
| Minimum value of element of stiffness matrix on diagonal                                      | 1.0E+03                             |      |   |
| Stiffness matrix determinant  | 1.540E+2240                         |      |   |
| Infinity Norm   | 3.529E+12                           |      |   |
| <b>Summary</b>  |                                     |      |   |
| Max. displacement in X  | 0.0                                 | mm   | CO2, Member No. 11, x: 0.302 m  |
| Max. displacement in Y  | 12.0                                | mm   | CO3, Member No. 2, x: 1.587 m   |
| Max. displacement in Z  | -22.2                               | mm   | CO2, Member No. 11, x: 1.209 m  |
| Max. vector displacement  | 23.7                                | mm   | CO2, Member No. 11, x: 1.209 m  |
| Max. rotation about X   | -28.3                               | mrاد | CO2, Member No. 1, x: 0.168 m   |
| Max. rotation about Y   | 0.0                                 | mrاد | CO2, Member No. 31, x: 0.845 m  |
| Max. rotation about Z   | 0.0                                 | mrاد | CO2, Member No. 7, x: 1.399 m   |
| <b>Other Settings:</b>  |                                     |      |   |
| Number of 1D finite elements  | 49                                  |      |   |
| Number of 2D finite elements  | 0                                   |      |   |
| Number of 3D finite elements  | 0                                   |      |   |
| Number of FE mesh nodes   | 40                                  |      |   |
| Number of equations   | 240                                 |      |   |
| Internal forces referred to deformed system for...:   |                                     |      |   |
| Max. number of iterations   | 100                                 |      |   |
| Number of divisions for member results  | 10                                  |      |   |
| Division of cable/foundation/tapered members  | 10                                  |      |   |
| Number of member divisions for searching maximum values                                       | 10                                  |      |   |
| Subdivisions of FE mesh for graphical results   | 3                                   |      |   |
| Percentage of iterations according to Picard method in combination with Newton-Raphson method | 5                                   | %    |   |
| <b>Options:</b>   |                                     |      |   |
| Activate shear stiffness of members (Ay, Az)  | <input checked="" type="checkbox"/> |      |   |
| Activate member divisions for large deformation or post-critical analysis                     | <input checked="" type="checkbox"/> |      |   |
| Activate entered stiffness modifications  | <input checked="" type="checkbox"/> |      |   |
| Ignore rotational degrees of freedom  | <input type="checkbox"/>            |      |   |
| Check of critical forces of members   | <input checked="" type="checkbox"/> |      |   |
| Nonsymmetric direct solver if demanded by nonlinear model                                     | <input type="checkbox"/>            |      |   |
| Method for the system of equations  | Direct                              |      |   |
| Plate bending theory  | Mindlin                             |      |   |
| Solver version  | 64-bit                              |      |   |
| <b>Precision and Tolerance:</b>   |                                     |      |   |
| Change default setting  | <input type="checkbox"/>            |      |   |



Project:

Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

**4.1 NODES - SUPPORT FORCES**

| Node No. | LC/CO | Support Forces [kN] |                |                | Support Moments [kNm] |                |                |  |                        |
|----------|-------|---------------------|----------------|----------------|-----------------------|----------------|----------------|--|------------------------|
|          |       | P <sub>x</sub>      | P <sub>y</sub> | P <sub>z</sub> | M <sub>x</sub>        | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |  |                        |
| 13       | LC3   | 0.00                | 0.45           | -26.49         | -1.45                 | 0.00           | 0.00           | Gk (puukattoelementti)                     |                        |
|          | LC4   | 0.00                | 1.04           | -54.42         | -3.32                 | 0.00           | 0.00           | Qk (snow)                                  |                        |
|          | LC5   | 0.00                | 1.40           | -0.78          | -4.48                 | 0.00           | 0.00           | Qk (wind)                                  |                        |
|          | LC6   | 0.00                | 0.05           | -3.60          | -0.15                 | 0.00           | 0.00           | Gravity (self weight)                      |                        |
|          | LC7   | 0.00                | 0.05           | -2.65          | -0.14                 | 0.00           | 0.00           | Gk (veneeri)                               |                        |
|          | CO1   | 0.00                | 0.72           | -44.22         | -2.37                 | 0.00           | 0.00           | ULS1_1,35°Gk                               |                        |
|          | CO2   | 0.00                | 3.23           | -120.12        | -11.36                | 0.00           | 0.00           | ULS2_1,15°Gk + 1,5°Qk,snow + 0,9° Qk, wind |                        |
|          | CO3   | 0.00                | 3.63           | -96.07         | -12.53                | 0.00           | 0.00           | ULS3_1,15°Gk + 1,5°Qk,wind + 1,05°Qk, snow |                        |
|          | CO4   | 0.00                | 2.31           | -87.70         | -7.92                 | 0.00           | 0.00           | SLS1_1,0°Gk + 1,0°Qk,snow + 0,6°Qk, wind   |                        |
|          | CO5   | 0.00                | 3.41           | -83.55         | -11.65                | 0.00           | 0.00           | SLS2_1,0°Qk + 1,0°Qk,wind + 0,7°Qk, snow   |                        |
|          | CO6   | 0.00                | 0.93           | -54.53         | -3.10                 | 0.00           | 0.00           | ULS1_1,0°Gk + 0,4°Qk,snow                  |                        |
|          | 14    | LC3                 | 0.00           | -0.45          | -26.87                | -0.19          | 0.00           | 0.00                                       | Gk (puukattoelementti) |
|          |       | LC4                 | 0.00           | -1.04          | -70.09                | -0.43          | 0.00           | 0.00                                       | Qk (snow)              |
| LC5      |       | 0.00                | 8.03           | 0.78           | -9.81                 | 0.00           | 0.00           | Qk (wind)                                  |                        |
| LC6      |       | 0.00                | -0.05          | -4.15          | -0.02                 | 0.00           | 0.00           | Gravity (self weight)                      |                        |
| LC7      |       | 0.00                | -0.05          | -2.69          | -0.02                 | 0.00           | 0.00           | Gk (veneeri)                               |                        |
| CO1      |       | 0.00                | -0.72          | -45.49         | -0.36                 | 0.00           | 0.00           | ULS1_1,35°Gk                               |                        |
| CO2      |       | 0.00                | 5.26           | -143.06        | -10.54                | 0.00           | 0.00           | ULS2_1,15°Gk + 1,5°Qk,snow + 0,9° Qk, wind |                        |
| CO3      |       | 0.00                | 10.52          | -111.08        | -16.18                | 0.00           | 0.00           | ULS3_1,15°Gk + 1,5°Qk,wind + 1,05°Qk, snow |                        |
| CO4      |       | 0.00                | 3.35           | -103.26        | -6.94                 | 0.00           | 0.00           | SLS1_1,0°Gk + 1,0°Qk,snow + 0,6°Qk, wind   |                        |
| CO5      |       | 0.00                | 10.74          | -93.31         | -15.93                | 0.00           | 0.00           | SLS2_1,0°Qk + 1,0°Qk,wind + 0,7°Qk, snow   |                        |
| CO6      |       | 0.00                | -0.93          | -61.72         | -0.48                 | 0.00           | 0.00           | ULS1_1,0°Gk + 0,4°Qk,snow                  |                        |

**4.12 CROSS-SECTIONS - INTERNAL FORCES**

| Member No.                                    | LC/CO | Node No. | Location x [m] | Forces [kN] |                |                | Moments [kNm]  |                |                |
|---|-------|----------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|   |       |          |                | N           | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>T</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |
| <b>Section No. 13: SHS 200x200x5   Ruukki</b> |       |          |                |             |                |                |                |                |                |
| 2   | LC3   | 5        | 0.000          | -26.44      | -0.95          | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -1.51          |
|   |       | 3        | 1.587          | -26.44      | -0.95          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|   | LC4   | 5        | 0.000          | -68.94      | -2.17          | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -3.45          |
|   |       | 3        | 1.587          | -68.94      | -2.17          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|   | LC5   | 5        | 0.000          | 0.79        | 1.27           | -0.00          | -0.00          | 0.00           | 4.66           |
|   |       | 3        | 1.587          | 0.79        | 4.61           | -0.00          | -0.00          | -0.00          | 0.00           |
|   | LC6   | 5        | 0.000          | -3.16       | -0.10          | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -0.15          |
|   |       | 3        | 1.587          | -2.68       | -0.10          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|   | LC7   | 5        | 0.000          | -2.64       | -0.09          | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -0.15          |
|   |       | 3        | 1.587          | -2.64       | -0.09          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|   | CO1   | 5        | 0.000          | -43.51      | -1.50          | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -2.40          |
|   |       | 3        | 1.587          | -42.86      | -1.52          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
| CO2   | 5     | 0.000    | -139.53        | -2.95       | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -2.35          |                |
|   | 3     | 1.587    | -138.99        | 0.01        | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO3   | 5     | 0.000    | -108.10        | -1.33       | 0.00           | -0.00          | -0.00          | 1.91           |                |
|   | 3     | 1.587    | -107.56        | 3.73        | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO4   | 5     | 0.000    | -100.58        | -2.31       | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -2.11          |                |
|   | 3     | 1.587    | -100.11        | -0.34       | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO5   | 5     | 0.000    | -90.46         | -0.88       | 0.00           | -0.00          | -0.00          | 2.63           |                |
|   | 3     | 1.587    | -89.83         | 4.18        | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO6   | 5     | 0.000    | -59.79         | -1.94       | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -3.11          |                |
|   | 3     | 1.587    | -59.31         | -1.97       | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| 18  | LC3   | 13       | 0.000          | -26.49      | -0.45          | -0.00          | -0.00          | 0.00           | -1.45          |
|   |       | 4        | 3.204          | -26.49      | -0.45          | -0.00          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|   | LC4   | 13       | 0.000          | -54.42      | -1.04          | -0.00          | -0.00          | 0.00           | -3.32          |
|   |       | 4        | 3.204          | -54.42      | -1.04          | -0.00          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|   | LC5   | 13       | 0.000          | -0.78       | -1.40          | -0.00          | -0.00          | 0.00           | -4.48          |
|   |       | 4        | 3.204          | -0.78       | -1.40          | -0.00          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|   | LC6   | 13       | 0.000          | -3.60       | -0.05          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.15          |
|   |       | 4        | 3.204          | -2.64       | -0.05          | -0.00          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|   | LC7   | 13       | 0.000          | -2.65       | -0.05          | -0.00          | -0.00          | 0.00           | -0.14          |
|   |       | 4        | 3.204          | -2.65       | -0.05          | -0.00          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|   | CO1   | 13       | 0.000          | -44.22      | -0.72          | -0.00          | -0.00          | 0.00           | -2.37          |
|   |       | 4        | 3.204          | -42.91      | -0.75          | -0.00          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
| CO2   | 13    | 0.000    | -120.12        | -3.22       | -0.00          | -0.00          | 0.00           | -11.36         |                |
|   | 4     | 3.204    | -118.99        | -3.70       | -0.00          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO3   | 13    | 0.000    | -96.07         | -3.63       | -0.00          | -0.00          | 0.00           | -12.53         |                |
|   | 4     | 3.204    | -94.95         | -4.05       | -0.00          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO4   | 13    | 0.000    | -87.70         | -2.31       | -0.00          | -0.00          | 0.00           | -7.92          |                |
|   | 4     | 3.204    | -86.73         | -2.55       | -0.00          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO5   | 13    | 0.000    | -83.55         | -3.41       | -0.00          | -0.00          | 0.00           | -11.65         |                |
|   | 4     | 3.204    | -82.23         | -3.75       | -0.00          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO6   | 13    | 0.000    | -54.53         | -0.93       | -0.00          | -0.00          | 0.00           | -3.10          |                |
|   | 4     | 3.204    | -53.56         | -0.99       | -0.00          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| 20  | LC3   | 14       | 0.000          | -26.87      | 0.45           | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -0.19          |
|   |       | 5        | 2.905          | -26.87      | 0.45           | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -1.51          |
|   | LC4   | 14       | 0.000          | -70.09      | 1.04           | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -0.43          |
|   |       | 5        | 2.905          | -70.09      | 1.04           | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -3.45          |
|   | LC5   | 14       | 0.000          | 0.78        | -8.03          | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -9.81          |
|   |       | 5        | 2.905          | 0.78        | -1.93          | 0.00           | -0.00          | -0.00          | 4.66           |
|   | LC6   | 14       | 0.000          | -4.15       | 0.05           | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -0.02          |
|   |       | 5        | 2.905          | -3.27       | 0.05           | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -0.15          |
|   | LC7   | 14       | 0.000          | -2.69       | 0.05           | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -0.02          |
|   |       | 5        | 2.905          | -2.69       | 0.05           | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -0.15          |
|   | CO1   | 14       | 0.000          | -45.49      | 0.72           | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -0.36          |
|   |       | 5        | 2.905          | -44.31      | 0.68           | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -2.40          |





Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

### 4.12 CROSS-SECTIONS - INTERNAL FORCES

| Member No.                             | LC/CO | Node No. | Location x [m] | Forces [kN] |                |                | Moments [kNm]  |                |                |  |  |
|--|-------|----------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|--|--|
|  |       |          |                | N           | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>T</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |  |  |
| 20                                     | CO2   | 14       | 0.000          | -143.06     | -5.26          | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -10.54         |  |  |
|  |       | 5        | 2.905          | -142.05     | -0.24          | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -2.35          |  |  |
|  | CO3   | 14       | 0.000          | -111.08     | -10.52         | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -16.18         |  |  |
|  |       | 5        | 2.905          | -110.06     | -1.71          | 0.00           | -0.00          | -0.00          | 1.91           |  |  |
|  | CO4   | 14       | 0.000          | -103.26     | -3.35          | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -6.94          |  |  |
|  |       | 5        | 2.905          | -102.38     | 0.07           | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -2.11          |  |  |
| CO5                                    | 14    | 0.000    | -93.31         | -10.74      | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -15.93         |                |  |  |
|  | 5     | 2.905    | -92.12         | -1.85       | 0.00           | -0.00          | -0.00          | 2.63           |                |  |  |
| CO6                                    | 14    | 0.000    | -61.72         | 0.93        | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -0.48          |                |  |  |
|  | 5     | 2.905    | -60.85         | 0.86        | 0.00           | -0.00          | -0.00          | -3.11          |                |  |  |
| Section No. 14: SHS 120x120x5   Ruukki |       |          |                |             |                |                |                |                |                |  |  |
| 4                                      | LC3   | 11       | 0.000          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
|  |       | 9        | 0.266          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
|  | LC4   | 11       | 0.000          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
|  |       | 9        | 0.266          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
|  | LC5   | 11       | 0.000          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
|  |       | 9        | 0.266          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
| 6                                      | LC6   | 11       | 0.000          | 0.00        | 0.00           | 0.05           | 0.00           | -0.01          | 0.00           |  |  |
|  |       | 9        | 0.266          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
|  | LC7   | 11       | 0.000          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
|  |       | 9        | 0.266          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
|  | CO1   | 11       | 0.000          | -0.00       | -0.00          | 0.06           | 0.00           | -0.01          | 0.00           |  |  |
|  |       | 9        | 0.266          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
| 8                                      | CO2   | 11       | 0.000          | -0.00       | -0.00          | 0.05           | 0.00           | -0.01          | 0.00           |  |  |
|  |       | 9        | 0.266          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
|  | CO3   | 11       | 0.000          | -0.00       | -0.00          | 0.05           | 0.00           | -0.01          | 0.00           |  |  |
|  |       | 9        | 0.266          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
|  | CO4   | 11       | 0.000          | -0.00       | -0.00          | 0.05           | 0.00           | -0.01          | 0.00           |  |  |
|  |       | 9        | 0.266          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
| 10                                     | CO5   | 11       | 0.000          | -0.00       | -0.00          | 0.06           | 0.00           | -0.01          | 0.00           |  |  |
|  |       | 9        | 0.266          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
|  | CO6   | 11       | 0.000          | -0.00       | -0.00          | 0.05           | 0.00           | -0.01          | 0.00           |  |  |
|  |       | 9        | 0.266          | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |  |  |
|  | LC3   | 18       | 0.000          | 55.03       | 0.00           | -0.50          | 0.00           | 0.58           | 0.00           |  |  |
|  |       | 11       | 1.170          | 55.03       | 0.00           | -0.50          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |  |  |
| 12                                     | LC4   | 18       | 0.000          | 115.88      | 0.00           | -1.05          | 0.00           | 1.22           | 0.00           |  |  |
|  |       | 11       | 1.170          | 115.88      | 0.00           | -1.05          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |  |  |
|  | LC5   | 18       | 0.000          | 1.31        | 0.00           | -0.02          | 0.00           | 0.02           | 0.00           |  |  |
|  |       | 11       | 1.170          | 1.31        | 0.00           | -0.02          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |  |  |
|  | LC6   | 18       | 0.000          | 5.48        | 0.00           | 0.08           | 0.00           | 0.02           | 0.00           |  |  |
|  |       | 11       | 1.170          | 5.48        | 0.00           | -0.13          | 0.00           | -0.01          | -0.00          |  |  |
| 14                                     | LC7   | 18       | 0.000          | 5.50        | 0.00           | -0.05          | 0.00           | 0.06           | 0.00           |  |  |
|  |       | 11       | 1.170          | 5.50        | 0.00           | -0.05          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |  |  |
|  | CO1   | 18       | 0.000          | 89.24       | 0.00           | -0.69          | 0.00           | 0.92           | 0.00           |  |  |
|  |       | 11       | 1.170          | 89.25       | 0.00           | -0.91          | 0.00           | -0.01          | -0.00          |  |  |
|  | CO2   | 18       | 0.000          | 251.96      | 0.00           | -2.56          | 0.00           | 2.78           | 0.00           |  |  |
|  |       | 11       | 1.170          | 251.96      | 0.00           | -2.36          | 0.00           | -0.01          | -0.00          |  |  |
| 16                                     | CO3   | 18       | 0.000          | 200.31      | 0.00           | -1.94          | 0.00           | 2.18           | 0.00           |  |  |
|  |       | 11       | 1.170          | 200.31      | 0.00           | -1.90          | 0.00           | -0.01          | -0.00          |  |  |
|  | CO4   | 18       | 0.000          | 183.23      | 0.00           | -1.76          | 0.00           | 1.99           | 0.00           |  |  |
|  |       | 11       | 1.170          | 183.23      | 0.00           | -1.73          | 0.00           | -0.01          | -0.00          |  |  |
|  | CO5   | 18       | 0.000          | 172.78      | 0.00           | -1.59          | 0.00           | 1.86           | 0.00           |  |  |
|  |       | 11       | 1.170          | 172.78      | 0.00           | -1.67          | 0.00           | -0.01          | -0.00          |  |  |
| 18                                     | CO6   | 18       | 0.000          | 112.56      | 0.00           | -0.97          | 0.00           | 1.19           | 0.00           |  |  |
|  |       | 11       | 1.170          | 112.56      | 0.00           | -1.09          | 0.00           | -0.01          | -0.00          |  |  |
|  | LC3   | 19       | 0.000          | 71.49       | 0.00           | 0.13           | -0.00          | 0.37           | 0.00           |  |  |
|  |       | 18       | 1.716          | 71.49       | 0.00           | 0.13           | -0.00          | 0.58           | 0.00           |  |  |
|  | LC4   | 19       | 0.000          | 158.30      | 0.00           | 0.22           | -0.00          | 0.85           | 0.00           |  |  |
|  |       | 18       | 1.716          | 158.30      | 0.00           | 0.22           | -0.00          | 1.22           | 0.00           |  |  |
| 20                                     | LC5   | 19       | 0.000          | 2.15        | 0.00           | 0.00           | -0.00          | 0.01           | 0.00           |  |  |
|  |       | 18       | 1.716          | 2.15        | 0.00           | 0.00           | -0.00          | 0.02           | 0.00           |  |  |
|  | LC6   | 19       | 0.000          | 7.19        | 0.00           | 0.17           | -0.00          | -0.01          | 0.00           |  |  |
|  |       | 18       | 1.716          | 7.19        | 0.00           | -0.13          | -0.00          | 0.02           | 0.00           |  |  |
|  | LC7   | 19       | 0.000          | 7.15        | 0.00           | 0.01           | -0.00          | 0.04           | 0.00           |  |  |
|  |       | 18       | 1.716          | 7.15        | 0.00           | 0.01           | -0.00          | 0.06           | 0.00           |  |  |
| 22                                     | CO1   | 19       | 0.000          | 116.04      | 0.00           | 0.34           | -0.00          | 0.55           | 0.00           |  |  |
|  |       | 18       | 1.716          | 116.04      | -0.00          | 0.10           | -0.00          | 0.92           | 0.00           |  |  |
|  | CO2   | 19       | 0.000          | 339.81      | 0.00           | 0.04           | -0.00          | 1.90           | 0.00           |  |  |
|  |       | 18       | 1.716          | 339.81      | -0.00          | 1.07           | -0.00          | 2.78           | 0.00           |  |  |
|  | CO3   | 19       | 0.000          | 269.36      | 0.00           | 0.18           | -0.00          | 1.47           | 0.00           |  |  |
|  |       | 18       | 1.716          | 269.36      | -0.00          | 0.71           | -0.00          | 2.18           | 0.00           |  |  |
| 24                                     | CO4   | 19       | 0.000          | 246.31      | 0.00           | 0.19           | -0.00          | 1.34           | 0.00           |  |  |
|  |       | 18       | 1.716          | 246.31      | -0.00          | 0.62           | -0.00          | 1.99           | 0.00           |  |  |
|  | CO5   | 19       | 0.000          | 230.82      | 0.00           | 0.28           | -0.00          | 1.22           | 0.00           |  |  |
|  |       | 18       | 1.716          | 230.82      | -0.00          | 0.51           | -0.00          | 1.86           | 0.00           |  |  |
|  | CO6   | 19       | 0.000          | 149.44      | 0.00           | 0.27           | -0.00          | 0.77           | 0.00           |  |  |
|  |       | 18       | 1.716          | 149.44      | -0.00          | 0.24           | -0.00          | 1.19           | 0.00           |  |  |
| 26                                     | LC3   | 20       | 0.000          | 62.32       | -0.00          | 0.14           | -0.00          | 0.11           | -0.00          |  |  |
|  |       | 19       | 1.798          | 62.32       | -0.00          | 0.14           | -0.00          | 0.37           | 0.00           |  |  |
|  | LC4   | 20       | 0.000          | 144.79      | -0.00          | 0.34           | -0.00          | 0.23           | -0.00          |  |  |
|  |       | 19       | 1.798          | 144.79      | -0.00          | 0.34           | -0.00          | 0.85           | 0.00           |  |  |
|  | LC5   | 20       | 0.000          | 2.66        | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.01           | -0.00          |  |  |
|  |       | 19       | 1.798          | 2.66        | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.01           | 0.00           |  |  |
| 28                                     | LC6   | 20       | 0.000          | 6.36        | -0.00          | 0.18           | -0.00          | -0.05          | -0.00          |  |  |
|  |       | 19       | 1.798          | 6.36        | -0.00          | -0.13          | -0.00          | -0.01          | 0.00           |  |  |
|  | LC7   | 20       | 0.000          | 6.23        | -0.00          | 0.01           | -0.00          | 0.01           | -0.00          |  |  |
|  |       | 19       | 1.798          | 6.23        | -0.00          | 0.01           | -0.00          | 0.04           | 0.00           |  |  |
|  | CO1   | 20       | 0.000          | 101.22      | -0.00          | 0.43           | -0.00          | 0.11           | -0.00          |  |  |
|  |       | 19       | 1.798          | 101.22      | -0.00          | 0.08           | -0.00          | 0.55           | 0.00           |  |  |
| 30                                     | CO2   | 20       | 0.000          | 306.77      | -0.00          | 0.64           | -0.00          | 0.57           | -0.00          |  |  |
|  |       | 19       | 1.798          | 306.77      | -0.00          | 0.98           | -0.00          | 1.90           | 0.00           |  |  |
|  | CO3   | 20       | 0.000          | 242.97      | -0.00          | 0.58           | -0.00          | 0.42           | -0.00          |  |  |
|  |       | 19       | 1.798          | 242.97      | -0.00          | 0.66           | -0.00          | 1.47           | 0.00           |  |  |
|  | CO4   | 20       | 0.000          | 221.83      | -0.00          | 0.54           | -0.00          | 0.38           | -0.00          |  |  |
|  |       | 19       | 1.798          | 221.83      | -0.00          | 0.54           | -0.00          | 0.38           | -0.00          |  |  |



Project:   Model: Teräsristikko   Date: 5.12.2018

**■ 4.12 CROSS-SECTIONS - INTERNAL FORCES**

| Member No. | LC/CO                                       | Node No. | Location x [m] | Forces [kN] |                |                | Moments [kNm]  |                |                |       |
|------------|---|----------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
|            |   |          |                | N           | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>T</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |       |
| 10         | CO4   | 19       | 1.798          | 221.83      | -0.00          | 0.59           | -0.00          | 1.34           | 0.00           |       |
|            | CO5   | 20       | 0.000          | 207.09      | -0.00          | 0.58           | -0.00          | 0.34           | -0.00          |       |
|            |   | 19       | 1.798          | 207.09      | -0.00          | 0.47           | -0.00          | 1.22           | 0.00           |       |
|            | CO6   | 20       | 0.000          | 132.98      | -0.00          | 0.43           | -0.00          | 0.19           | -0.00          |       |
|            |   | 19       | 1.798          | 132.98      | -0.00          | 0.24           | -0.00          | 0.77           | 0.00           |       |
|            | LC3   | 21       | 0.000          | 41.89       | 0.00           | -0.22          | -0.00          | 0.58           | 0.00           |       |
| 12         |   | 20       | 2.172          | 41.89       | 0.00           | -0.22          | -0.00          | 0.11           | -0.00          |       |
|            | LC4   | 21       | 0.000          | 103.92      | 0.00           | -0.62          | -0.00          | 1.59           | -0.00          |       |
|            |   | 20       | 2.172          | 103.92      | 0.00           | -0.62          | -0.00          | 0.23           | -0.00          |       |
|            | LC5   | 21       | 0.000          | 2.95        | -0.00          | 0.00           | 0.00           | 0.01           | -0.00          |       |
|            |   | 20       | 2.172          | 2.95        | -0.00          | 0.00           | 0.00           | 0.01           | -0.00          |       |
|            | LC6   | 21       | 0.000          | 4.18        | 0.00           | 0.17           | -0.00          | -0.01          | -0.00          |       |
|            |   | 20       | 2.172          | 4.18        | 0.00           | -0.21          | -0.00          | -0.05          | -0.00          |       |
|            | LC7   | 21       | 0.000          | 4.19        | 0.00           | -0.02          | -0.00          | 0.06           | 0.00           |       |
|            |   | 20       | 2.172          | 4.19        | 0.00           | -0.02          | -0.00          | 0.01           | -0.00          |       |
|            | CO1   | 21       | 0.000          | 67.97       | 0.00           | -0.15          | -0.00          | 0.87           | -0.00          |       |
|            |   | 20       | 2.172          | 67.97       | 0.00           | -0.57          | -0.00          | 0.11           | -0.00          |       |
|            | CO2   | 21       | 0.000          | 217.70      | 0.00           | -1.63          | -0.00          | 3.30           | -0.00          |       |
|            |   | 20       | 2.172          | 217.71      | 0.00           | -1.13          | -0.00          | 0.57           | -0.00          |       |
|            | CO3   | 21       | 0.000          | 172.36      | 0.00           | -1.12          | -0.00          | 2.53           | -0.00          |       |
|            |   | 20       | 2.172          | 172.37      | 0.00           | -0.97          | -0.00          | 0.42           | -0.00          |       |
|            | CO4   | 21       | 0.000          | 156.65      | 0.00           | -1.01          | -0.00          | 2.32           | -0.00          |       |
|            |   | 20       | 2.172          | 156.65      | 0.00           | -0.90          | -0.00          | 0.38           | -0.00          |       |
|            | CO5   | 21       | 0.000          | 145.80      | 0.00           | -0.80          | -0.00          | 2.06           | -0.00          |       |
|            | 20  | 2.172    | 145.80         | 0.00        | -0.90          | -0.00          | 0.34           | -0.00          |                |       |
| CO6        | 21  | 0.000    | 92.03          | 0.00        | -0.43          | -0.00          | 1.30           | -0.00          |                |       |
|            | 20  | 2.172    | 92.03          | 0.00        | -0.64          | -0.00          | 0.19           | -0.00          |                |       |
| 22         | LC3   | 5        | 0.000          | -1.40       | -0.00          | 0.42           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 21       | 1.378          | -1.40       | -0.00          | 0.42           | 0.00           | 0.58           | 0.00           |       |
|            | LC4   | 5        | 0.000          | -3.21       | -0.00          | 1.15           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 21       | 1.378          | -3.21       | -0.00          | 1.15           | 0.00           | 1.59           | 0.00           |       |
|            | LC5   | 5        | 0.000          | 3.21        | 0.00           | 0.01           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |       |
|            |   | 21       | 1.378          | 3.21        | 0.00           | 0.01           | 0.00           | 0.01           | -0.00          |       |
|            | LC6   | 5        | 0.000          | -0.14       | -0.00          | 0.12           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 21       | 1.378          | -0.14       | -0.00          | -0.13          | 0.00           | -0.01          | 0.00           |       |
|            | LC7   | 5        | 0.000          | -0.14       | -0.00          | 0.04           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 21       | 1.378          | -0.14       | -0.00          | 0.04           | 0.00           | 0.06           | 0.00           |       |
|            | CO1   | 5        | 0.000          | -2.18       | -0.00          | 0.80           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 21       | 1.378          | -2.18       | -0.00          | 0.47           | 0.00           | 0.87           | 0.00           |       |
|            | CO2   | 5        | 0.000          | -2.70       | -0.00          | 2.54           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 21       | 1.378          | -2.71       | -0.00          | 2.25           | 0.00           | 3.30           | 0.00           |       |
|            | CO3   | 5        | 0.000          | 0.39        | -0.00          | 1.97           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 21       | 1.378          | 0.39        | -0.00          | 1.69           | 0.00           | 2.53           | 0.00           |       |
|            | CO4   | 5        | 0.000          | -2.38       | -0.00          | 1.81           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 21       | 1.378          | -2.38       | -0.00          | 1.56           | 0.00           | 2.32           | 0.00           |       |
|            | CO5   | 5        | 0.000          | 0.97        | -0.00          | 1.66           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 21       | 1.378          | 0.97        | -0.00          | 1.33           | 0.00           | 2.06           | 0.00           |       |
|            | CO6   | 5        | 0.000          | -2.80       | -0.00          | 1.07           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 21       | 1.378          | -2.80       | -0.00          | 0.82           | 0.00           | 1.30           | 0.00           |       |
|            | <b>Section No. 15: SHS 80x80x6   Ruukki</b> |          |                |             |                |                |                |                |                |       |
|            | 23  | LC3      | 6              | 0.000       | 38.43          | -0.00          | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00 |
|            |   |          | 11             | 0.537       | 38.43          | -0.00          | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00  |
|            |   | LC4      | 6              | 0.000       | 80.92          | -0.00          | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00 |
|            |   |          | 11             | 0.537       | 80.92          | -0.00          | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00  |
|            |   | LC5      | 6              | 0.000       | 0.92           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00  |
|            |   |          | 11             | 0.537       | 0.92           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00  |
|            |   | LC6      | 6              | 0.000       | 4.00           | -0.00          | 0.03           | 0.00           | 0.00           | -0.00 |
|            |   | 11       | 0.537          | 3.96        | -0.00          | -0.03          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |       |
| LC7        |   | 6        | 0.000          | 3.84        | -0.00          | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 11       | 0.537          | 3.84        | -0.00          | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |       |
| CO1        |   | 6        | 0.000          | 62.55       | -0.00          | 0.04           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 11       | 0.537          | 62.49       | -0.00          | -0.04          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |       |
| CO2        |   | 6        | 0.000          | 176.09      | -0.00          | 0.03           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 11       | 0.537          | 176.04      | -0.00          | -0.03          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
| CO3        |   | 6        | 0.000          | 140.05      | -0.00          | 0.03           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 11       | 0.537          | 140.00      | -0.00          | -0.04          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |       |
| CO4        |   | 6        | 0.000          | 128.10      | -0.00          | 0.03           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 11       | 0.537          | 128.06      | -0.00          | -0.03          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |       |
| CO5        |   | 6        | 0.000          | 120.87      | -0.00          | 0.04           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 11       | 0.537          | 120.81      | -0.00          | -0.04          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |       |
| CO6        |   | 6        | 0.000          | 78.76       | -0.00          | 0.03           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 11       | 0.537          | 78.72       | -0.00          | -0.03          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |       |
| 24         |   | LC3      | 11             | 0.000       | -32.82         | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00 |
|            |   |          | 8              | 0.667       | -32.82         | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00  |
|            |   | LC4      | 11             | 0.000       | -69.10         | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00 |
|            |   |          | 8              | 0.667       | -69.10         | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00  |
|            |   | LC5      | 11             | 0.000       | -0.78          | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00 |
|            |   |          | 8              | 0.667       | -0.78          | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00  |
|            |   | LC6      | 11             | 0.000       | -3.13          | -0.00          | 0.03           | -0.00          | 0.00           | -0.00 |
|            |   |          | 8              | 0.667       | -3.07          | -0.00          | -0.03          | -0.00          | 0.00           | 0.00  |
|            | LC7   | 11       | 0.000          | -3.28       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 8        | 0.667          | -3.28       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |       |
|            | CO1   | 11       | 0.000          | -53.05      | -0.00          | 0.04           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 8        | 0.667          | -52.97      | -0.00          | -0.04          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |       |
|            | CO2   | 11       | 0.000          | -150.22     | -0.00          | 0.04           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 8        | 0.667          | -150.15     | -0.00          | -0.04          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |       |
|            | CO3   | 11       | 0.000          | -119.37     | -0.00          | 0.04           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 8        | 0.667          | -119.30     | -0.00          | -0.04          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |       |
|            | CO4   | 11       | 0.000          | -109.19     | -0.00          | 0.03           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 8        | 0.667          | -109.13     | -0.00          | -0.03          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |       |
|            | CO5   | 11       | 0.000          | -102.90     | -0.00          | 0.05           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 8        | 0.667          | -102.82     | -0.00          | -0.04          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |       |
|            | CO6   | 11       | 0.000          | -67.01      | -0.00          | 0.03           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |       |
|            |   | 8        | 0.667          | -66.95      | -0.00          | -0.03          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |       |



**RESULTS**

Project:

Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

**4.12 CROSS-SECTIONS - INTERNAL FORCES**

| Member No. | LC/CO | Node No. | Location x [m] | Forces [kN] |                |                | Moments [kNm]  |                |                |
|------------|-------|----------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|            |       |          |                | N           | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>T</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |
| 25         | LC3   | 8        | 0.000          | 10.22       | 0.00           | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 18       | 0.817          | 10.22       | 0.00           | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            | LC4   | 8        | 0.000          | 26.63       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 18       | 0.817          | 26.63       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            | LC5   | 8        | 0.000          | 0.54        | 0.00           | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 18       | 0.817          | 0.54        | 0.00           | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            | LC6   | 8        | 0.000          | 1.42        | 0.00           | 0.04           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 18       | 0.817          | 1.36        | 0.00           | -0.04          | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            | LC7   | 8        | 0.000          | 1.02        | 0.00           | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 18       | 0.817          | 1.02        | 0.00           | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            | CO1   | 8        | 0.000          | 17.02       | -0.00          | 0.06           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 18       | 0.817          | 16.94       | 0.00           | -0.06          | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            | CO2   | 8        | 0.000          | 54.53       | -0.00          | 0.05           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 18       | 0.817          | 54.46       | -0.00          | -0.05          | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            | CO3   | 8        | 0.000          | 43.06       | -0.00          | 0.05           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 18       | 0.817          | 42.99       | -0.00          | -0.05          | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            | CO4   | 8        | 0.000          | 39.37       | -0.00          | 0.04           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 18       | 0.817          | 39.31       | -0.00          | -0.04          | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            | CO5   | 8        | 0.000          | 36.34       | -0.00          | 0.06           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 18       | 0.817          | 36.26       | -0.00          | -0.06          | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            | CO6   | 8        | 0.000          | 23.21       | -0.00          | 0.04           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
| 18         |       | 0.817    | 23.15          | -0.00       | -0.04          | -0.00          | 0.00           | -0.00          |                |
| 26         | LC3   | 18       | 0.000          | -10.14      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |       | 10       | 1.092          | -10.14      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC4   | 18       | 0.000          | -25.83      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |       | 10       | 1.092          | -25.83      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC5   | 18       | 0.000          | -0.51       | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |       | 10       | 1.092          | -0.51       | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC6   | 18       | 0.000          | -0.75       | 0.00           | 0.06           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |       | 10       | 1.092          | -0.66       | 0.00           | -0.06          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC7   | 18       | 0.000          | -1.01       | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |       | 10       | 1.092          | -1.01       | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | CO1   | 18       | 0.000          | -16.22      | 0.00           | 0.08           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |       | 10       | 1.092          | -16.10      | 0.00           | -0.08          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | CO2   | 18       | 0.000          | -54.31      | 0.00           | 0.07           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |       | 10       | 1.092          | -54.21      | 0.00           | -0.07          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | CO3   | 18       | 0.000          | -42.48      | 0.00           | 0.07           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |       | 10       | 1.092          | -42.38      | 0.00           | -0.06          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | CO4   | 18       | 0.000          | -38.78      | 0.00           | 0.06           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |       | 10       | 1.092          | -38.69      | 0.00           | -0.06          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | CO5   | 18       | 0.000          | -35.58      | 0.00           | 0.08           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |       | 10       | 1.092          | -35.46      | 0.00           | -0.08          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | CO6   | 18       | 0.000          | -22.49      | 0.00           | 0.06           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
| 10         |       | 1.092    | -22.40         | 0.00        | -0.06          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |                |
| 27         | LC3   | 10       | 0.000          | -6.74       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 19       | 1.095          | -6.74       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | LC4   | 10       | 0.000          | -9.99       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 19       | 1.095          | -9.99       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | LC5   | 10       | 0.000          | 0.37        | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 19       | 1.095          | 0.37        | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | LC6   | 10       | 0.000          | -0.25       | -0.00          | 0.06           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 19       | 1.095          | -0.34       | -0.00          | -0.06          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | LC7   | 10       | 0.000          | -0.67       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 19       | 1.095          | -0.67       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | CO1   | 10       | 0.000          | -10.48      | -0.00          | 0.08           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 19       | 1.095          | -10.60      | -0.00          | -0.08          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | CO2   | 10       | 0.000          | -24.69      | -0.00          | 0.07           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 19       | 1.095          | -24.80      | -0.00          | -0.07          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | CO3   | 10       | 0.000          | -19.50      | -0.00          | 0.07           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 19       | 1.095          | -19.60      | -0.00          | -0.06          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | CO4   | 10       | 0.000          | -18.07      | -0.00          | 0.06           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 19       | 1.095          | -18.16      | -0.00          | -0.06          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | CO5   | 10       | 0.000          | -17.33      | -0.00          | 0.08           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 19       | 1.095          | -17.45      | -0.00          | -0.08          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | CO6   | 10       | 0.000          | -11.89      | -0.00          | 0.06           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
| 19         |       | 1.095    | -11.98         | -0.00       | -0.06          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| 28         | LC3   | 19       | 0.000          | 5.69        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 12       | 1.275          | 5.69        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC4   | 19       | 0.000          | 8.30        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 12       | 1.275          | 8.30        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC5   | 19       | 0.000          | -0.31       | -0.00          | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 12       | 1.275          | -0.31       | -0.00          | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC6   | 19       | 0.000          | 0.82        | 0.00           | 0.06           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 12       | 1.275          | 0.94        | 0.00           | -0.06          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC7   | 19       | 0.000          | 0.57        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 12       | 1.275          | 0.57        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | CO1   | 19       | 0.000          | 9.50        | 0.00           | 0.08           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 12       | 1.275          | 9.67        | 0.00           | -0.08          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | CO2   | 19       | 0.000          | 19.88       | 0.00           | 0.07           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 12       | 1.275          | 20.03       | 0.00           | -0.07          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | CO3   | 19       | 0.000          | 16.11       | 0.00           | 0.07           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 12       | 1.275          | 16.25       | 0.00           | -0.07          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | CO4   | 19       | 0.000          | 14.97       | 0.00           | 0.06           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 12       | 1.275          | 15.09       | 0.00           | -0.06          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | CO5   | 19       | 0.000          | 14.69       | 0.00           | 0.08           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            |       | 12       | 1.275          | 14.85       | 0.00           | -0.08          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | CO6   | 19       | 0.000          | 10.32       | 0.00           | 0.06           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
| 12         |       | 1.275    | 10.44          | 0.00        | -0.06          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |                |
| 29         | LC3   | 12       | 0.000          | -15.65      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |       | 20       | 1.314          | -15.65      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            | LC4   | 12       | 0.000          | -31.17      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |       | 20       | 1.314          | -31.17      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            | LC5   | 12       | 0.000          | 0.23        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
| 20         |       | 1.314    | 0.23           | 0.00        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |



**RESULTS**

Project: \_\_\_\_\_ Model: Teräsristikko \_\_\_\_\_

Date: 5.12.2018

**4.12 CROSS-SECTIONS - INTERNAL FORCES**

| Member No. | LC/CO                                  | Node No. | Location x [m] | Forces [kN] |                |                | Moments [kNm]  |                |                |
|------------|--|----------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|            |  |          |                | N           | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>T</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |
| 29         | LC6                                    | 12       | 0.000          | -1.26       | -0.00          | 0.06           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 20       | 1.314          | -1.39       | -0.00          | -0.06          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            | LC7                                    | 12       | 0.000          | -1.57       | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 20       | 1.314          | -1.57       | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            | CO1                                    | 12       | 0.000          | -24.97      | 0.00           | 0.08           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 20       | 1.314          | -25.14      | 0.00           | -0.08          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
| CO2        | 12                                     | 0.000    | -67.95         | 0.00        | 0.07           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 20                                     | 1.314    | -68.09         | 0.00        | -0.07          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
| CO3        | 12                                     | 0.000    | -53.72         | 0.00        | 0.07           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 20                                     | 1.314    | -53.86         | 0.00        | -0.07          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
| CO4        | 12                                     | 0.000    | -49.60         | 0.00        | 0.06           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 20                                     | 1.314    | -49.72         | 0.00        | -0.06          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
| CO5        | 12                                     | 0.000    | -46.49         | 0.00        | 0.08           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 20                                     | 1.314    | -46.65         | 0.00        | -0.08          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
| CO6        | 12                                     | 0.000    | -30.99         | 0.00        | 0.06           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 20                                     | 1.314    | -31.11         | 0.00        | -0.06          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
| 30         | LC3                                    | 20       | 0.000          | 14.80       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |  | 15       | 1.566          | 14.80       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | LC4                                    | 20       | 0.000          | 29.80       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |  | 15       | 1.566          | 29.80       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | LC5                                    | 20       | 0.000          | -0.21       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |  | 15       | 1.566          | -0.21       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | LC6                                    | 20       | 0.000          | 1.89        | -0.00          | 0.07           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |  | 15       | 1.566          | 2.05        | -0.00          | -0.07          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | LC7                                    | 20       | 0.000          | 1.48        | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |  | 15       | 1.566          | 1.48        | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | CO1                                    | 20       | 0.000          | 24.47       | -0.00          | 0.09           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            |  | 15       | 1.566          | 24.69       | -0.00          | -0.09          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
| CO2        | 20                                     | 0.000    | 64.78          | -0.00       | 0.07           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |                |
|            | 15                                     | 1.566    | 64.96          | -0.00       | -0.07          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO3        | 20                                     | 0.000    | 51.47          | -0.00       | 0.07           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |                |
|            | 15                                     | 1.566    | 51.66          | -0.00       | -0.07          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO4        | 20                                     | 0.000    | 47.52          | -0.00       | 0.06           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |                |
|            | 15                                     | 1.566    | 47.68          | -0.00       | -0.06          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO5        | 20                                     | 0.000    | 44.79          | -0.00       | 0.09           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |                |
|            | 15                                     | 1.566    | 45.00          | -0.00       | -0.09          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO6        | 20                                     | 0.000    | 29.99          | -0.00       | 0.06           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |                |
|            | 15                                     | 1.566    | 30.15          | -0.00       | -0.06          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| 31         | LC3                                    | 15       | 0.000          | -34.94      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 21       | 1.691          | -34.94      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC4                                    | 15       | 0.000          | -86.56      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 21       | 1.691          | -86.56      | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC5                                    | 15       | 0.000          | 0.20        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 21       | 1.691          | 0.20        | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC6                                    | 15       | 0.000          | -3.03       | 0.00           | 0.08           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 21       | 1.691          | -3.19       | 0.00           | -0.08          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC7                                    | 15       | 0.000          | -3.49       | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 21       | 1.691          | -3.49       | 0.00           | 0.00           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | CO1                                    | 15       | 0.000          | -56.00      | 0.00           | 0.11           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 21       | 1.691          | -56.22      | 0.00           | -0.11          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
| CO2        | 15                                     | 0.000    | -177.69        | 0.00        | 0.11           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 21                                     | 1.691    | -177.87        | 0.00        | -0.11          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |                |
| CO3        | 15                                     | 0.000    | -138.49        | 0.00        | 0.10           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 21                                     | 1.691    | -138.68        | 0.00        | -0.10          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |                |
| CO4        | 15                                     | 0.000    | -128.08        | 0.00        | 0.09           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 21                                     | 1.691    | -128.24        | 0.00        | -0.09          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |                |
| CO5        | 15                                     | 0.000    | -116.43        | 0.00        | 0.12           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 21                                     | 1.691    | -116.64        | 0.00        | -0.12          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |                |
| CO6        | 15                                     | 0.000    | -76.14         | 0.00        | 0.08           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 21                                     | 1.691    | -76.30         | 0.00        | -0.08          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |                |
| 32         | LC3                                    | 21       | 0.000          | 30.88       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 17       | 1.977          | 30.88       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | LC4                                    | 21       | 0.000          | 76.26       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 17       | 1.977          | 76.26       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | LC5                                    | 21       | 0.000          | -0.19       | 0.00           | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 17       | 1.977          | -0.19       | 0.00           | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | LC6                                    | 21       | 0.000          | 3.40        | -0.00          | 0.08           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 17       | 1.977          | 3.61        | -0.00          | -0.08          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | LC7                                    | 21       | 0.000          | 3.09        | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 17       | 1.977          | 3.09        | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            | CO1                                    | 21       | 0.000          | 50.45       | -0.00          | 0.10           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
|            |  | 17       | 1.977          | 50.73       | -0.00          | -0.10          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |
| CO2        | 21                                     | 0.000    | 157.24         | 0.00        | 0.08           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 17                                     | 1.977    | 157.48         | -0.00       | -0.08          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO3        | 21                                     | 0.000    | 122.80         | -0.00       | 0.08           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 17                                     | 1.977    | 123.03         | -0.00       | -0.08          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO4        | 21                                     | 0.000    | 113.54         | -0.00       | 0.07           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 17                                     | 1.977    | 113.75         | -0.00       | -0.07          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO5        | 21                                     | 0.000    | 103.57         | -0.00       | 0.10           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 17                                     | 1.977    | 103.85         | -0.00       | -0.10          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| CO6        | 21                                     | 0.000    | 67.88          | -0.00       | 0.07           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
|            | 17                                     | 1.977    | 68.09          | -0.00       | -0.07          | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |
| 1          | Section No. 16: SHS 120x120x8   Ruukki |          |                |             |                |                |                |                |                |
|            | LC3                                    | 17       | 0.000          | 4.63        | 0.00           | -25.03         | -0.00          | 4.28           | -0.00          |
|            |  | 3        | 0.168          | 4.77        | 0.00           | -26.03         | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            | LC4                                    | 17       | 0.000          | 11.68       | 0.00           | -64.76         | 0.00           | 11.11          | -0.00          |
|            |  | 3        | 0.168          | 11.68       | 0.00           | -64.76         | 0.00           | 11.11          | -0.00          |
|            | LC5                                    | 3        | 0.168          | 12.14       | 0.00           | -67.90         | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            |  | 17       | 0.000          | 12.14       | 0.00           | -67.90         | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC6                                    | 3        | 0.168          | -4.67       | -0.00          | 0.11           | 0.00           | -0.02          | -0.00          |
|            |  | 17       | 0.000          | -4.67       | -0.00          | 0.11           | 0.00           | 0.00           | -0.00          |
|            | LC7                                    | 3        | 0.168          | 0.48        | 0.00           | -2.59          | -0.00          | 0.44           | -0.00          |
|            |  | 17       | 0.000          | 0.48        | 0.00           | -2.64          | -0.00          | 0.00           | -0.00          |



RESULTS

Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

4.12 CROSS-SECTIONS - INTERNAL FORCES

| Member No. | LC/CO | Node No. | Location x [m] | Forces [kN] |                |                | Moments [kNm]  |                |                |       |
|------------|-------|----------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
|            |       |          |                | N           | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>T</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |       |
| 1          | LC7   | 3        | 0.168          | 0.48        | 0.00           | -2.60          | -0.00          | 0.00           | -0.00          |       |
|            |       | 17       | 0.000          | 7.75        | 0.00           | -40.61         | 0.00           | 6.93           | -0.00          |       |
|            | CO1   |          | 0.000          | 7.75        | 0.00           | -40.61         | 0.00           | 6.93           | -0.00          |       |
|            |       |          | 0.168          | 8.01        | 0.00           | -42.14         | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            | CO2   | 3        | 0.168          | 8.01        | 0.00           | -42.14         | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |       | 17       | 0.000          | 22.29       | 0.00           | -131.03        | 0.00           | 22.45          | -0.00          |       |
|            | CO3   |          | 0.000          | 22.29       | 0.00           | -131.03        | 0.00           | 22.45          | -0.00          |       |
|            |       |          | 0.168          | 23.53       | 0.00           | -136.98        | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            | CO4   | 3        | 0.168          | 23.53       | 0.00           | -136.98        | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |       | 17       | 0.000          | 13.07       | 0.00           | -102.15        | 0.00           | 17.49          | -0.00          |       |
|            | CO5   |          | 0.000          | 13.07       | 0.00           | -102.15        | 0.00           | 17.49          | -0.00          |       |
|            |       |          | 0.168          | 13.96       | 0.00           | -106.72        | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            | CO6   | 3        | 0.168          | 13.96       | 0.00           | -106.72        | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            |       | 17       | 0.000          | 15.77       | 0.00           | -94.49         | 0.00           | 16.19          | -0.00          |       |
|            | 3     | LC3      |                | 0.168       | 16.58          | 0.00           | -98.73         | 0.00           | 0.00           | -0.00 |
|            |       |          | 3              | 0.168       | 16.58          | 0.00           | -98.73         | 0.00           | 0.00           | -0.00 |
|            |       | LC4      | 17             | 0.000       | 9.62           | 0.00           | -85.62         | 0.00           | 14.65          | -0.00 |
|            |       |          |                | 0.000       | 9.62           | 0.00           | -85.62         | 0.00           | 14.65          | -0.00 |
|            |       | LC5      |                | 0.168       | 10.32          | 0.00           | -89.33         | 0.00           | 0.00           | -0.00 |
|            |       |          | 3              | 0.168       | 10.32          | 0.00           | -89.33         | 0.00           | 0.00           | -0.00 |
|            |       | LC6      | 17             | 0.000       | 10.71          | 0.00           | -55.91         | 0.00           | 9.56           | -0.00 |
|            |       |          |                | 0.000       | 10.71          | 0.00           | -55.91         | 0.00           | 9.56           | -0.00 |
|            |       | LC7      |                | 0.168       | 11.13          | 0.00           | -58.29         | 0.00           | 0.00           | -0.00 |
|            |       |          | 3              | 0.168       | 11.13          | 0.00           | -58.29         | 0.00           | 0.00           | -0.00 |
|            |       | CO1      | 6              | 0.000       | -31.49         | -0.00          | -1.68          | 0.00           | 3.48           | 0.00  |
|            |       |          | 8              | 0.932       | -30.68         | -0.00          | -7.21          | 0.00           | -0.67          | 0.00  |
|            |       | CO2      | 6              | 0.000       | -66.26         | -0.00          | -4.42          | 0.00           | 7.17           | 0.00  |
|            |       |          |                | 0.000       | -66.26         | -0.00          | -4.42          | 0.00           | 7.17           | 0.00  |
|            |       | CO3      |                | 0.932       | -64.96         | -0.00          | -13.35         | 0.00           | -1.04          | 0.00  |
|            |       |          | 8              | 0.932       | -64.96         | -0.00          | -13.35         | 0.00           | -1.04          | 0.00  |
|            |       | CO4      | 6              | 0.000       | -2.15          | -0.00          | -0.07          | -0.00          | 0.08           | 0.00  |
|            |       |          |                | 0.932       | -2.15          | -0.00          | -0.07          | -0.00          | 0.01           | 0.00  |
|            |       | CO5      | 6              | 0.000       | -3.25          | -0.00          | -0.27          | 0.00           | 0.35           | 0.00  |
|            |       |          |                | 0.932       | -3.21          | -0.00          | -0.51          | 0.00           | -0.02          | 0.00  |
|            |       | CO6      | 6              | 0.000       | -3.15          | -0.00          | -0.17          | 0.00           | 0.35           | 0.00  |
|            |       |          |                | 0.932       | -3.07          | -0.00          | -0.72          | 0.00           | -0.07          | 0.00  |
| 5          |       | CO1      | 6              | 0.000       | -51.09         | -0.00          | -2.79          | 0.00           | 5.64           | 0.00  |
|            |       |          |                | 0.000       | -51.08         | -0.00          | -2.79          | 0.00           | 5.64           | 0.00  |
|            |       | CO2      |                | 0.932       | -49.85         | -0.00          | -11.45         | 0.00           | -1.02          | 0.00  |
|            |       |          | 6              | 0.000       | -144.36        | -0.00          | -8.65          | 0.00           | 15.68          | 0.00  |
|            |       | CO3      |                | 0.000       | -144.36        | -0.00          | -8.65          | 0.00           | 15.68          | 0.00  |
|            |       |          |                | 0.932       | -141.41        | -0.00          | -30.19         | 0.00           | -2.48          | 0.00  |
|            |       | CO4      | 6              | 0.000       | -141.41        | -0.00          | -30.19         | 0.00           | -2.48          | 0.00  |
|            |       |          |                | 0.000       | -116.03        | -0.00          | -6.89          | 0.00           | 12.48          | 0.00  |
|            |       | CO5      |                | 0.000       | -116.03        | -0.00          | -6.89          | 0.00           | 12.48          | 0.00  |
|            |       |          |                | 0.932       | -113.64        | -0.00          | -24.10         | 0.00           | -1.99          | 0.00  |
|            |       | CO6      | 6              | 0.000       | -113.64        | -0.00          | -24.10         | 0.00           | -1.99          | 0.00  |
|            |       |          |                | 0.000       | -105.16        | -0.00          | -6.33          | 0.00           | 11.42          | 0.00  |
|            |       | CO1      |                | 0.000       | -105.16        | -0.00          | -6.33          | 0.00           | 11.42          | 0.00  |
|            |       |          |                | 0.932       | -102.96        | -0.00          | -22.05         | 0.00           | -1.82          | 0.00  |
|            | CO2   | 8        | 0.932          | -102.96     | -0.00          | -22.05         | 0.00           | -1.82          | 0.00           |       |
|            |       | 6        | 0.000          | -100.50     | -0.00          | -5.84          | 0.00           | 10.80          | 0.00           |       |
|            | CO3   |          | 0.000          | -100.50     | -0.00          | -5.84          | 0.00           | 10.80          | 0.00           |       |
|            |       |          | 0.932          | -98.38      | -0.00          | -21.05         | 0.00           | -1.76          | 0.00           |       |
|            | CO4   | 8        | 0.932          | -98.38      | -0.00          | -21.05         | 0.00           | -1.76          | 0.00           |       |
|            |       | 6        | 0.000          | -64.29      | -0.00          | -3.79          | 0.00           | 7.05           | 0.00           |       |
|            | CO5   |          | 0.000          | -64.29      | -0.00          | -3.79          | 0.00           | 7.05           | 0.00           |       |
|            |       |          | 0.932          | -62.86      | -0.00          | -13.86         | 0.00           | -1.18          | 0.00           |       |
|            | CO6   | 8        | 0.932          | -62.86      | -0.00          | -13.86         | 0.00           | -1.18          | 0.00           |       |
|            |       | 10       | 1.553          | -65.34      | 0.00           | 4.52           | 0.00           | -0.67          | 0.00           |       |
|            | LC3   | 8        | 0.000          | -63.99      | 0.00           | -4.70          | 0.00           | -0.81          | -0.00          |       |
|            |       | 10       | 1.553          | -63.99      | 0.00           | -4.70          | 0.00           | -0.81          | -0.00          |       |
|            | LC4   | 8        | 0.000          | -141.73     | 0.00           | 7.94           | 0.00           | -1.04          | 0.00           |       |
|            |       |          | 0.000          | -141.73     | 0.00           | 7.94           | 0.00           | -1.04          | 0.00           |       |
|            | LC5   |          | 1.553          | -139.24     | 0.00           | -9.08          | 0.00           | -1.58          | -0.00          |       |
|            |       | 10       | 1.553          | -139.24     | 0.00           | -9.08          | 0.00           | -1.58          | -0.00          |       |
|            | LC6   | 8        | 0.000          | -3.19       | 0.00           | 0.01           | 0.00           | 0.01           | 0.00           |       |
|            |       | 10       | 1.553          | -3.19       | 0.00           | 0.01           | 0.00           | 0.02           | -0.00          |       |
|            | LC7   | 8        | 0.000          | -6.79       | 0.00           | 0.21           | 0.00           | -0.02          | 0.00           |       |
|            |       | 10       | 1.553          | -6.73       | 0.00           | -0.19          | 0.00           | 0.00           | -0.00          |       |
|            | CO1   | 8        | 0.000          | -6.53       | 0.00           | 0.45           | 0.00           | -0.07          | 0.00           |       |
|            |       | 10       | 1.553          | -6.40       | 0.00           | -0.47          | 0.00           | -0.08          | -0.00          |       |
| CO2        |       | 0.000    | -106.17        | 0.00        | 7.04           | 0.00           | -1.02          | 0.00           |                |       |
|            |       | 0.000    | -106.17        | 0.00        | 7.03           | 0.00           | -1.02          | 0.00           |                |       |
| CO3        |       | 1.553    | -104.11        | 0.00        | -7.30          | 0.00           | -1.23          | -0.00          |                |       |
|            |       | 1.553    | -104.11        | 0.00        | -7.30          | 0.00           | -1.23          | -0.00          |                |       |
| CO4        | 8     | 0.000    | -305.84        | 0.00        | 18.10          | 0.00           | -2.48          | 0.00           |                |       |
|            |       | 0.000    | -305.84        | 0.00        | 18.10          | 0.00           | -2.48          | 0.00           |                |       |
| CO5        |       | 1.553    | -300.51        | 0.00        | -20.28         | 0.00           | -3.72          | -0.00          |                |       |
|            | 10    | 1.553    | -300.51        | 0.00        | -20.28         | 0.00           | -3.72          | -0.00          |                |       |
| CO6        | 8     | 0.000    | -244.07        | 0.00        | 14.46          | 0.00           | -1.99          | 0.00           |                |       |
|            |       | 0.000    | -244.07        | 0.00        | 14.46          | 0.00           | -1.99          | 0.00           |                |       |
| CO1        |       | 1.553    | -239.79        | 0.00        | -16.01         | 0.00           | -2.86          | -0.00          |                |       |
|            | 10    | 1.553    | -239.79        | 0.00        | -16.01         | 0.00           | -2.86          | -0.00          |                |       |
| CO2        | 8     | 0.000    | -222.25        | 0.00        | 13.25          | 0.00           | -1.82          | 0.00           |                |       |
|            |       | 0.000    | -222.25        | 0.00        | 13.25          | 0.00           | -1.82          | 0.00           |                |       |
| CO3        |       | 1.553    | -218.31        | 0.00        | -14.70         | 0.00           | -2.63          | -0.00          |                |       |
|            | 10    | 1.553    | -218.31        | 0.00        | -14.70         | 0.00           | -2.63          | -0.00          |                |       |
| CO4        | 8     | 0.000    | -210.20        | 0.00        | 12.68          | 0.00           | -1.76          | 0.00           |                |       |
|            |       | 0.000    | -210.20        | 0.00        | 12.68          | 0.00           | -1.76          | 0.00           |                |       |
| CO5        |       | 1.553    | -206.46        | 0.00        | -13.82         | 0.00           | -2.42          | -0.00          |                |       |
|            | 10    | 1.553    | -206.46        | 0.00        | -13.82         | 0.00           | -2.42          | -0.00          |                |       |
| CO6        | 8     | 0.000    | -135.32        | 0.00        | 8.41           | 0.00           | -1.18          | 0.00           |                |       |
|            |       | 0.000    | -135.32        | 0.00        | 8.41           | 0.00           | -1.18          | 0.00           |                |       |



Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

■ 4.12 CROSS-SECTIONS - INTERNAL FORCES

| Member No. | LC/CO | Node No. | Location x [m] | Forces [kN] |                |                | Moments [kNm]  |                |                |
|------------|-------|----------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|            |       |          |                | N           | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>T</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |
| 5          | CO6   | 10       | 0.000          | -135.32     | 0.00           | 8.41           | 0.00           | -1.18          | 0.00           |
|            |       |          | 1.553          | -132.81     | 0.00           | -9.09          | 0.00           | -1.58          | -0.00          |
| 7          | LC3   | 10       | 0.000          | -132.81     | 0.00           | -9.09          | 0.00           | -1.58          | -0.00          |
|            |       |          | 1.749          | -68.14      | -0.00          | 5.27           | -0.00          | -0.81          | -0.00          |
|            |       |          | 0.000          | -66.62      | -0.00          | -5.12          | -0.00          | -0.68          | 0.00           |
|            | LC4   | 10       | 0.000          | -154.74     | -0.00          | 11.11          | -0.00          | -1.58          | -0.00          |
|            |       |          | 0.000          | -154.74     | -0.00          | 11.11          | -0.00          | -1.58          | -0.00          |
|            |       |          | 1.749          | -151.47     | -0.00          | -11.27         | -0.00          | -1.23          | 0.00           |
|            | LC5   | 10       | 0.000          | -151.47     | -0.00          | -11.27         | -0.00          | -1.23          | 0.00           |
|            |       |          | 1.749          | -151.47     | -0.00          | -11.27         | -0.00          | -1.23          | 0.00           |
|            |       |          | 1.749          | -3.88       | -0.00          | -0.01          | -0.00          | 0.02           | -0.00          |
|            | LC6   | 10       | 0.000          | -3.88       | -0.00          | -0.01          | -0.00          | 0.01           | 0.00           |
|            |       |          | 1.749          | -7.11       | -0.00          | 0.23           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
|            | LC7   | 10       | 0.000          | -7.11       | -0.00          | 0.23           | -0.00          | 0.00           | -0.00          |
| 1.749      |       |          | -7.05          | -0.00       | -0.22          | -0.00          | 0.01           | 0.00           |                |
| CO1        | 10    | 0.000    | -6.81          | -0.00       | 0.53           | -0.00          | -0.08          | -0.00          |                |
|            |       | 1.749    | -6.66          | -0.00       | -0.51          | -0.00          | -0.07          | 0.00           |                |
| CO1        | 10    | 0.000    | -110.82        | -0.00       | 8.24           | -0.00          | -1.23          | -0.00          |                |
|            |       | 0.000    | -110.82        | -0.00       | 8.24           | -0.00          | -1.23          | -0.00          |                |
| CO1        | 10    | 1.749    | -108.48        | -0.00       | -7.98          | -0.00          | -1.00          | 0.00           |                |
|            |       | 1.749    | -108.48        | -0.00       | -7.98          | -0.00          | -1.00          | 0.00           |                |
| CO2        | 10    | 0.000    | -330.42        | -0.00       | 24.63          | -0.00          | -3.72          | -0.00          |                |
|            |       | 0.000    | -330.42        | -0.00       | 24.63          | -0.00          | -3.72          | -0.00          |                |
| CO2        | 10    | 1.749    | -323.56        | -0.00       | -24.39         | -0.00          | -2.69          | 0.00           |                |
|            |       | 1.749    | -323.56        | -0.00       | -24.39         | -0.00          | -2.69          | 0.00           |                |
| CO3        | 10    | 0.000    | -263.05        | -0.00       | 19.24          | -0.00          | -2.86          | -0.00          |                |
|            |       | 0.000    | -263.05        | -0.00       | 19.24          | -0.00          | -2.86          | -0.00          |                |
| CO3        | 10    | 1.749    | -257.64        | -0.00       | -19.03         | -0.00          | -2.12          | 0.00           |                |
|            |       | 1.749    | -257.64        | -0.00       | -19.03         | -0.00          | -2.13          | 0.00           |                |
| CO4        | 10    | 0.000    | -239.36        | -0.00       | 17.67          | -0.00          | -2.63          | -0.00          |                |
|            |       | 0.000    | -239.36        | -0.00       | 17.67          | -0.00          | -2.63          | -0.00          |                |
| CO4        | 10    | 1.749    | -234.37        | -0.00       | -17.51         | -0.00          | -1.97          | 0.00           |                |
|            |       | 1.749    | -234.37        | -0.00       | -17.51         | -0.00          | -1.97          | 0.00           |                |
| CO5        | 10    | 0.000    | -225.22        | -0.00       | 16.37          | -0.00          | -2.42          | -0.00          |                |
|            |       | 0.000    | -225.22        | -0.00       | 16.37          | -0.00          | -2.42          | -0.00          |                |
| CO5        | 10    | 1.749    | -220.60        | -0.00       | -16.13         | -0.00          | -1.84          | 0.00           |                |
|            |       | 1.749    | -220.60        | -0.00       | -16.13         | -0.00          | -1.84          | 0.00           |                |
| CO6        | 10    | 0.000    | -144.02        | -0.00       | 10.66          | -0.00          | -1.58          | -0.00          |                |
|            |       | 0.000    | -144.02        | -0.00       | 10.66          | -0.00          | -1.58          | -0.00          |                |
| CO6        | 10    | 1.749    | -140.98        | -0.00       | -10.50         | -0.00          | -1.23          | 0.00           |                |
|            |       | 1.749    | -140.98        | -0.00       | -10.50         | -0.00          | -1.23          | 0.00           |                |
| 9          | LC3   | 12       | 0.000          | -52.85      | -0.00          | 3.91           | -0.00          | -0.68          | 0.00           |
|            |       |          | 1.940          | -51.16      | -0.00          | -7.61          | -0.00          | -4.27          | 0.00           |
|            | LC4   | 12       | 0.000          | -126.41     | -0.00          | 8.59           | -0.00          | -1.23          | -0.00          |
|            |       |          | 0.000          | -126.41     | -0.00          | 8.59           | -0.00          | -1.23          | -0.00          |
|            | LC4   | 12       | 1.940          | -122.20     | -0.00          | -20.21         | -0.00          | -11.82         | 0.00           |
|            |       |          | 1.940          | -122.20     | -0.00          | -20.21         | -0.00          | -11.82         | 0.00           |
|            | LC5   | 12       | 0.000          | -4.26       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.01           | -0.00          |
|            |       |          | 0.000          | -4.26       | -0.00          | 0.00           | -0.00          | 0.02           | 0.00           |
|            | LC6   | 12       | 0.000          | -5.54       | -0.00          | 0.12           | -0.00          | 0.01           | 0.00           |
|            |       |          | 0.000          | -5.47       | -0.00          | -0.38          | -0.00          | -0.24          | 0.00           |
|            | LC7   | 12       | 0.000          | -5.28       | -0.00          | 0.39           | -0.00          | -0.07          | 0.00           |
|            |       |          | 0.000          | -5.12       | -0.00          | -0.76          | -0.00          | -0.43          | 0.00           |
|            | CO1   | 12       | 0.000          | -86.03      | -0.00          | 5.95           | -0.00          | -1.00          | 0.00           |
|            |       |          | 0.000          | -86.03      | -0.00          | 5.95           | -0.00          | -1.00          | 0.00           |
|            | CO1   | 12       | 1.940          | -83.43      | -0.00          | -11.71         | -0.00          | -6.71          | 0.00           |
|            |       |          | 1.940          | -83.43      | -0.00          | -11.71         | -0.00          | -6.71          | 0.00           |
|            | CO2   | 12       | 0.000          | -267.44     | -0.00          | 17.69          | -0.00          | -2.69          | -0.00          |
|            |       |          | 0.000          | -267.44     | -0.00          | 17.69          | -0.00          | -2.69          | -0.00          |
| CO2        | 12    | 1.940    | -259.02        | -0.00       | -39.11         | -0.00          | -23.83         | 0.00           |                |
|            |       | 1.940    | -259.02        | -0.00       | -39.11         | -0.00          | -23.83         | 0.00           |                |
| CO3        | 12    | 0.000    | -212.94        | -0.00       | 13.94          | -0.00          | -2.13          | -0.00          |                |
|            |       | 0.000    | -212.94        | -0.00       | 13.94          | -0.00          | -2.13          | -0.00          |                |
| CO3        | 12    | 1.940    | -206.37        | -0.00       | -30.52         | -0.00          | -18.34         | 0.00           |                |
|            |       | 1.940    | -206.37        | -0.00       | -30.52         | -0.00          | -18.34         | 0.00           |                |
| CO4        | 12    | 0.000    | -193.03        | -0.00       | 12.88          | -0.00          | -1.97          | -0.00          |                |
|            |       | 0.000    | -193.03        | -0.00       | 12.88          | -0.00          | -1.97          | -0.00          |                |
| CO4        | 12    | 1.940    | -186.95        | -0.00       | -28.32         | -0.00          | -16.97         | 0.00           |                |
|            |       | 1.940    | -186.95        | -0.00       | -28.32         | -0.00          | -16.97         | 0.00           |                |
| CO5        | 12    | 0.000    | -181.29        | -0.00       | 11.87          | -0.00          | -1.84          | -0.00          |                |
|            |       | 0.000    | -181.29        | -0.00       | 11.87          | -0.00          | -1.84          | -0.00          |                |
| CO5        | 12    | 1.940    | -175.79        | -0.00       | -25.44         | -0.00          | -15.11         | 0.00           |                |
|            |       | 1.940    | -175.79        | -0.00       | -25.44         | -0.00          | -15.11         | 0.00           |                |
| CO6        | 12    | 0.000    | -114.35        | -0.00       | 7.82           | -0.00          | -1.23          | -0.00          |                |
|            |       | 0.000    | -114.35        | -0.00       | 7.82           | -0.00          | -1.23          | -0.00          |                |
| CO6        | 12    | 1.940    | -110.76        | -0.00       | -16.62         | -0.00          | -9.74          | 0.00           |                |
|            |       | 1.940    | -110.76        | -0.00       | -16.62         | -0.00          | -9.74          | 0.00           |                |
| 11         | LC3   | 15       | 0.000          | -19.74      | 0.00           | 10.71          | 0.00           | -4.27          | 0.00           |
|            |       |          | 2.417          | -17.64      | 0.00           | -3.64          | 0.00           | 4.28           | -0.00          |
|            | LC4   | 15       | 0.000          | -49.42      | 0.00           | 29.82          | 0.00           | -11.82         | 0.00           |
|            |       |          | 0.000          | -49.42      | 0.00           | 29.82          | 0.00           | -11.82         | 0.00           |
|            | LC4   | 15       | 2.417          | -43.31      | 0.00           | -11.92         | 0.00           | 11.11          | -0.00          |
|            |       |          | 2.417          | -43.31      | 0.00           | -11.92         | 0.00           | 11.11          | -0.00          |
| LC5        | 15    | 0.000    | -4.54          | 0.00        | -0.02          | 0.00           | 0.02           | 0.00           |                |
|            |       | 0.000    | -4.54          | 0.00        | -0.02          | 0.00           | -0.02          | -0.00          |                |
| LC6        | 15    | 0.000    | -2.16          | 0.00        | 0.60           | 0.00           | -0.24          | 0.00           |                |
|            |       | 0.000    | -2.16          | 0.00        | 0.60           | 0.00           | -0.24          | 0.00           |                |
| LC7        | 15    | 0.000    | -1.97          | 0.00        | 1.07           | 0.00           | 0.44           | -0.00          |                |
|            |       | 0.000    | -1.76          | 0.00        | -0.36          | 0.00           | 0.43           | -0.00          |                |
| CO1        | 15    | 0.000    | -32.26         | 0.00        | 16.79          | 0.00           | -6.71          | 0.00           |                |
|            |       | 0.000    | -32.26         | 0.00        | 16.79          | 0.00           | -6.71          | 0.00           |                |
| CO1        | 15    | 2.417    | -28.99         | 0.00        | -5.63          | 0.00           | 6.93           | -0.00          |                |
|            |       | 2.417    | -28.99         | 0.00        | -5.63          | 0.00           | 6.93           | -0.00          |                |
| CO2        | 15    | 0.000    | -106.04        | 0.00        | 59.90          | 0.00           | -23.83         | 0.00           |                |
|            |       | 0.000    | -106.04        | 0.00        | 59.90          | 0.00           | -23.83         | 0.00           |                |
| CO2        | 15    | 2.417    | -93.72         | 0.00        | -24.54         | 0.00           | 22.45          | -0.00          |                |



Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

■ 4.12 CROSS-SECTIONS - INTERNAL FORCES

| Member No. | LC/CO | Node No. | Location x [m] | Forces [kN] |                |                | Moments [kNm]  |                |                |       |
|------------|-------|----------|----------------|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-------|
|            |       |          |                | N           | V <sub>y</sub> | V <sub>z</sub> | M <sub>T</sub> | M <sub>y</sub> | M <sub>z</sub> |       |
| 11         | CO2   | 17       | 2.417          | -93.72      | 0.00           | -24.54         | 0.00           | 22.45          | -0.00          |       |
|            |       | 15       | 0.000          | -86.52      | 0.00           | 46.12          | 0.00           | -18.34         | 0.00           |       |
|            | CO3   |          | 0.000          | -86.52      | 0.00           | 46.12          | 0.00           | -18.34         | 0.00           |       |
|            |       |          | 2.417          | -77.10      | 0.00           | -18.45         | 0.00           | 17.49          | -0.00          |       |
|            | CO4   | 17       | 2.417          | -77.10      | 0.00           | -18.45         | 0.00           | 17.49          | -0.00          |       |
|            |       | 15       | 0.000          | -76.21      | 0.00           | 42.67          | 0.00           | -16.97         | 0.00           |       |
|            | CO5   |          | 0.000          | -76.21      | 0.00           | 42.67          | 0.00           | -16.97         | 0.00           |       |
|            |       |          | 2.417          | -67.50      | 0.00           | -16.99         | 0.00           | 16.19          | -0.00          |       |
|            | CO6   | 17       | 2.417          | -67.50      | 0.00           | -16.99         | 0.00           | 16.19          | -0.00          |       |
|            |       | 15       | 0.000          | -73.93      | 0.00           | 37.98          | 0.00           | -15.11         | 0.00           |       |
|            | 21    | LC3      |                | 0.000       | -73.93         | 0.00           | 37.98          | 0.00           | -15.11         | 0.00  |
|            |       |          |                | 2.417       | -66.25         | 0.00           | -14.71         | 0.00           | 14.65          | -0.00 |
| LC4        |       | 17       | 2.417          | -66.25      | 0.00           | -14.71         | 0.00           | 14.65          | -0.00          |       |
|            |       | 15       | 0.000          | -43.69      | 0.00           | 24.46          | 0.00           | -9.74          | 0.00           |       |
| LC5        |       |          | 0.000          | -43.69      | 0.00           | 24.46          | 0.00           | -9.74          | 0.00           |       |
|            |       |          | 2.417          | -38.78      | 0.00           | -9.14          | 0.00           | 9.56           | -0.00          |       |
| LC6        |       | 17       | 2.417          | -38.78      | 0.00           | -9.14          | 0.00           | 9.56           | -0.00          |       |
|            |       | 4        | 0.000          | -4.28       | 0.00           | 26.15          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |       |
| LC7        |       | 6        | 0.135          | -4.16       | 0.00           | 25.35          | 0.00           | 3.48           | 0.00           |       |
|            |       | 4        | 0.000          | -8.90       | 0.00           | 53.69          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |       |
| CO1        |       |          | 0.000          | -8.90       | 0.00           | 53.69          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |       |
|            |       |          | 0.135          | -8.73       | 0.00           | 52.48          | 0.00           | 7.17           | 0.00           |       |
| CO2        | 6     | 0.135    | -8.73          | 0.00        | 52.48          | 0.00           | 7.17           | 0.00           |                |       |
|            | 4     | 0.000    | -1.50          | 0.00        | 0.57           | -0.00          | 0.00           | 0.00           |                |       |
| CO3        | 6     | 0.135    | -1.50          | 0.00        | 0.57           | -0.00          | 0.08           | 0.00           |                |       |
|            | 4     | 0.000    | -0.43          | 0.00        | 2.60           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
| CO4        | 6     | 0.135    | -0.42          | 0.00        | 2.57           | 0.00           | 0.35           | 0.00           |                |       |
|            | 4     | 0.000    | -0.43          | 0.00        | 2.61           | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
| CO5        | 6     | 0.135    | -0.42          | 0.00        | 2.53           | 0.00           | 0.35           | 0.00           |                |       |
|            | 4     | 0.000    | -6.73          | 0.00        | 42.39          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
| CO6        |       | 0.000    | -6.73          | 0.00        | 42.39          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
|            |       | 0.135    | -6.57          | 0.00        | 41.15          | 0.00           | 5.64           | 0.00           |                |       |
| CO7        | 6     | 0.135    | -6.57          | 0.00        | 41.15          | 0.00           | 5.64           | 0.00           |                |       |
|            | 4     | 0.000    | -18.93         | 0.00        | 117.54         | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
| CO8        |       | 0.000    | -18.93         | 0.00        | 117.54         | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
|            |       | 0.135    | -18.64         | 0.00        | 114.64         | 0.00           | 15.68          | 0.00           |                |       |
| CO9        | 6     | 0.135    | -18.64         | 0.00        | 114.64         | 0.00           | 15.68          | 0.00           |                |       |
|            | 4     | 0.000    | -16.39         | 0.00        | 93.61          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
| CO10       |       | 0.000    | -16.39         | 0.00        | 93.61          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
|            |       | 0.135    | -16.14         | 0.00        | 91.27          | 0.00           | 12.48          | 0.00           |                |       |
| CO11       | 6     | 0.135    | -16.14         | 0.00        | 91.27          | 0.00           | 12.48          | 0.00           |                |       |
|            | 4     | 0.000    | -14.05         | 0.00        | 85.62          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
| CO12       |       | 0.000    | -14.05         | 0.00        | 85.62          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
|            |       | 0.135    | -13.81         | 0.00        | 83.48          | 0.00           | 11.42          | 0.00           |                |       |
| CO13       | 6     | 0.135    | -13.81         | 0.00        | 83.48          | 0.00           | 11.42          | 0.00           |                |       |
|            | 4     | 0.000    | -14.58         | 0.00        | 81.02          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
| CO14       |       | 0.000    | -14.58         | 0.00        | 81.02          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
|            |       | 0.135    | -14.33         | 0.00        | 78.92          | 0.00           | 10.80          | 0.00           |                |       |
| CO15       | 6     | 0.135    | -14.33         | 0.00        | 78.92          | 0.00           | 10.80          | 0.00           |                |       |
|            | 4     | 0.000    | -8.38          | 0.00        | 52.91          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
| CO16       |       | 0.000    | -8.38          | 0.00        | 52.91          | 0.00           | 0.00           | 0.00           |                |       |
|            |       | 0.135    | -8.20          | 0.00        | 51.51          | 0.00           | 7.05           | 0.00           |                |       |
| CO17       | 6     | 0.135    | -8.20          | 0.00        | 51.51          | 0.00           | 7.05           | 0.00           |                |       |



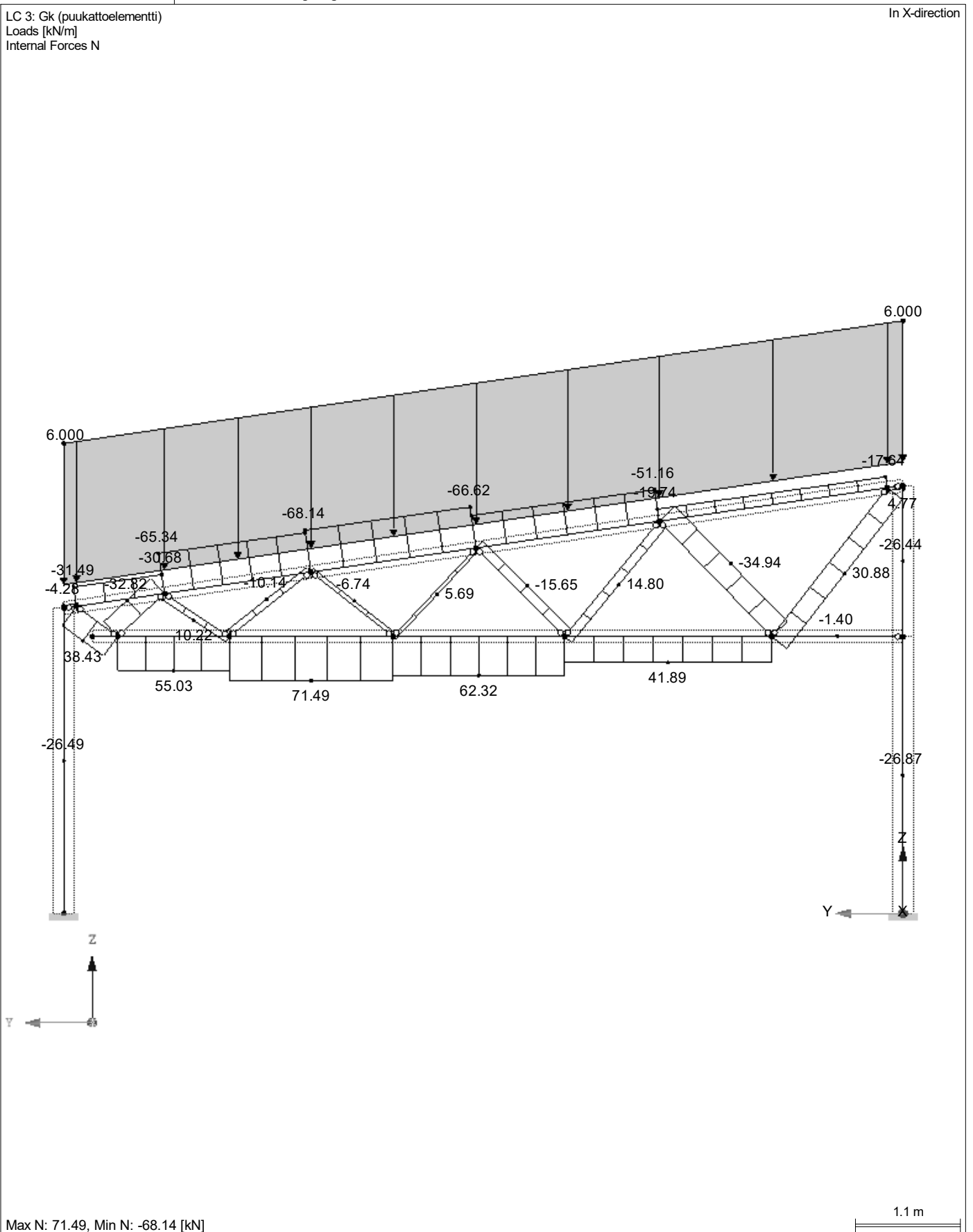
Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

**INTERNAL FORCES N**

LC 3: Gk (puukattoelementti)  
Loads [kN/m]  
Internal Forces N

In X-direction



Max N: 71.49, Min N: -68.14 [kN]

1.1 m





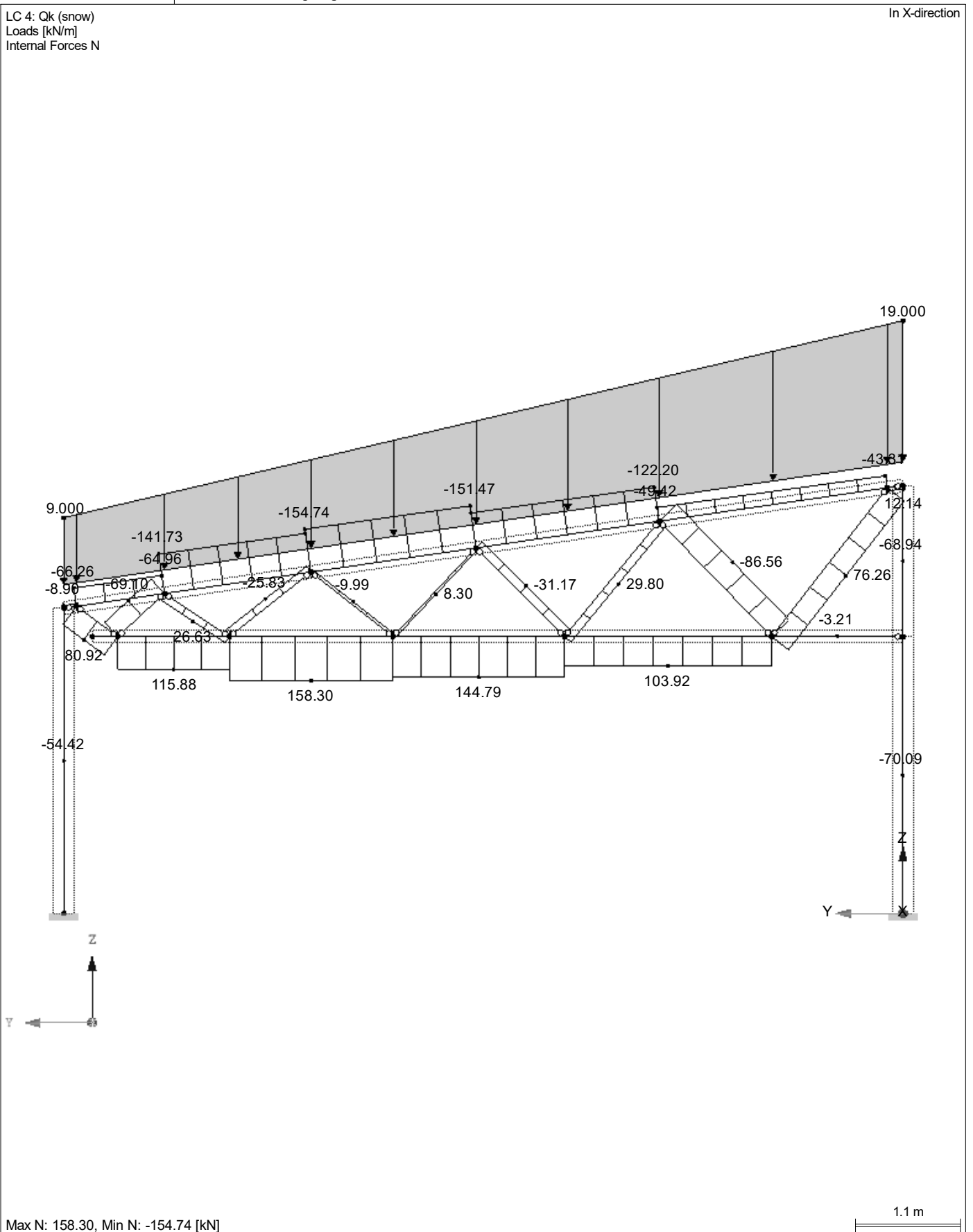
Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

INTERNAL FORCES N

LC 4: Qk (snow)  
Loads [kN/m]  
Internal Forces N

In X-direction





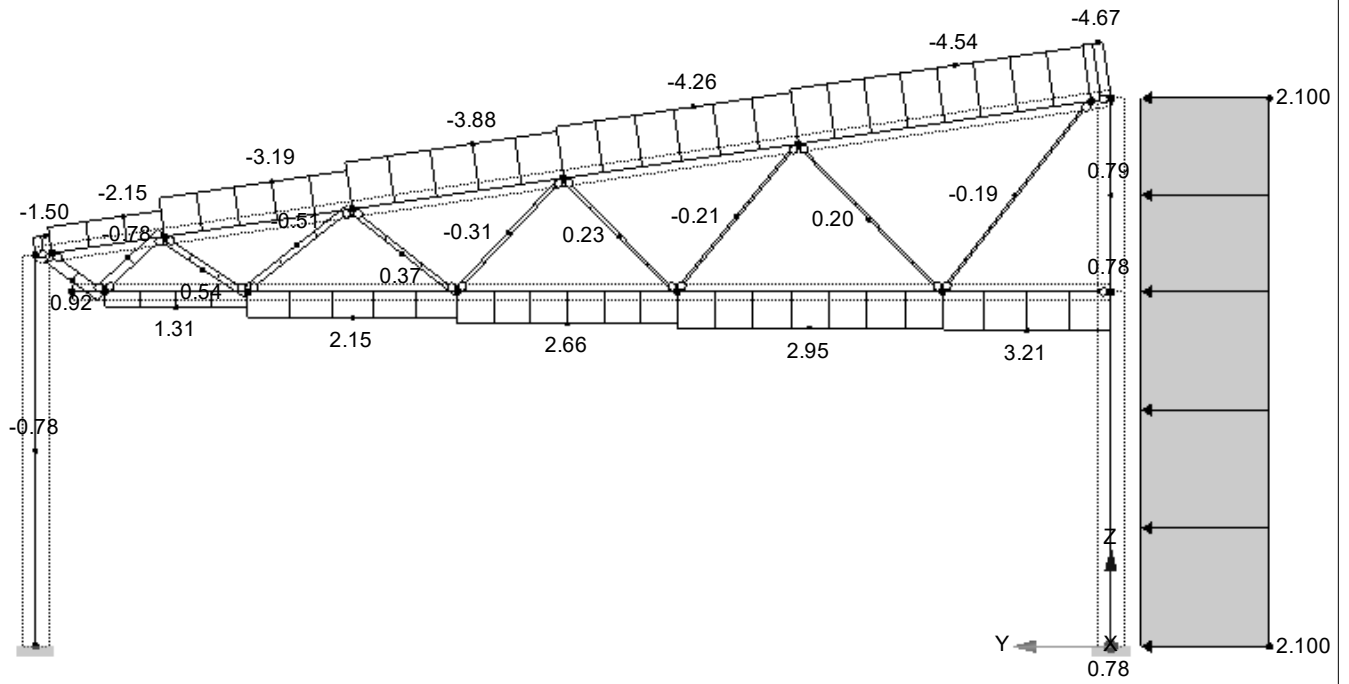
Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

INTERNAL FORCES N

LC 5: Qk (wind)  
Loads [kN/m]  
Internal Forces N

In X-direction



Max N: 3.21, Min N: -4.67 [kN]

1.238 m



Project:

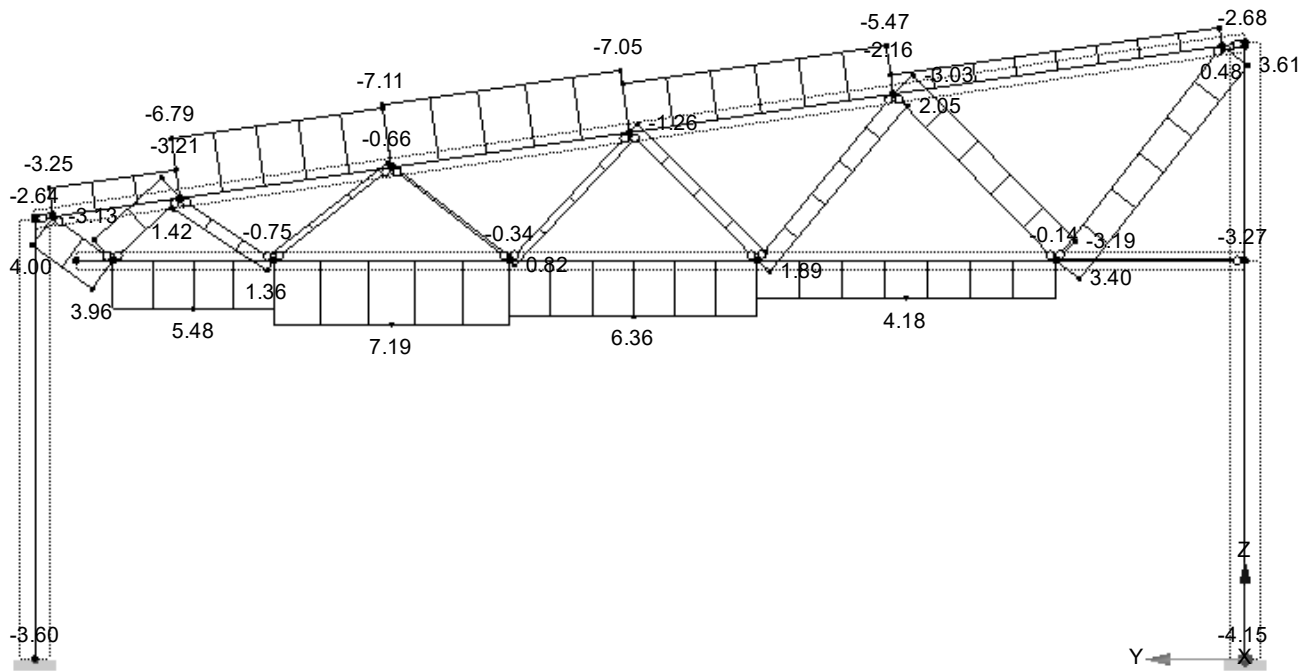
Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

INTERNAL FORCES N

LC 6: Gravity (self weight)  
Internal Forces N

In X-direction



Max N: 7.19, Min N: -7.11 [kN]

1.1 m



Project:

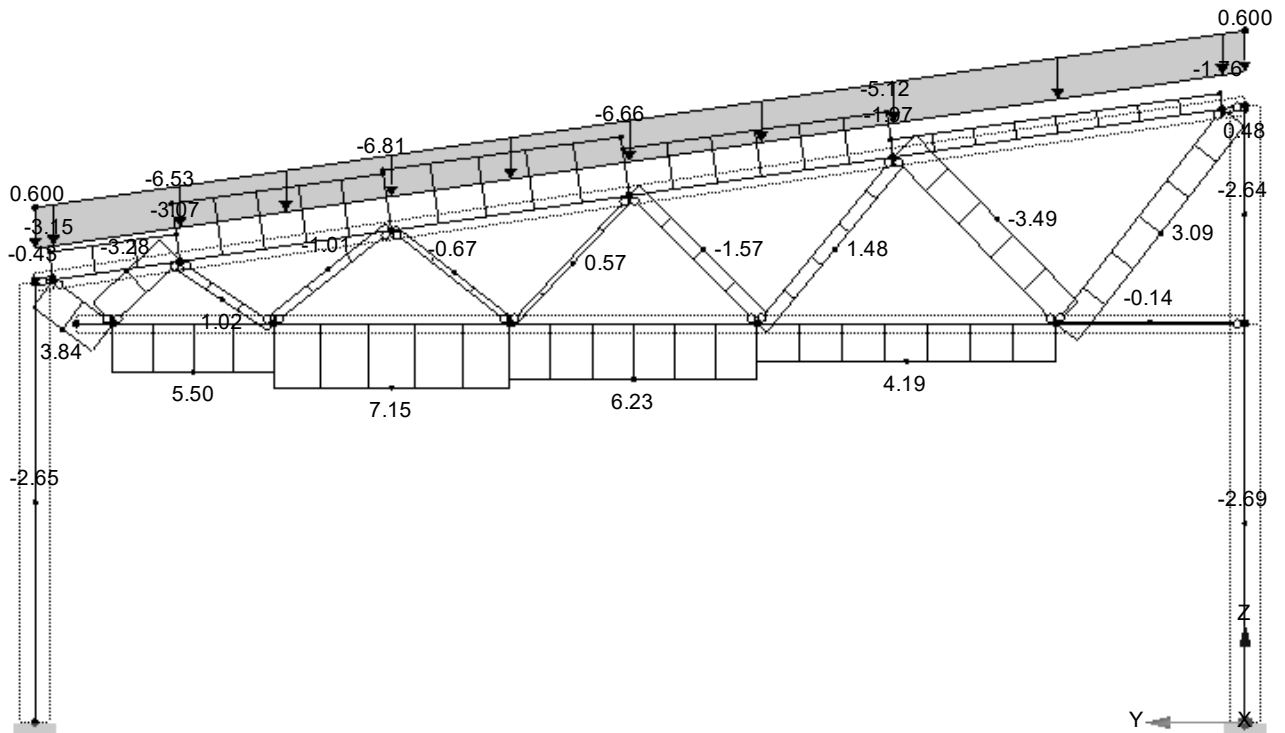
Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

INTERNAL FORCES N

LC 7: Gk (vener)  
Loads [kN/m]  
Internal Forces N

In X-direction



Max N: 7.15, Min N: -6.81 [kN]



Project:

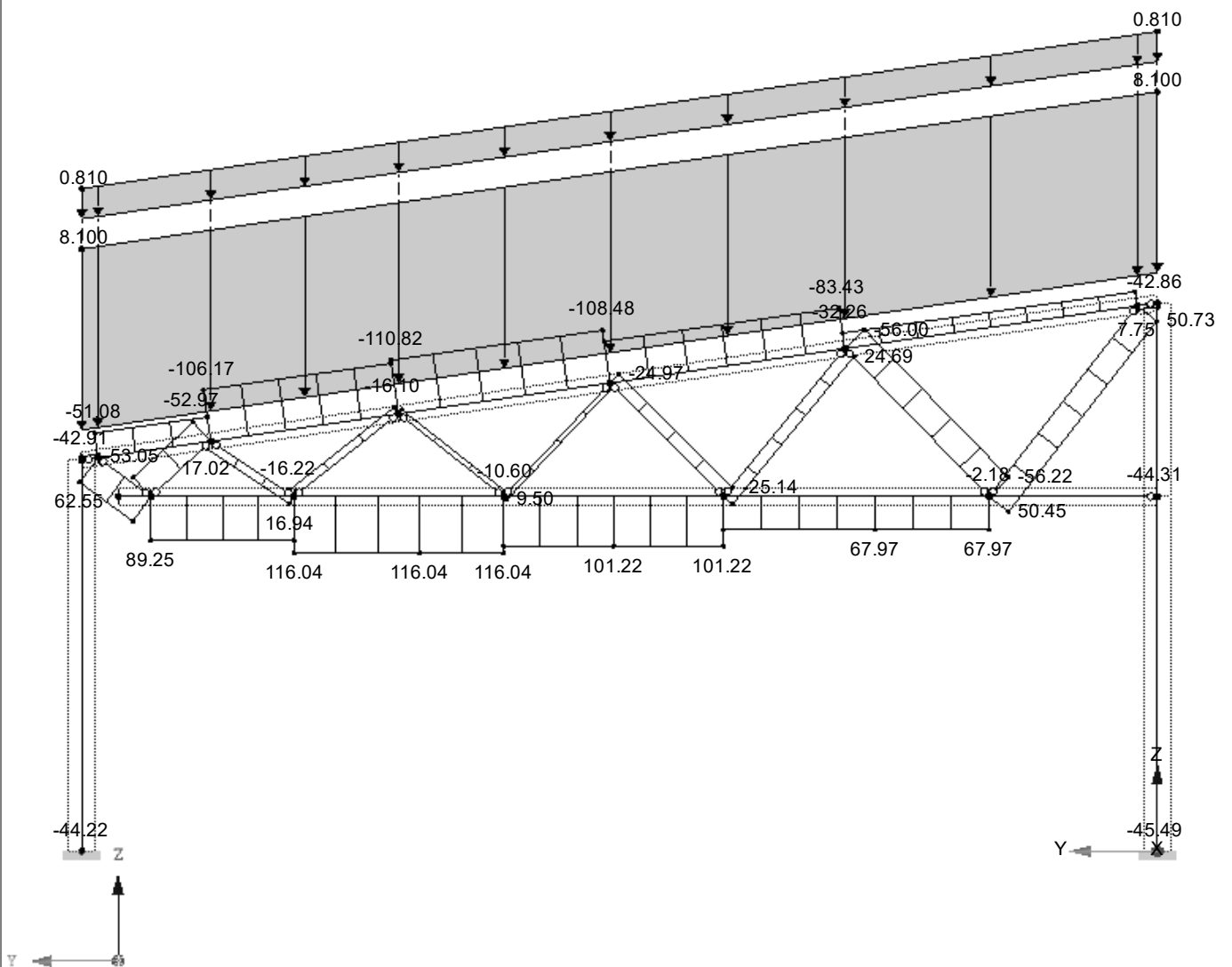
Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

**INTERNAL FORCES N**

CO 1: ULS1\_1,35°Gk  
Loads [kN/m]  
Internal Forces N

In X-direction



Max N: 116.04, Min N: -110.82 [kN]

1.1 m



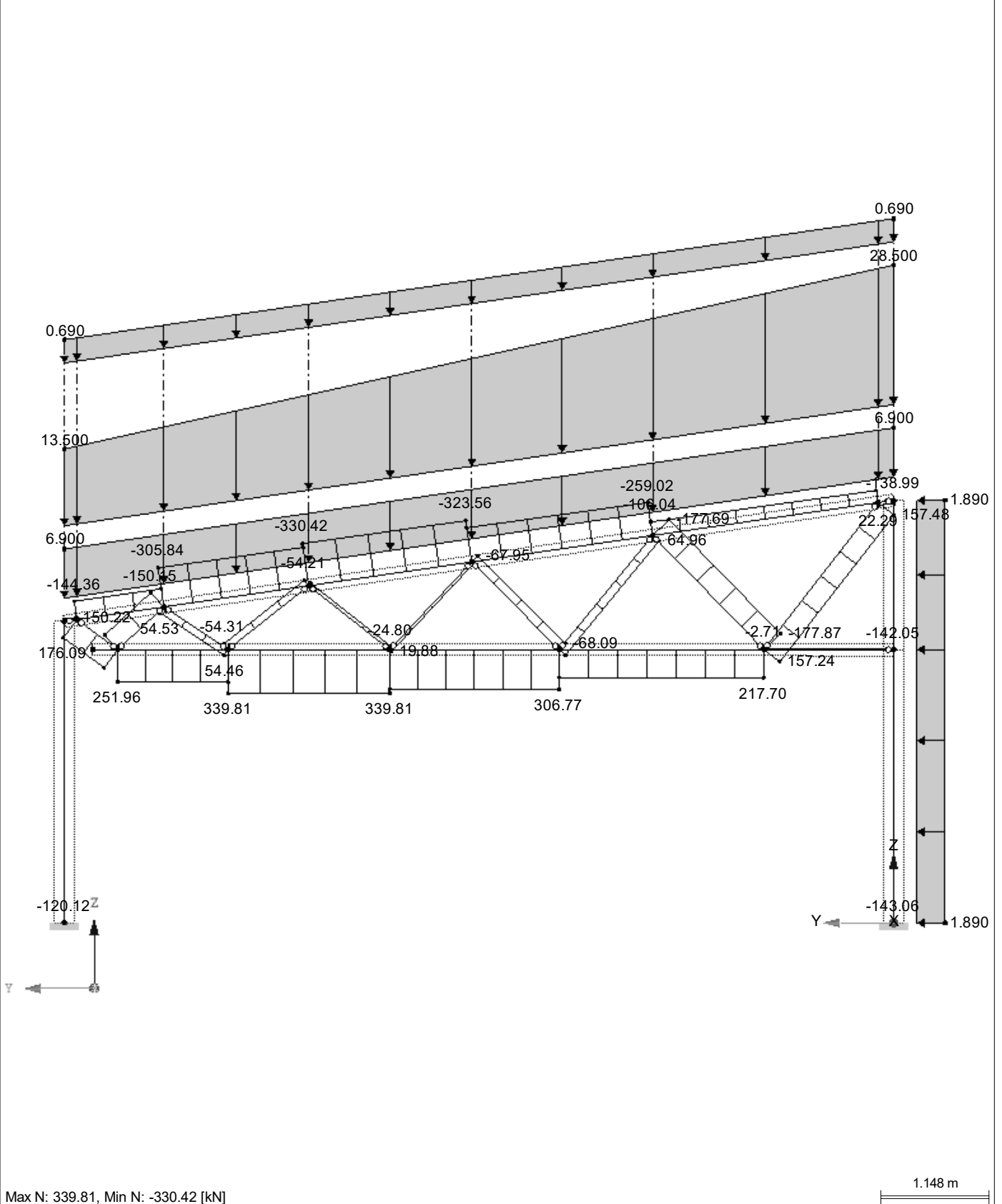
Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

**INTERNAL FORCES N**

CO 2: ULS2\_1,15\*Gk + 1,5\*Qk,snow + 0,9\* Qk,wind  
Loads [kN/m]  
Internal Forces N

In X-direction





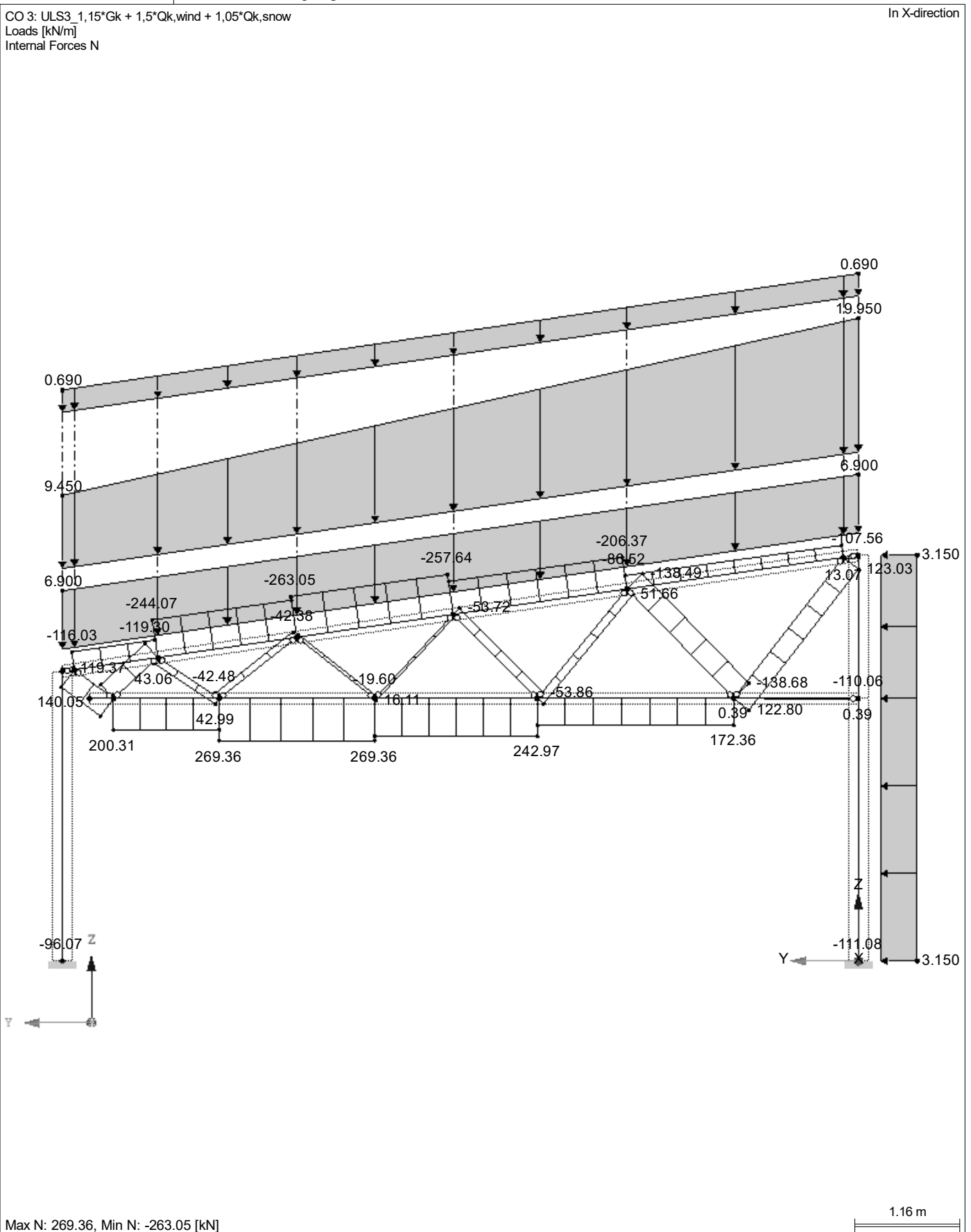
Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

INTERNAL FORCES N

CO 3: ULS3\_1,15\*Gk + 1,5\*Qk,wind + 1,05\*Qk,snow  
Loads [kN/m]  
Internal Forces N

In X-direction





Project:

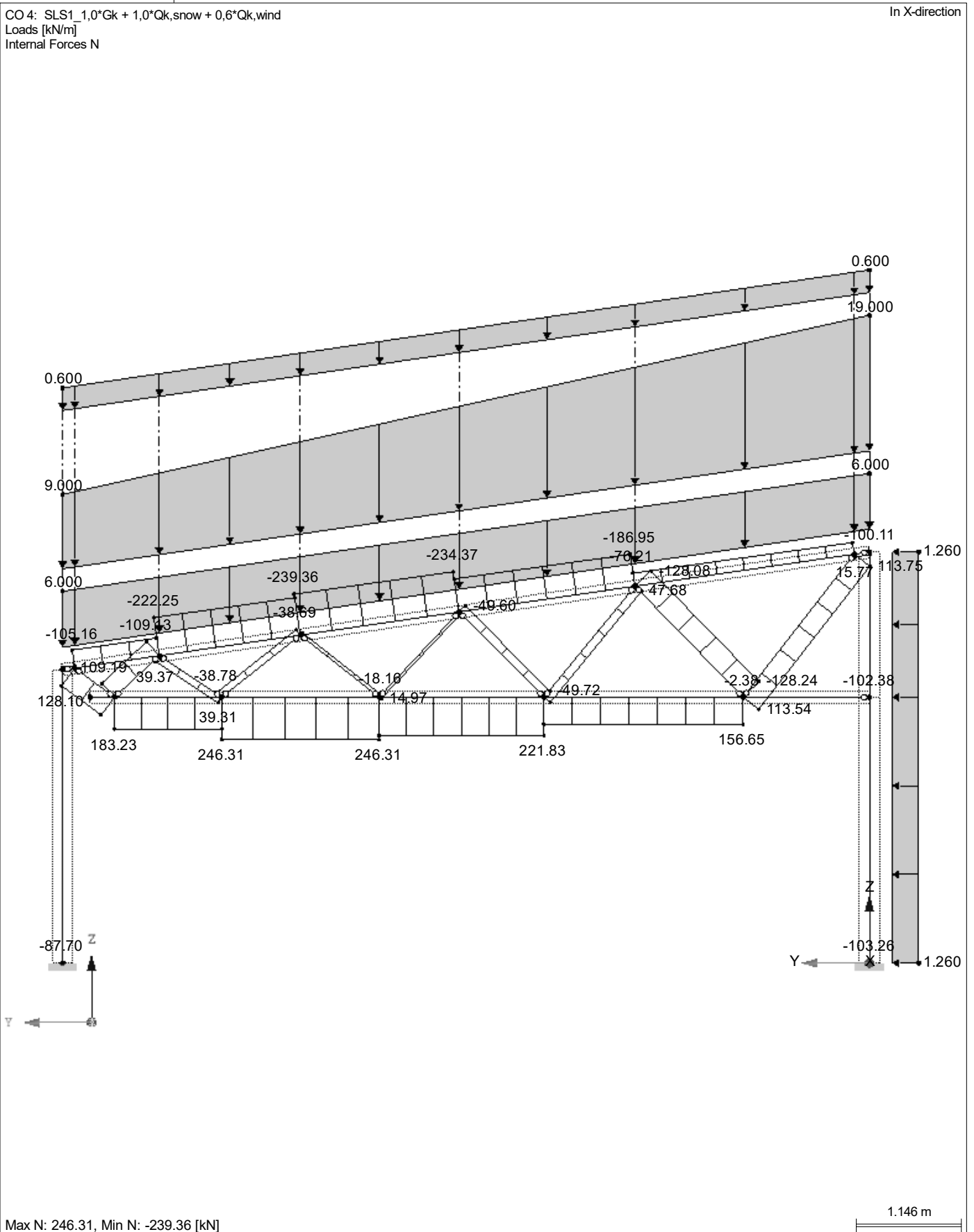
Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

INTERNAL FORCES N

CO 4: SLS1\_1,0\*Gk + 1,0\*Qk,snow + 0,6\*Qk,wind  
Loads [kN/m]  
Internal Forces N

In X-direction







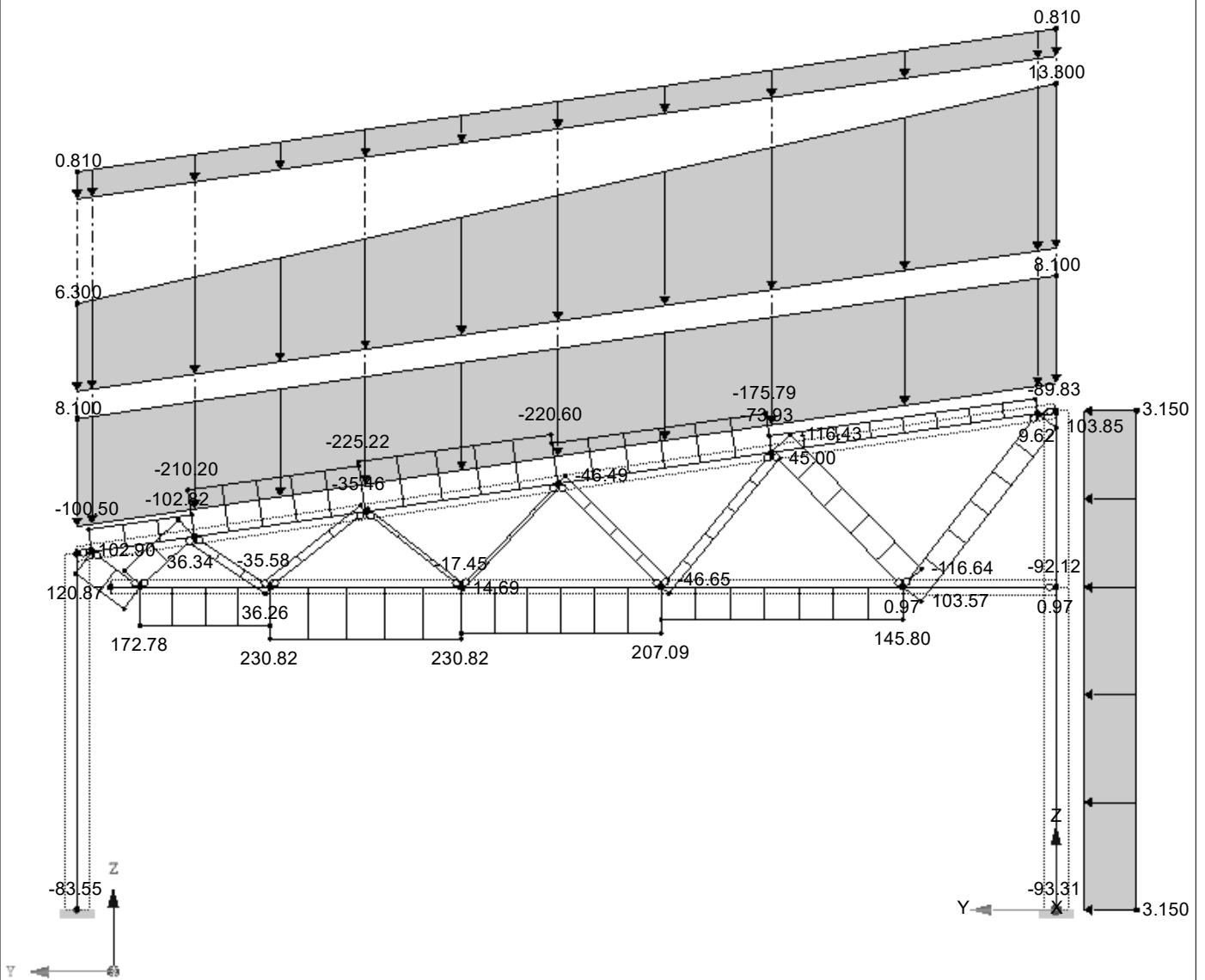
Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

**INTERNAL FORCES N**

CO 5: SLS2\_1,0\*Qk + 1,0\*Qk,wind + 0,7\*Qk,snow  
Loads [kN/m]  
Internal Forces N

In X-direction



Max N: 230.82, Min N: -225.22 [kN]

1.169 m



RF-STEEL EC3  
CA1  
Design of steel members  
according to Eurocode 3

Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

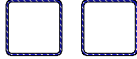
## 1.1 GENERAL DATA

|   |               |   |  |
|---|---------------|---|--|
| Members to design:  | 1-12,18,20-32 |   |  |
| Sets of members to design:  |               |   |  |
| National Annex:   | SFS           |   |  |
| Ultimate Limit State Design<br>Load combinations to design:       | CO2           | ULS2_1,15*Gk + 1,5*Qk,snow + 0,9* Qk,wind |  |
| Serviceability Limit State Design<br>Load combinations to design: | CO4           | SLS1_1,0*Gk + 1,0*Qk,snow + 0,6*Qk,wind   |  |

## 1.2 MATERIALS

| Matl. No. | Material Description                 | E- Modulus E [kN/cm <sup>2</sup> ] | Shear Modulus G [kN/cm <sup>2</sup> ] | Poisson's Ratio ν [-] | Yield Stress f <sub>yk</sub> [kN/cm <sup>2</sup> ] | Max. Thickness t [mm] |
|-----------|--------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|--|-----------------------|
| 1         | Steel S 355 J2 G3   EN 10025:1994-03 | 21000.00                           | 8076.92                               | 0.300                 | 35.50  | 3.0                   |
|           |                                      |                                    |                                       |                       | 35.50  | 16.0                  |
|           |                                      |                                    |                                       |                       | 34.50  | 40.0                  |
|           |                                      |                                    |                                       |                       | 33.50  | 63.0                  |
|           |                                      |                                    |                                       |                       | 32.50  | 80.0                  |
|           |                                      |                                    |                                       |                       | 31.50  | 100.0                 |
|           |                                      |                                    |                                       |                       | 29.50  | 150.0                 |
|           |                                      |                                    |                                       |                       | 28.50  | 200.0                 |
|           | S355J2G3                             |                                    |                                       |                       |  |                       |

SHS 150x150x6 SHS 120x120x5



## 1.3 CROSS-SECTIONS

| Sect. No.  | Matl. No. | Cross-Section Description | Cross-Section Type | Max Design Ratio | Comment     |
|--|-----------|---------------------------|--------------------|------------------|-------------|
| 13   | 1         | SHS 150x150x6   Ruukki    | Box rolled         | 0.57             | Pilarit     |
| The cross-section in RFEM is different from the cross-section in RF-STEEL EC3. |           |                           |                    |                  |             |
| 14   | 1         | SHS 120x120x5   Ruukki    | Box rolled         | 0.49             | Alapaarre   |
| 15   | 1         | SHS 80x80x6   Ruukki      | Box rolled         | 0.43             | Diagonaalit |
| 16   | 1         | SHS 120x120x8   Ruukki    | Box rolled         | 0.78             | Yläpaarre   |

SHS 80x80x6 SHS 120x120x8



## 1.5 EFFECTIVE LENGTHS - MEMBERS

| Member No. | Buckling Possible                   | Buckling About Axis y               |                   |                       | Buckling About Axis z               |                   |                       | Lateral-Torsional Buckling |                |                |                    |                    |
|------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|-------------------------------------|-------------------|-----------------------|----------------------------|----------------|----------------|--------------------|--------------------|
|            |                                     | Possible                            | k <sub>cr,y</sub> | L <sub>cr,y</sub> [m] | Possible                            | k <sub>cr,z</sub> | L <sub>cr,z</sub> [m] | Possible                   | k <sub>z</sub> | k <sub>w</sub> | L <sub>w</sub> [m] | L <sub>T</sub> [m] |
| 1          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 0.168                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 16.71             | 2.800                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 0.168              | 0.168              |
| 2          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 2.83              | 4.491                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.587                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 1.587              | 1.587              |
| 3          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 0.932                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 3.00              | 2.800                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 0.932              | 0.932              |
| 4          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 0.266                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 0.266                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 0.266              | 0.266              |
| 5          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.553                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.83              | 2.846                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 1.553              | 1.553              |
| 6          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.170                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.170                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 1.170              | 1.170              |
| 7          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.749                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.58              | 2.761                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 1.749              | 1.749              |
| 8          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.716                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.716                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 1.716              | 1.716              |
| 9          | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.940                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.40              | 2.709                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 1.940              | 1.940              |
| 10         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.798                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.798                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 1.798              | 1.798              |
| 11         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 2.417                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.19              | 2.877                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 2.417              | 2.417              |
| 12         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 2.172                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 2.172                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 2.172              | 2.172              |
| 18         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 2.50              | 8.010                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 2.50              | 8.010                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 3.204              | 3.204              |
| 20         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.55              | 4.491                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 2.905                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 2.905              | 2.905              |
| 21         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 0.135                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 20.74             | 2.800                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 0.135              | 0.135              |
| 22         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.378                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.378                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 1.378              | 1.378              |
| 23         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 0.537                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 0.537                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 0.537              | 0.537              |
| 24         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 0.667                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 0.667                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 0.667              | 0.667              |
| 25         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 0.817                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 0.817                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 0.817              | 0.817              |
| 26         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.092                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.092                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 1.092              | 1.092              |
| 27         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.095                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.095                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 1.095              | 1.095              |
| 28         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.275                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.275                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 1.275              | 1.275              |
| 29         | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.314                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00              | 1.314                 | <input type="checkbox"/>   | 1.0            | 1.0            | 1.314              | 1.314              |



Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

### 1.5 EFFECTIVE LENGTHS - MEMBERS

| Member No. | Buckling Possible                                  | Buckling About Axis y               |            | Buckling About Axis z |                                     |            | Lateral-Torsional Buckling |                          |       |       |           |           |
|------------|--|-------------------------------------|------------|-----------------------|-------------------------------------|------------|----------------------------|--------------------------|-------|-------|-----------|-----------|
|            |  | Possible                            | $k_{cr,y}$ | $L_{cr,y}$ [m]        | Possible                            | $k_{cr,z}$ | $L_{cr,z}$ [m]             | Possible                 | $k_z$ | $k_w$ | $L_w$ [m] | $L_T$ [m] |
| 30         | Diagonaalit<br><input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00       | 1.566                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00       | 1.566                      | <input type="checkbox"/> | 1.0   | 1.0   | 1.566     | 1.566     |
| 31         | Diagonaalit<br><input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00       | 1.691                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00       | 1.691                      | <input type="checkbox"/> | 1.0   | 1.0   | 1.691     | 1.691     |
| 32         | Diagonaalit<br><input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00       | 1.977                 | <input checked="" type="checkbox"/> | 1.00       | 1.977                      | <input type="checkbox"/> | 1.0   | 1.0   | 1.977     | 1.977     |

### 1.9 SERVICEABILITY DATA

| No. | Reference to              | Members/Sets No. | Reference Length                    |         | Direct. | Preamber $e_0$ [mm] | Beam Type |
|-----|---------------------------|------------------|-------------------------------------|---------|---------|---------------------|-----------|
|     |                           |                  | Manually                            | $l$ [m] |         |                     |           |
| 1   | Member Ristikko_yläpaarre | 1                | <input checked="" type="checkbox"/> | 8.894   | y, z    | 0.0                 | Beam      |
| 2   | Member Ristikko_yläpaarre | 3                | <input checked="" type="checkbox"/> | 8.894   | y, z    | 0.0                 | Beam      |
| 3   | Member Ristikko_yläpaarre | 5                | <input checked="" type="checkbox"/> | 8.894   | y, z    | 0.0                 | Beam      |
| 4   | Member Ristikko_yläpaarre | 7                | <input checked="" type="checkbox"/> | 8.894   | y, z    | 0.0                 | Beam      |
| 5   | Member Ristikko_yläpaarre | 9                | <input checked="" type="checkbox"/> | 8.894   | y, z    | 0.0                 | Beam      |
| 6   | Member Ristikko_yläpaarre | 11               | <input checked="" type="checkbox"/> | 8.894   | y, z    | 0.0                 | Beam      |
| 7   | Member Ristikko_yläpaarre | 21               | <input checked="" type="checkbox"/> | 8.894   | y, z    | 0.0                 | Beam      |

### 1.10 FIRE RESISTANCE - MEMBERS

| No. | Members No.     | Req. Time $t_{fi,req}$ [min] | Fire Exposure | Fire Protection          | Protection Type | Unit Mass $\rho_p$ [kg/m <sup>3</sup> ] | Thermal Cond. $\lambda_p$ [W/m <sup>2</sup> K] | Specific Heat $c_p$ [J/(kg*K)] | Thickness $d_p$ [mm] |
|-----|-----------------|------------------------------|---------------|--------------------------|-----------------|---|--|--------------------------------|----------------------|
| 1   | 1-12, 18, 20-32 | 15                           | All Sides     | <input type="checkbox"/> |                 |   |  |                                |                      |

### 1.12 PARAMETERS - MEMBERS

| Member No. | Description                             | Parameter                   |
|------------|---|-----------------------------|
| 1          | Cross-Section                           | 16 - SHS 120x120x8   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 2          | Cross-Section                           | 13 - SHS 150x150x6   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 3          | Cross-Section                           | 16 - SHS 120x120x8   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 4          | Cross-Section                           | 14 - SHS 120x120x5   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 5          | Cross-Section                           | 16 - SHS 120x120x8   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 6          | Cross-Section                           | 14 - SHS 120x120x5   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 7          | Cross-Section                           | 16 - SHS 120x120x8   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 8          | Cross-Section                           | 14 - SHS 120x120x5   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 9          | Cross-Section                           | 16 - SHS 120x120x8   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 10         | Cross-Section                           | 14 - SHS 120x120x5   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |



Project:

Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

## 1.12 PARAMETERS - MEMBERS

| Member No. | Description                             | Parameter                   |
|------------|---|-----------------------------|
| 11         | Cross-Section                           | 16 - SHS 120x120x8   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 12         | Cross-Section                           | 14 - SHS 120x120x5   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 18         | Cross-Section                           | 13 - SHS 150x150x6   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 20         | Cross-Section                           | 13 - SHS 150x150x6   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 21         | Cross-Section                           | 16 - SHS 120x120x8   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 22         | Cross-Section                           | 14 - SHS 120x120x5   Ruukki |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 23         | Cross-Section                           | 15 - SHS 80x80x6   Ruukki   |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 24         | Cross-Section                           | 15 - SHS 80x80x6   Ruukki   |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 25         | Cross-Section                           | 15 - SHS 80x80x6   Ruukki   |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 26         | Cross-Section                           | 15 - SHS 80x80x6   Ruukki   |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 27         | Cross-Section                           | 15 - SHS 80x80x6   Ruukki   |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 28         | Cross-Section                           | 15 - SHS 80x80x6   Ruukki   |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 29         | Cross-Section                           | 15 - SHS 80x80x6   Ruukki   |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 30         | Cross-Section                           | 15 - SHS 80x80x6   Ruukki   |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 31         | Cross-Section                           | 15 - SHS 80x80x6   Ruukki   |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |
| 32         | Cross-Section                           | 15 - SHS 80x80x6   Ruukki   |
|            | Shear panel                             | <input type="checkbox"/>    |
|            | Rotational restraint                    | <input type="checkbox"/>    |
|            | Cross-sectional area for tension design | <input type="checkbox"/>    |

## 2.4 DESIGN BY MEMBER

| Member No. | Location x [m]                                | LC/CO/RC | Design | Equation No. | Description |  |
|------------|---|----------|--------|--------------|-------------|--|
| 1          | Cross-section No. 16 - SHS 120x120x8   Ruukki | CO2      | 0.02   | $\leq 1$     | CS101)      | Cross-section check - Tension acc. to 6.2.3                            |
|            |   | CO2      | 0.40   | $\leq 1$     | CS121)      | Cross-section check - Shear force in z-axis acc. to 6.2.6              |
|            |   | CO2      | 0.00   | $\leq 1$     | CS126)      | Cross-section check - Shear buckling acc. to 6.2.6(6)                  |
|            |   | CO2      | 0.46   | $\leq 1$     | CS181)      | Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1   |
|            |   | CO4      | 0.10   | $\leq 1$     | SE401)      | Serviceability - Combination of actions 'Characteristic' - z-direction |
|            |   |          |        |              |             |  |



Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

## 2.4 DESIGN BY MEMBER

| Member No. | Location x [m]                                       | LC/CO/RC | Design | Equation No. | Description  |
|------------|--|----------|--------|--------------|--|
| 2          | <b>Cross-section No. 13 - SHS 150x150x6   Ruukki</b> |          |        |              |  |
|            | 0.000  | CO2      | 0.12   | ≤ 1          | CS102) Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4                                   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.01   | ≤ 1          | CS123) Cross-section check - Shear force in y-axis acc. to 6.2.6                         |
|            | 0.000  | CO2      | 0.04   | ≤ 1          | CS201) Cross-section check - Bending about z-axis, shear and axial force acc. to 6.2.9.1 |
|            | 0.000  | CO2      | 0.23   | ≤ 1          | ST364) Stability analysis - Bending and compression acc. to 6.3.3, Method 2              |
| 3          | <b>Cross-section No. 16 - SHS 120x120x8   Ruukki</b> |          |        |              |  |
|            | 0.000  | CO2      | 0.12   | ≤ 1          | CS102) Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4                                   |
|            | 0.932  | CO2      | 0.09   | ≤ 1          | CS121) Cross-section check - Shear force in z-axis acc. to 6.2.6                         |
|            | 0.000  | CO2      | 0.00   | ≤ 1          | CS126) Cross-section check - Shear buckling acc. to 6.2.6(6)                             |
|            | 0.000  | CO2      | 0.32   | ≤ 1          | CS181) Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1              |
|            | 0.000  | CO2      | 0.34   | ≤ 1          | ST364) Stability analysis - Bending and compression acc. to 6.3.3, Method 2              |
|            | 0.932  | CO4      | 0.20   | ≤ 1          | SE401) Serviceability - Combination of actions 'Characteristic' - z-direction            |
| 4          | <b>Cross-section No. 14 - SHS 120x120x5   Ruukki</b> |          |        |              |  |
|            | 0.000  | CO2      | 0.00   | ≤ 1          | CS100) Negligible internal forces  |
| 5          | <b>Cross-section No. 16 - SHS 120x120x8   Ruukki</b> |          |        |              |  |
|            | 0.000  | CO2      | 0.26   | ≤ 1          | CS102) Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4                                   |
|            | 1.553  | CO2      | 0.06   | ≤ 1          | CS121) Cross-section check - Shear force in z-axis acc. to 6.2.6                         |
|            | 0.000  | CO2      | 0.00   | ≤ 1          | CS126) Cross-section check - Shear buckling acc. to 6.2.6(6)                             |
|            | 0.621  | CO2      | 0.32   | ≤ 1          | CS181) Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1              |
|            | 0.000  | CO2      | 0.45   | ≤ 1          | ST364) Stability analysis - Bending and compression acc. to 6.3.3, Method 2              |
|            | 1.553  | CO4      | 0.37   | ≤ 1          | SE401) Serviceability - Combination of actions 'Characteristic' - z-direction            |
| 6          | <b>Cross-section No. 14 - SHS 120x120x5   Ruukki</b> |          |        |              |  |
|            | 1.170  | CO2      | 0.32   | ≤ 1          | CS101) Cross-section check - Tension acc. to 6.2.3                                       |
|            | 0.000  | CO2      | 0.01   | ≤ 1          | CS121) Cross-section check - Shear force in z-axis acc. to 6.2.6                         |
|            | 0.000  | CO2      | 0.00   | ≤ 1          | CS126) Cross-section check - Shear buckling acc. to 6.2.6(6)                             |
|            | 0.000  | CO2      | 0.38   | ≤ 1          | CS181) Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1              |
| 7          | <b>Cross-section No. 16 - SHS 120x120x8   Ruukki</b> |          |        |              |  |
|            | 0.000  | CO2      | 0.28   | ≤ 1          | CS102) Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4                                   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.07   | ≤ 1          | CS121) Cross-section check - Shear force in z-axis acc. to 6.2.6                         |
|            | 0.000  | CO2      | 0.00   | ≤ 1          | CS126) Cross-section check - Shear buckling acc. to 6.2.6(6)                             |
|            | 1.049  | CO2      | 0.39   | ≤ 1          | CS181) Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1              |
|            | 0.000  | CO2      | 0.51   | ≤ 1          | ST364) Stability analysis - Bending and compression acc. to 6.3.3, Method 2              |
|            | 1.049  | CO4      | 0.44   | ≤ 1          | SE401) Serviceability - Combination of actions 'Characteristic' - z-direction            |
| 8          | <b>Cross-section No. 14 - SHS 120x120x5   Ruukki</b> |          |        |              |  |
|            | 0.000  | CO2      | 0.43   | ≤ 1          | CS101) Cross-section check - Tension acc. to 6.2.3                                       |
|            | 1.716  | CO2      | 0.00   | ≤ 1          | CS121) Cross-section check - Shear force in z-axis acc. to 6.2.6                         |
|            | 1.030  | CO2      | 0.00   | ≤ 1          | CS126) Cross-section check - Shear buckling acc. to 6.2.6(6)                             |
|            | 1.716  | CO2      | 0.49   | ≤ 1          | CS181) Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1              |
| 9          | <b>Cross-section No. 16 - SHS 120x120x8   Ruukki</b> |          |        |              |  |
|            | 0.000  | CO2      | 0.22   | ≤ 1          | CS102) Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4                                   |
|            | 1.940  | CO2      | 0.11   | ≤ 1          | CS121) Cross-section check - Shear force in z-axis acc. to 6.2.6                         |
|            | 0.000  | CO2      | 0.00   | ≤ 1          | CS126) Cross-section check - Shear buckling acc. to 6.2.6(6)                             |
|            | 1.940  | CO2      | 0.49   | ≤ 1          | CS181) Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1              |
|            | 0.000  | CO2      | 0.49   | ≤ 1          | ST364) Stability analysis - Bending and compression acc. to 6.3.3, Method 2              |
|            | 0.000  | CO4      | 0.41   | ≤ 1          | SE401) Serviceability - Combination of actions 'Characteristic' - z-direction            |
| 10         | <b>Cross-section No. 14 - SHS 120x120x5   Ruukki</b> |          |        |              |  |
|            | 0.000  | CO2      | 0.39   | ≤ 1          | CS101) Cross-section check - Tension acc. to 6.2.3                                       |
|            | 1.798  | CO2      | 0.00   | ≤ 1          | CS121) Cross-section check - Shear force in z-axis acc. to 6.2.6                         |
|            | 0.000  | CO2      | 0.00   | ≤ 1          | CS126) Cross-section check - Shear buckling acc. to 6.2.6(6)                             |
|            | 1.798  | CO2      | 0.43   | ≤ 1          | CS181) Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1              |
| 11         | <b>Cross-section No. 16 - SHS 120x120x8   Ruukki</b> |          |        |              |  |
|            | 0.000  | CO2      | 0.09   | ≤ 1          | CS102) Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4                                   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.17   | ≤ 1          | CS121) Cross-section check - Shear force in z-axis acc. to 6.2.6                         |
|            | 0.000  | CO2      | 0.00   | ≤ 1          | CS126) Cross-section check - Shear buckling acc. to 6.2.6(6)                             |
|            | 1.813  | CO2      | 0.62   | ≤ 1          | CS181) Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1              |
|            | 0.000  | CO2      | 0.78   | ≤ 1          | ST364) Stability analysis - Bending and compression acc. to 6.3.3, Method 2              |
|            | 1.209  | CO4      | 0.50   | ≤ 1          | SE401) Serviceability - Combination of actions 'Characteristic' - z-direction            |
| 12         | <b>Cross-section No. 14 - SHS 120x120x5   Ruukki</b> |          |        |              |  |
|            | 2.172  | CO2      | 0.27   | ≤ 1          | CS101) Cross-section check - Tension acc. to 6.2.3                                       |
|            | 0.000  | CO2      | 0.01   | ≤ 1          | CS121) Cross-section check - Shear force in z-axis acc. to 6.2.6                         |
|            | 0.000  | CO2      | 0.00   | ≤ 1          | CS126) Cross-section check - Shear buckling acc. to 6.2.6(6)                             |
|            | 0.000  | CO2      | 0.35   | ≤ 1          | CS181) Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1              |
| 18         | <b>Cross-section No. 13 - SHS 150x150x6   Ruukki</b> |          |        |              |  |
|            | 0.000  | CO2      | 0.10   | ≤ 1          | CS102) Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4                                   |
|            | 3.204  | CO2      | 0.01   | ≤ 1          | CS123) Cross-section check - Shear force in y-axis acc. to 6.2.6                         |
|            | 0.000  | CO2      | 0.18   | ≤ 1          | CS201) Cross-section check - Bending about z-axis, shear and axial force a               |



Project: Model: Teräsristikko

Date: 5.12.2018

## 2.4 DESIGN BY MEMBER

| Member No. | Location x [m]                                       | LC/CO/RC | Design |     | Equation No. | Description   |
|------------|--|----------|--------|-----|--------------|---|
|            | 0.000  | CO2      | 0.57   | ≤ 1 | ST364)       | acc. to 6.2.9.1<br>Stability analysis - Bending and compression acc. to 6.3.3, Method 2 |
| 20         | <b>Cross-section No. 13 - SHS 150x150x6   Ruukki</b> |          |        |     |              |   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.12   | ≤ 1 | CS102)       | Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.02   | ≤ 1 | CS123)       | Cross-section check - Shear force in y-axis acc. to 6.2.6                               |
|            | 0.000  | CO2      | 0.17   | ≤ 1 | CS201)       | Cross-section check - Bending about z-axis, shear and axial force acc. to 6.2.9.1       |
|            | 0.000  | CO2      | 0.28   | ≤ 1 | ST364)       | Stability analysis - Bending and compression acc. to 6.3.3, Method 2                    |
| 21         | <b>Cross-section No. 16 - SHS 120x120x8   Ruukki</b> |          |        |     |              |   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.02   | ≤ 1 | CS102)       | Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.34   | ≤ 1 | CS121)       | Cross-section check - Shear force in z-axis acc. to 6.2.6                               |
|            | 0.000  | CO2      | 0.00   | ≤ 1 | CS126)       | Cross-section check - Shear buckling acc. to 6.2.6(6)                                   |
|            | 0.135  | CO2      | 0.32   | ≤ 1 | CS181)       | Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1                    |
|            | 0.000  | CO2      | 0.21   | ≤ 1 | ST364)       | Stability analysis - Bending and compression acc. to 6.3.3, Method 2                    |
|            | 0.135  | CO4      | 0.03   | ≤ 1 | SE401)       | Serviceability - Combination of actions 'Characteristic' - z-direction                  |
| 22         | <b>Cross-section No. 14 - SHS 120x120x5   Ruukki</b> |          |        |     |              |   |
|            | 1.378  | CO2      | 0.00   | ≤ 1 | CS102)       | Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.01   | ≤ 1 | CS121)       | Cross-section check - Shear force in z-axis acc. to 6.2.6                               |
|            | 0.000  | CO2      | 0.00   | ≤ 1 | CS126)       | Cross-section check - Shear buckling acc. to 6.2.6(6)                                   |
|            | 1.378  | CO2      | 0.10   | ≤ 1 | CS181)       | Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1                    |
| 23         | <b>Cross-section No. 15 - SHS 80x80x6   Ruukki</b>   |          |        |     |              |   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.29   | ≤ 1 | CS101)       | Cross-section check - Tension acc. to 6.2.3   |
| 24         | <b>Cross-section No. 15 - SHS 80x80x6   Ruukki</b>   |          |        |     |              |   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.25   | ≤ 1 | CS102)       | Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.26   | ≤ 1 | ST301)       | Stability analysis - Flexural buckling about y-axis acc. to 6.3.1.1 and 6.3.1.2(4)      |
|            | 0.000  | CO2      | 0.26   | ≤ 1 | ST311)       | Stability analysis - Flexural buckling about z-axis acc. to 6.3.1.1 and 6.3.1.2(4)      |
| 25         | <b>Cross-section No. 15 - SHS 80x80x6   Ruukki</b>   |          |        |     |              |   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.09   | ≤ 1 | CS101)       | Cross-section check - Tension acc. to 6.2.3   |
| 26         | <b>Cross-section No. 15 - SHS 80x80x6   Ruukki</b>   |          |        |     |              |   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.09   | ≤ 1 | CS102)       | Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4   |
|            | 0.000  | CO2      | 0.11   | ≤ 1 | ST301)       | Stability analysis - Flexural buckling about y-axis acc. to 6.3.1.1 and 6.3.1.2(4)      |
|            | 0.000  | CO2      | 0.11   | ≤ 1 | ST311)       | Stability analysis - Flexural buckling about z-axis acc. to 6.3.1.1 and 6.3.1.2(4)      |
| 27         | <b>Cross-section No. 15 - SHS 80x80x6   Ruukki</b>   |          |        |     |              |   |
|            | 1.095  | CO2      | 0.04   | ≤ 1 | CS102)       | Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4   |
|            | 1.095  | CO2      | 0.05   | ≤ 1 | ST301)       | Stability analysis - Flexural buckling about y-axis acc. to 6.3.1.1 and 6.3.1.2(4)      |
|            | 1.095  | CO2      | 0.05   | ≤ 1 | ST311)       | Stability analysis - Flexural buckling about z-axis acc. to 6.3.1.1 and 6.3.1.2(4)      |
| 28         | <b>Cross-section No. 15 - SHS 80x80x6   Ruukki</b>   |          |        |     |              |   |
|            | 1.275  | CO2      | 0.03   | ≤ 1 | CS101)       | Cross-section check - Tension acc. to 6.2.3   |
| 29         | <b>Cross-section No. 15 - SHS 80x80x6   Ruukki</b>   |          |        |     |              |   |
|            | 1.314  | CO2      | 0.11   | ≤ 1 | CS102)       | Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4   |
|            | 1.314  | CO2      | 0.14   | ≤ 1 | ST301)       | Stability analysis - Flexural buckling about y-axis acc. to 6.3.1.1 and 6.3.1.2(4)      |
|            | 1.314  | CO2      | 0.14   | ≤ 1 | ST311)       | Stability analysis - Flexural buckling about z-axis acc. to 6.3.1.1 and 6.3.1.2(4)      |
| 30         | <b>Cross-section No. 15 - SHS 80x80x6   Ruukki</b>   |          |        |     |              |   |
|            | 1.566  | CO2      | 0.11   | ≤ 1 | CS101)       | Cross-section check - Tension acc. to 6.2.3   |
| 31         | <b>Cross-section No. 15 - SHS 80x80x6   Ruukki</b>   |          |        |     |              |   |
|            | 1.691  | CO2      | 0.30   | ≤ 1 | CS102)       | Cross-section check - Compression acc. to 6.2.4   |
|            | 1.015  | CO2      | 0.30   | ≤ 1 | CS181)       | Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1                    |
|            | 1.691  | CO2      | 0.43   | ≤ 1 | ST302)       | Stability analysis - Flexural buckling about y-axis acc. to 6.3.1.1 and 6.3.1.2         |
|            | 1.691  | CO2      | 0.43   | ≤ 1 | ST312)       | Stability analysis - Flexural buckling about z-axis acc. to 6.3.1.1 and 6.3.1.2         |
| 32         | <b>Cross-section No. 15 - SHS 80x80x6   Ruukki</b>   |          |        |     |              |   |
|            | 1.977  | CO2      | 0.26   | ≤ 1 | CS101)       | Cross-section check - Tension acc. to 6.2.3   |
|            | 0.989  | CO2      | 0.27   | ≤ 1 | CS181)       | Cross-section check - Bending, shear and axial force acc. to 6.2.9.1                    |

# Liite 6. Ristikön teräsmäärä

## Ristikön teräsmäärä

### Uumasauva (80x80x6):

$$n_{\text{uuma}} := 10$$

$$M_{\text{uuma}} := 13.2 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$L_{\text{uuma}} := 0.34 \text{ m} + 0.47 \text{ m} + 0.61 \text{ m} + 0.86 \text{ m} + 0.9 \text{ m} + 1.105 \text{ m} + 1.140 \text{ m} + 1.405 \text{ m} + 1.503 \text{ m} + 1.8 \text{ m} = 10.133 \text{ m}$$

$$L_{\text{uuma}} = 10.133 \text{ m}$$

$$M_{\text{uuma.tot}} := M_{\text{uuma}} \cdot L_{\text{uuma}} = 133.756 \text{ kg}$$

### Yläpaarre (120x120x8):

$$M_{\text{yläpaarre}} := 26.4 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$L_{\text{yläpaarre}} := 9.8 \text{ m}$$

$$M_{\text{yläpaarre.tot}} := M_{\text{yläpaarre}} \cdot L_{\text{yläpaarre}} = 258.72 \text{ kg}$$

### Alapaarre (120x120x5):

$$M_{\text{alapaarre}} := 17.5 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

$$L_{\text{alapaarre}} := 8.48 \text{ m}$$

$$M_{\text{alapaarre.tot}} := M_{\text{alapaarre}} \cdot L_{\text{alapaarre}} = 148.4 \text{ kg}$$

Ristikön teräksen kokonaispaino:

$$M_{\text{tot}} := M_{\text{uuma.tot}} + M_{\text{yläpaarre.tot}} + M_{\text{alapaarre.tot}} = 540.876 \text{ kg}$$

Yläpaarteen osuus:

$$\frac{M_{\text{yläpaarre.tot}}}{M_{\text{tot}}} = 0.478$$

Alapaarteen osuus:


$$\frac{M_{\text{alapaarre.tot}}}{M_{\text{tot}}} = 0.274$$

Uumien osuus:

$$\frac{M_{\text{uuma.tot}}}{M_{\text{tot}}} = 0.247$$



# Liite 7. Solmu 1

|   |  |                              |                  |
|---|--|------------------------------|------------------|
| <br>Sweco Rakennetekniikka Oy, Ilmalanportti 2, 00240 HELSINKI |  | Rakennelaskelma, lähtötiedot |                  |
|   |  | Tekijä: Milla Tarmas         | Sivu: 1 (4)      |
| Rakennuskohde: Hesburger, Yritystie 1 Liminka   |  | Työ no:                      | Sisältö: Solmu 1 |
|   |  |                              | Sijainti:        |

## T12 Vapaavälinen N- tai K-liitos, suorakaiteen muotoinen parre Versio 1.51

Toteutettu SKOL Eurocode-laskentapohjahankkeessa 2008-2011

### Lähtötiedot:

**Muotostandardi**

SFS-EN 10210-2 (kuumamuovautut)

SFS-EN 10219-2 (kylmämuovautut hitsatut)

**Diag. 1 (puristettu)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Diag. 2 (vedetty)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Liitostyyppi**

Vapaavälinen N-liitos

Vapaavälinen K-liitos

**Parre**

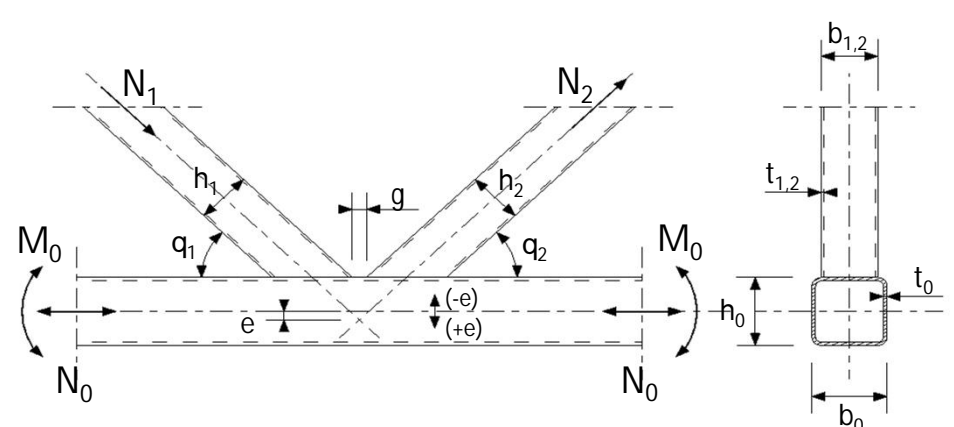
Puristettu

Vedetty

S 355 H

Neliö  z-z

CFRHS 120x120x5



Omat profiilit

| Sauva   | Muotostandardi | Muoto | Profiili        | Rotaatio | Teräslaji | $\theta_i$ (°) | $L_i$ (mm) |
|---------|----------------|-------|-----------------|----------|-----------|----------------|------------|
| Parre   | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 120x120x5 |          | S 355 H   |                |            |
| Diag. 1 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 45,8°          | 1694       |
| Diag. 2 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 52,2°          | 1977       |

|                    |              |  |       |                |     |    |
|--------------------|--------------|--|-------|----------------|-----|----|
| $L_1/h_1 =$        | 21,2         | $L_2/d_2 =$                                | 24,7  | $L_i/h_i \geq$ | 6,0 | OK |
| Vapaaväli $g =$    | 30 mm        | $g \geq t_1 + t_2$ (väh. 10 mm) =          | 12 mm |                |     | OK |
| Epäkeskisyys $e =$ | 18 mm        | $-66 \text{ mm} \leq e \leq 30 \text{ mm}$ |       |                |     | OK |
|                    | $= 0,15 h_0$ | $-0,55 h_0 \leq e \leq 0,25 h_0$           |       |                |     |    |

| Sauva   | $h_i$ (tai $d_i$ ) | $b_i$ (tai $d_i$ ) | $t_i$ | $A_0$           | $W_{el,y,0}$    | $f_{yi}$          | $f_{yi}t_i$ | k     | PLL |
|---------|--------------------|--------------------|-------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|-------|-----|
|         | mm                 | mm                 | mm    | mm <sup>2</sup> | mm <sup>3</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm        |       |     |
| Parre   | 120                | 120                | 5     | 2236            | 8,09E+4         | 355               | 1775        | 1,000 | 1   |
| Diag. 1 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |
| Diag. 2 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |

|              |     |     |     |  |     |  |              |    |
|--------------|-----|-----|-----|--|-----|--|--------------|----|
| <b>Ehdot</b> | OK  | OK  | OK  |  | OK  |  | <b>Ehdot</b> | OK |
| - alaraja    | 40  | 40  | 2,5 |  | 235 |  | - parre      | 2  |
| - yläraja    | 400 | 400 | 25  |  | 460 |  | - diag. 1    | 2  |

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 1

Sijainti:

## Hitsausliitosten pätevyysrajat:

| Sauva   | $b_i/b_0$ | $d_i/b_0$ | $h_i/b_i$ | $b_0/t_0$ | $h_0/t_0$ | $(b_i + h_i)/t_i$ | $b_i/t_i$ | $h_i/t_i$ | $d_i/t_i$ |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Paarre  |           |           | 1,0       | 24,0      | 24,0      | 48,0              |           |           |           |
| Diag. 1 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |
| Diag. 2 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |

| Ehdot     | OK   | OK  | OK  | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
|-----------|------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| - alaraja | 0,35 | 0,4 | 0,5 |    |    | 25 |    |    |    |
| - yläraja | 1,0  | 0,8 | 2,0 | 35 | 35 |    | 35 | 35 |    |

## Vapaavälisten N- ja K-liitosten lisäraajat:

Voidaanko liitosta käsitellä N- tai K-liitoksena?

|           |       |   |       |    |
|-----------|-------|---|-------|----|
| $g =$     | 30 mm | $g > t_1 + t_2 =$   | 12 mm | OK |
| $\beta =$ | 0,67  | $= (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0)$ tai $(d_1 + d_2 + d_2)/(3b_0)$ |       |    |
| $g/b_0 =$ | 0,25  | $g/b_0 \geq 0,5(1 - \beta) =$                                     | 0,17  | OK |
|           |       | $g/b_0 \leq 1,5(1 - \beta) =$                                     | 0,50  | OK |

## Liitoksen mitoitus:

Liitoksen laskentakuormat (itseisarvoina):

|                |        |   |       |      |       |      |         |
|----------------|--------|---|-------|------|-------|------|---------|
| $ N_{0,Ed}  =$ | 217 kN | Paarre on vedetty                                       | vasen | 0,50 | oikea | 0,50 | = osuus |
| $ M_{0,Ed}  =$ | 3 kNm  | $ \Delta M_{0,Ed}  =$ osuus $\times  N_{0,Ed,pur}  e =$ |       |      |       |      | kNm     |
| $ V_{0,Ed}  =$ | 4 kN   |   |       |      |       |      |         |
| $ N_{1,Ed}  =$ | 178 kN | Diag. 1 on puristettu                                   |       |      |       |      |         |
| $ N_{2,Ed}  =$ | 158 kN | Diag. 2 on vedetty                                      |       |      |       |      |         |

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$\sigma_{0,Ed} = -138 \text{ N/mm}^2 = \frac{N_{0,Ed} \pm \frac{M_{0,Ed} + DM_{0,Ed}}{W_{el,0}}}{A_0} \quad (\text{pos.} = \text{puristus, neg.} = \text{veto})$$

Osavarmuusluvut:

$$Y_{M0} = 1,00 = \text{poikkileikkauksen kestävyys}$$

$$Y_{M5} = 1,00 = \text{rakenneputkien liitosten kestävyys ristikoissa}$$

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$f_{y0}/Y_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2 \quad |\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/Y_{M5}) = 0,39$$

Ehdot

OK

Paarteen pinnan murtuminen:

Ehdot

$$\gamma = 12,00 = b_0/2t_0$$

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

$$n = -0,39 = \sigma_{0,Ed}/(f_{y0}/Y_{M5})$$

$$k_n = 1,00 = 1,3 - 0,4n/\beta ; \text{ kun } n > 0 \text{ (puristus), mutta } k_n \leq 1,0$$

$$= 1,0 ; \text{ kun } n \leq 0 \text{ (veto)}$$

$$N_{1,Rd} = 254 \text{ kN} = \frac{8,9k_n f_{y0} t_0^2 \sqrt{g} \sin(q_1)}{e} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\sigma_{0,Ed}}{\sigma} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,70$$

OK

Rakennuskohde:  
 Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
 Solmu 1

Sijainti:

$$N_{2,Rd} = \boxed{231} \text{ kN} = \frac{8,9 \text{ kN} f_{y0} t_0^2 \sqrt{g_{M5}}}{\sin(q_2)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,68}$$

OK

Ehdot

**Paarteen leikkautuminen:**

Paarteen leikkautuminen diag. 1 kohdalla:

$$\alpha = 0,143 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 1286 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{368} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_1)} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,48}$$

OK

Paarteen leikkautuminen diag. 2 kohdalla:

$$\alpha = 0,143 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 1286 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{334} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_2)} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,47}$$

OK

Paarteen kestävyys uumasauvojen välillä:

$$V_{Ed} = 132 \text{ kN} \approx \max(N_{i,Ed}) \cdot \sin(\theta_i) + V_{0,Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \boxed{264} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3}} / g_{M0} \quad |V_{0,Ed}|/V_{pl,Rd} = \boxed{0,50}$$

OK

$$N_{0,Rd} = \boxed{733} \text{ kN} = \frac{\ddot{e}}{\ddot{g}} (A_0 - A_v) f_{y0} + A_v f_{y0} \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2} / g_{M5}$$

$$|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = \boxed{0,30}$$

OK

**Uumasauvan murtuminen:**

Uumasauvan 1 murtuminen:

$$b_{eff} = 28 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y1} t_1} b_1 \quad b_{eff} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{519} \text{ kN} = f_{y1} t_1 (2h_1 - 4t_1 + b_1 + b_{eff}) / g_{M5}$$

OK

Uumasauvan 2 murtuminen:

$$b_{eff} = 28 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y2} t_2} b_2 \quad b_{eff} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{519} \text{ kN} = f_{y2} t_2 (2h_2 - 4t_2 + b_2 + b_{eff}) / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,30}$$

OK

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 1

Sijainti:

**Lävistysleikkautuminen, kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ :**
**Ehdot**

$$\beta = \boxed{0,67} = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 1 kohdalla:

$$\leq 1 - 1/\gamma = \boxed{0,92}$$

OK

$$b_{e,p} = 33 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_1 \quad b_{e,p} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{1,Rd} = \boxed{481} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_1)} \left[ \frac{2h_1}{\sin(q_1)} + b_1 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 2 kohdalla:

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,37}$$

OK

$$b_{e,p} = 33 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_2 \quad b_{e,p} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{2,Rd} = \boxed{410} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_2)} \left[ \frac{2h_2}{\sin(q_2)} + b_2 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,39}$$

OK

**Tarkistukset ja tulokset:**

Taivutusmomenttien huomioon ottaminen liitoksen voimasuureissa:

Kiertymäjäykkydestä aiheutuva sekundäärinen momentti

Ei tarvitse huomioida

Poikittainen kuormitus

Ei tarkastella

Liitoksen epäkeskisyydestä aiheutuva lisämomentti

Ei tarvitse huomioida

 - huomioidaan kuitenkin aina puristetun paarteen normaalijännityksessä

Liitosmitoitustietojen soveltuvuus:

OK

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

OK

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Paarteen pinnan murtuminen

OK

Paarteen leikkautuminen

OK

Uumasauvan murtuminen

OK

 Kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ 

Lävistysleikkautuminen

OK

Liitoksen kestävyysmitoitussarvot:

 Maks. käyttöaste =  $\boxed{0,70}$  OK

 Parre  $f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$   $|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,39$  OK


 $N_{0,Rd} = 733 \text{ kN}$   $|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = 0,30$  OK

 $V_{pl,Rd} = 264 \text{ kN}$   $|V_{Ed}|/V_{pl,Rd} = 0,50$  OK

 Diag. 1  $N_{1,Rd} = 254 \text{ kN}$   $|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,70$  OK

 Diag. 2  $N_{2,Rd} = 231 \text{ kN}$   $|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = 0,68$  OK

# Liite 8. Solmu 2

|   |  |                              |                  |
|---|--|------------------------------|------------------|
| <br>Sweco Rakennetekniikka Oy, Ilmalanportti 2, 00240 HELSINKI |  | Rakennelaskelma, lähtötiedot |                  |
|   |  | Tekijä: Milla Tarmas         | Sivu: 1 (4)      |
| Rakennuskohde: Hesburger, Yritystie 1 Liminka   |  | Työ no:                      | Sisältö: Solmu 2 |
|   |  |                              | Sijainti:        |

## T12 Vapaavälinen N- tai K-liitos, suorakaiteen muotoinen parre Versio 1.51

Toteutettu SKOL Eurocode-laskentapohjahankkeessa 2008-2011

### Lähtötiedot:

**Muotostandardi**

SFS-EN 10210-2 (kuumamuovautut)

SFS-EN 10219-2 (kylmämuovautut hitsatut)

**Diag. 1 (puristettu)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Diag. 2 (vedetty)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Liitostyyppi**

Vapaavälinen N-liitos

Vapaavälinen K-liitos

**Parre**

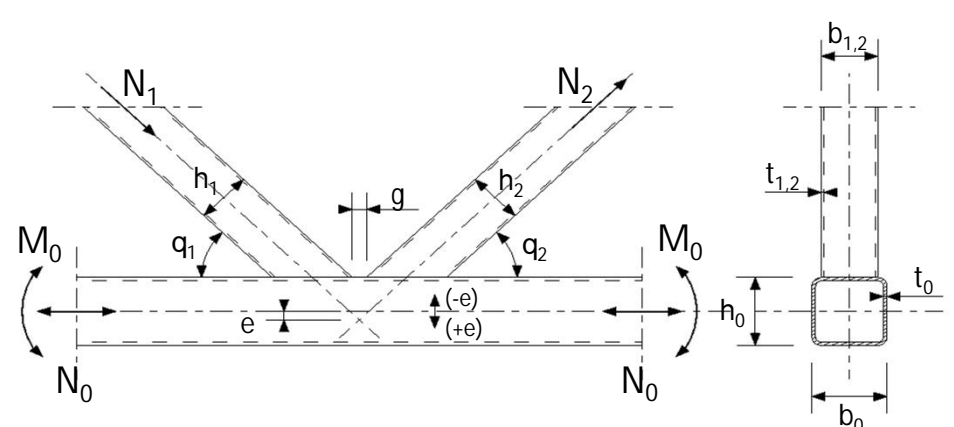
Puristettu

Vedetty

S 355 H

Neliö  z-z

CFRHS 120x120x8



Omat profiilit

| Sauva   | Muotostandardi | Muoto | Profiili        | Rotaatio | Teräslaji | $\theta_i$ (°) | $L_i$ (mm) |
|---------|----------------|-------|-----------------|----------|-----------|----------------|------------|
| Parre   | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 120x120x8 |          | S 355 H   |                |            |
| Diag. 1 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 54,1°          | 1691       |
| Diag. 2 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 42,4°          | 1566       |

|                     |              |  |       |                |     |    |
|---------------------|--------------|--|-------|----------------|-----|----|
| $L_1/h_1 =$         | 21,1         | $L_2/d_2 =$                                | 19,6  | $L_i/h_i \geq$ | 6,0 | OK |
| Vapaaväli $g =$     | 30 mm        | $g \geq t_1 + t_2$ (väh. 10 mm) =          | 12 mm |                |     | OK |
| Epäkeskisyyss $e =$ | 16 mm        | $-66 \text{ mm} \leq e \leq 30 \text{ mm}$ |       |                |     | OK |
|                     | $= 0,14 h_0$ | $-0,55 h_0 \leq e \leq 0,25 h_0$           |       |                |     |    |

| Sauva   | $h_i$ (tai $d_i$ ) | $b_i$ (tai $d_i$ ) | $t_i$ | $A_0$           | $W_{el,y,0}$    | $f_{yi}$          | $f_{yi}t_i$ | k     | PLL |
|---------|--------------------|--------------------|-------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|-------|-----|
|         | mm                 | mm                 | mm    | mm <sup>2</sup> | mm <sup>3</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm        |       |     |
| Parre   | 120                | 120                | 8     | 3364            | 1,13E+5         | 355               | 2840        | 1,000 | 1   |
| Diag. 1 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |
| Diag. 2 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |

|              |     |     |     |  |     |  |              |    |
|--------------|-----|-----|-----|--|-----|--|--------------|----|
| <b>Ehdot</b> | OK  | OK  | OK  |  | OK  |  | <b>Ehdot</b> | OK |
| - alaraja    | 40  | 40  | 2,5 |  | 235 |  | - parre      | 2  |
| - yläraja    | 400 | 400 | 25  |  | 460 |  | - diag. 1    | 2  |

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 2

Sijainti:

## Hitsausliitosten pätevyysrajat:

| Sauva   | $b_i/b_0$ | $d_i/b_0$ | $h_i/b_i$ | $b_0/t_0$ | $h_0/t_0$ | $(b_i + h_i)/t_i$ | $b_i/t_i$ | $h_i/t_i$ | $d_i/t_i$ |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Paarre  |           |           | 1,0       | 15,0      | 15,0      | 30,0              |           |           |           |
| Diag. 1 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |
| Diag. 2 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |

| Ehdot     | OK   | OK  | OK  | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
|-----------|------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| - alaraja | 0,35 | 0,4 | 0,5 |    |    | 25 |    |    |    |
| - yläraja | 1,0  | 0,8 | 2,0 | 35 | 35 |    | 35 | 35 |    |

## Vapaavälisten N- ja K-liitosten lisäraajat:

Voidaanko liitosta käsitellä N- tai K-liitoksena?

OK

$$g = 30 \text{ mm}$$

$$g > t_1 + t_2 = 12 \text{ mm}$$

OK

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2 + d_2)/(3b_0)$$

$$g/b_0 = 0,25$$

$$g/b_0 \geq 0,5(1 - \beta) = 0,17$$

OK

$$g/b_0 \leq 1,5(1 - \beta) = 0,50$$

OK

## Liitoksen mitoitus:

Liitoksen laskentakuormat (itseisarvoina):

vasen oikea

$$|N_{0,Ed}| = 260 \text{ kN}$$

Paarre on puristettu

$$0,50$$

$$0,50$$

= osuus

$$|M_{0,Ed}| = 24 \text{ kNm}$$

$$|\Delta M_{0,Ed}| = \text{osuus} \times |N_{0,Ed, \text{pur}}| e =$$

$$2,1 \text{ kNm}$$

$$|V_{0,Ed}| = 100 \text{ kN}$$

$$|N_{1,Ed}| = 178 \text{ kN}$$

Diag. 1 on puristettu

$$|N_{2,Ed}| = 65 \text{ kN}$$

Diag. 2 on vedetty

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$\sigma_{0,Ed} = 309 \text{ N/mm}^2$$

$$= \frac{N_{0,Ed} \pm \frac{M_{0,Ed} + DM_{0,Ed}}{W_{el,0}}}{A_0} \quad (\text{pos.} = \text{puristus, neg.} = \text{veto})$$

Osavarmuusluvut:

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

= poikkileikkauksen kestävyys

$$\gamma_{M5} = 1,00$$

= rakenneputkien liitosten kestävyys ristikoissa

## Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,87$$

Ehdot

OK

## Paarteen pinnan murtuminen:

Ehdot

$$\gamma = 7,50 = b_0/2t_0$$

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

$$n = 0,87 = \sigma_{0,Ed}/(f_{y0}/\gamma_{M5})$$

$$k_n = 0,78 = 1,3 - 0,4n/\beta ; \text{ kun } n > 0 \text{ (puristus), mutta } k_n \leq 1,0$$

$$= 1,0 ; \text{ kun } n \leq 0 \text{ (veto)}$$

$$N_{1,Rd} = 355 \text{ kN}$$

$$= \frac{8,9k_n f_{y0} t_0^2 \sqrt{g}}{\sin(\alpha_1)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\sigma_{0,Ed}}{\sigma} / \gamma_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,50$$

OK

Rakennuskohde:  
 Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
 Solmu 2

Sijainti:

$$N_{2,Rd} = \boxed{426} \text{ kN} = \frac{8,9 \text{ kN} f_{y0} t_0^2 \sqrt{g_{M5}}}{\sin(q_2)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,15}$$

OK

Ehdot

**Paarteen leikkautuminen:**

Paarteen leikkautuminen diag. 1 kohdalla:

$$\alpha = 0,225 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 2136 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{540} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_1)} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,33}$$

OK

Paarteen leikkautuminen diag. 2 kohdalla:

$$\alpha = 0,225 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 2136 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{650} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_2)} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,10}$$

OK

Paarteen kestävyys uumasauvojen välillä:

$$V_{Ed} = 244 \text{ kN} \approx \max(N_{i,Ed}) \cdot \sin(\theta_i) + V_{0,Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \boxed{438} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3}} / g_{M0} \quad |V_{0,Ed}|/V_{pl,Rd} = \boxed{0,56}$$

OK

$$N_{0,Rd} = \boxed{1065} \text{ kN} = \frac{\ddot{e}}{\ddot{g}} (A_0 - A_v) f_{y0} + A_v f_{y0} \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2} / g_{M5}$$

$$|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = \boxed{0,24}$$

OK

Ehdot

**Uumasauvan murtuminen:**

Uumasauvan 1 murtuminen:

$$b_{eff} = 71 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y1} t_1} b_1 \quad b_{eff} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{612} \text{ kN} = f_{y1} t_1 (2h_1 - 4t_1 + b_1 + b_{eff}) / g_{M5}$$

OK

Uumasauvan 2 murtuminen:

$$b_{eff} = 71 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y2} t_2} b_2 \quad b_{eff} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{612} \text{ kN} = f_{y2} t_2 (2h_2 - 4t_2 + b_2 + b_{eff}) / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,11}$$

OK

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 2

Sijainti:

**Lävistysleikkautuminen, kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ :**
**Ehdot**

$$\beta = \boxed{0,67} = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 1 kohdalla:

$$\leq 1 - 1/\gamma = \boxed{0,87}$$

OK

$$b_{e,p} = 53 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_1 \quad b_{e,p} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{1,Rd} = \boxed{670} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_1)} \left[ \frac{2h_1}{\sin(q_1)} + b_1 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 2 kohdalla:

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,27}$$

OK

$$b_{e,p} = 53 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_2 \quad b_{e,p} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{2,Rd} = \boxed{902} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_2)} \left[ \frac{2h_2}{\sin(q_2)} + b_2 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,07}$$

OK

**Tarkistukset ja tulokset:**

Taivutusmomenttien huomioon ottaminen liitoksen voimasuureissa:

Kiertymäjäykkyydestä aiheutuva sekundäärinen momentti

Ei tarvitse huomioida

Poikittainen kuormitus

Ei tarkastella

Liitoksen epäkeskisyydestä aiheutuva lisämomentti

Ei tarvitse huomioida

 - huomioidaan kuitenkin aina puristetun paarteen normaalijännityksessä

Liitosmitoitusten soveltuvuus:

OK

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

OK

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Paarteen pinnan murtuminen

OK

Paarteen leikkautuminen

OK

Uumasauvan murtuminen

OK

 Kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ 

Lävistysleikkautuminen

OK

Liitoksen kestävyysmitoitussarvot:

 Maks. käyttöaste =  $\boxed{0,87}$  OK

|        |                        |                       |  |         |
|--------|------------------------|-----------------------|--|---------|
| Paarre | $f_{y0}/\gamma_{M5} =$ | 355 N/mm <sup>2</sup> | $ \sigma_{0,Ed} /(f_{y0}/\gamma_{M5}) =$ | 0,87 OK |
|--------|------------------------|-----------------------|--|---------|

|  |              |         |                         |         |
|--|--------------|---------|-------------------------|---------|
|  | $N_{0,Rd} =$ | 1065 kN | $ N_{0,Ed} /N_{0,Rd} =$ | 0,24 OK |
|--|--------------|---------|-------------------------|---------|


|  |               |        |                        |         |
|--|---------------|--------|------------------------|---------|
|  | $V_{pl,Rd} =$ | 438 kN | $ V_{Ed} /V_{pl,Rd} =$ | 0,56 OK |
|--|---------------|--------|------------------------|---------|

|         |              |        |                         |         |
|---------|--------------|--------|-------------------------|---------|
| Diag. 1 | $N_{1,Rd} =$ | 355 kN | $ N_{1,Ed} /N_{1,Rd} =$ | 0,50 OK |
|---------|--------------|--------|-------------------------|---------|

|         |              |        |                         |         |
|---------|--------------|--------|-------------------------|---------|
| Diag. 2 | $N_{2,Rd} =$ | 426 kN | $ N_{2,Ed} /N_{2,Rd} =$ | 0,15 OK |
|---------|--------------|--------|-------------------------|---------|



# Liite 9. Solmu 3

|   |  |                              |                  |
|---|--|------------------------------|------------------|
| <br>Sweco Rakennetekniikka Oy, Ilmalanportti 2, 00240 HELSINKI |  | Rakennelaskelma, lähtötiedot |                  |
|   |  | Tekijä: Milla Tarmas         | Sivu: 1 (4)      |
| Rakennuskohde: Hesburger, Yritystie 1 Liminka   |  | Työ no:                      | Sisältö: Solmu 3 |
|   |  |                              | Sijainti:        |

**T12 Vapaavälinen N- tai K-liitos, suorakaiteen muotoinen parre** Versio 1.51

Toteutettu SKOL Eurocode-laskentapohjahankkeessa 2008-2011

**Lähtötiedot:**

**Muotostandardi**

SFS-EN 10210-2 (kuumamuovautu)

SFS-EN 10219-2 (kylmämuovautu hitsatu)

**Diag. 1 (puristettu)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Diag. 2 (vedetty)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Liitostyyppi**

Vapaavälinen N-liitos

Vapaavälinen K-liitos

**Parre**

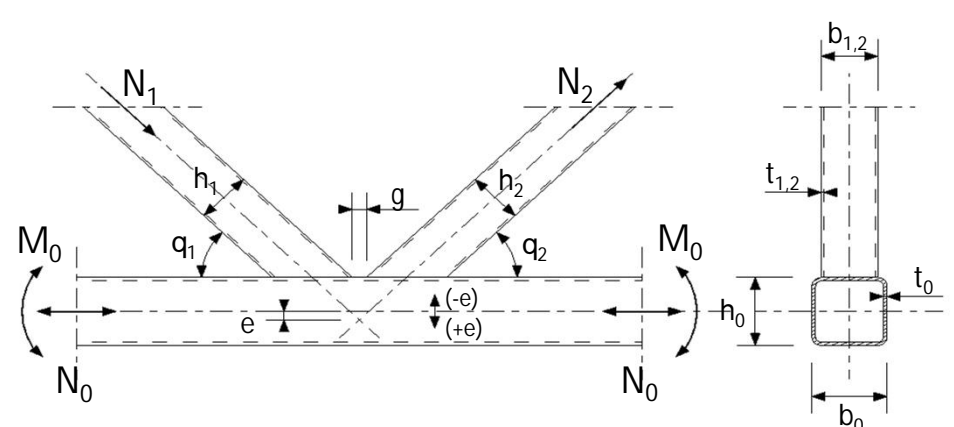
Puristettu

Vedetty

S 355 H

Neliö  z-z

CFRHS 120x120x5



Omat profiilit

| Sauva   | Muotostandardi | Muoto | Profiili        | Rotaatio | Teräslaji | $\theta_i$ (°) | $L_i$ (mm) |
|---------|----------------|-------|-----------------|----------|-----------|----------------|------------|
| Parre   | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 120x120x5 |          | S 355 H   |                |            |
| Diag. 1 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 45,1°          | 1314       |
| Diag. 2 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 50,7°          | 1566       |

|                    |              |  |       |                |     |    |
|--------------------|--------------|--|-------|----------------|-----|----|
| $L_1/h_1 =$        | 16,4         | $L_2/d_2 =$                                | 19,6  | $L_i/h_i \geq$ | 6,0 | OK |
| Vapaaväli $g =$    | 35 mm        | $g \geq t_1 + t_2$ (väh. 10 mm) =          | 12 mm |                |     | OK |
| Epäkeskisyyt $e =$ | 19 mm        | $-66 \text{ mm} \leq e \leq 30 \text{ mm}$ |       |                |     | OK |
|                    | $= 0,16 h_0$ | $-0,55 h_0 \leq e \leq 0,25 h_0$           |       |                |     |    |

| Sauva   | $h_i$ (tai $d_i$ ) | $b_i$ (tai $d_i$ ) | $t_i$ | $A_0$           | $W_{el,y,0}$    | $f_{yi}$          | $f_{yi}t_i$ | k     | PLL |
|---------|--------------------|--------------------|-------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|-------|-----|
|         | mm                 | mm                 | mm    | mm <sup>2</sup> | mm <sup>3</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm        |       |     |
| Parre   | 120                | 120                | 5     | 2236            | 8,09E+4         | 355               | 1775        | 1,000 | 1   |
| Diag. 1 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |
| Diag. 2 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |

|              |     |     |     |  |     |  |              |    |
|--------------|-----|-----|-----|--|-----|--|--------------|----|
| <b>Ehdot</b> | OK  | OK  | OK  |  | OK  |  | <b>Ehdot</b> | OK |
| - alaraja    | 40  | 40  | 2,5 |  | 235 |  | - parre      | 2  |
| - yläraja    | 400 | 400 | 25  |  | 460 |  | - diag. 1    | 2  |

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 3

Sijainti:

**Hitsausliitosten pätevyysrajat:**

| Sauva   | $b_i/b_0$ | $d_i/b_0$ | $h_i/b_i$ | $b_0/t_0$ | $h_0/t_0$ | $(b_i + h_i)/t_i$ | $b_i/t_i$ | $h_i/t_i$ | $d_i/t_i$ |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Paarre  |           |           | 1,0       | 24,0      | 24,0      | 48,0              |           |           |           |
| Diag. 1 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |
| Diag. 2 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |

| Ehdot     | OK   | OK  | OK  | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
|-----------|------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| - alaraja | 0,35 | 0,4 | 0,5 |    |    | 25 |    |    |    |
| - yläraja | 1,0  | 0,8 | 2,0 | 35 | 35 |    | 35 | 35 |    |

**Vapaavälisten N- ja K-liitosten lisäraajat:**

Voidaanko liitosta käsitellä N- tai K-liitoksena?

OK

$$g = 35 \text{ mm}$$

$$g > t_1 + t_2 = 12 \text{ mm}$$

OK

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2 + d_2)/(3b_0)$$

$$g/b_0 = 0,29$$

$$g/b_0 \geq 0,5(1 - \beta) = 0,17$$

OK

$$g/b_0 \leq 1,5(1 - \beta) = 0,50$$

OK

**Liitoksen mitoitus:**

Liitoksen laskentakuormat (itseisarvoina):

vasen oikea

$$|N_{0,Ed}| = 306 \text{ kN}$$

Paarre on vedetty

$$0,50$$

= osuus

$$|M_{0,Ed}| = 1 \text{ kNm}$$

$$|\Delta M_{0,Ed}| = \text{osuus} \times |N_{0,Ed, \text{pur}}| e = \text{ kNm}$$

$$|V_{0,Ed}| = 2 \text{ kN}$$

$$|N_{1,Ed}| = 69 \text{ kN}$$

Diag. 1 on puristettu

$$|N_{2,Ed}| = 65 \text{ kN}$$

Diag. 2 on vedetty

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$\sigma_{0,Ed} = -144 \text{ N/mm}^2$$

$$= \frac{N_{0,Ed} \pm \frac{M_{0,Ed} + DM_{0,Ed}}{e}}{A_0} \quad \text{(pos. = puristus, neg. = veto)}$$

Osavarmuusluvut:

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

= poikkileikkauksen kestävyys

$$\gamma_{M5} = 1,00$$

= rakenneputkien liitosten kestävyys ristikoissa

**Paarteen reunajännitys liitosalueella:**

$$f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,41$$

Ehdot

OK

**Paarteen pinnan murtuminen:**

Ehdot

$$\gamma = 12,00 = b_0/2t_0$$

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

$$n = -0,41 = \sigma_{0,Ed}/(f_{y0}/\gamma_{M5})$$

$$k_n = 1,00 = 1,3 - 0,4n/\beta ; \text{ kun } n > 0 \text{ (puristus), mutta } k_n \leq 1,0$$

$$= 1,0 ; \text{ kun } n \leq 0 \text{ (veto)}$$

$$N_{1,Rd} = 257 \text{ kN}$$

$$= \frac{8,9k_n f_{y0} t_0^2 \sqrt{g}}{\sin(\alpha_1)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\sigma_{0,Ed}}{\gamma_{M5}}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,27$$

OK

Rakennuskohde:  
 Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
 Solmu 3

Sijainti:

$$N_{2,Rd} = \boxed{236} \text{ kN} = \frac{8,9 \text{ kN} f_{y0} t_0^2 \sqrt{g_{M5}}}{\sin(q_2)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,28}$$

OK

Ehdot

**Paarteen leikkautuminen:**

Paarteen leikkautuminen diag. 1 kohdalla:

$$\alpha = 0,123 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 1274 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{368} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_1)} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,19}$$

OK

Paarteen leikkautuminen diag. 2 kohdalla:

$$\alpha = 0,123 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 1274 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{337} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_2)} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,19}$$

OK

Paarteen kestävyys uumasauvojen välillä:

$$V_{Ed} = 52 \text{ kN} \approx \max(N_{i,Ed}) \cdot \sin(\theta_i) + V_{0,Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \boxed{261} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3}} / g_{M0} \quad |V_{0,Ed}|/V_{pl,Rd} = \boxed{0,20}$$

OK

$$N_{0,Rd} = \boxed{784} \text{ kN} = \frac{\dot{e}}{e} (A_0 - A_v) f_{y0} + A_v f_{y0} \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}} / g_{M5}$$

$$|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = \boxed{0,39}$$

OK

**Uumasauvan murtuminen:**

Uumasauvan 1 murtuminen:

$$b_{eff} = 28 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y1} t_1} b_1 \quad b_{eff} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{519} \text{ kN} = f_{y1} t_1 (2h_1 - 4t_1 + b_1 + b_{eff}) / g_{M5}$$

OK

Uumasauvan 2 murtuminen:

$$b_{eff} = 28 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y2} t_2} b_2 \quad b_{eff} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{519} \text{ kN} = f_{y2} t_2 (2h_2 - 4t_2 + b_2 + b_{eff}) / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,13}$$

OK

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 3

Sijainti:

**Lävistysleikkautuminen, kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ :**
**Ehdot**

$$\beta = \boxed{0,67} = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 1 kohdalla:

$$\leq 1 - 1/\gamma = \boxed{0,92}$$

OK

$$b_{e,p} = 33 \text{ mm}$$

$$= \frac{10}{b_0/t_0} b_1$$

$$b_{e,p} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{1,Rd} = \boxed{490} \text{ kN}$$

$$= \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_1)} \left[ \frac{2h_1}{\sin(q_1)} + b_1 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 2 kohdalla:

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,14}$$

OK

$$b_{e,p} = 33 \text{ mm}$$

$$= \frac{10}{b_0/t_0} b_2$$

$$b_{e,p} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{2,Rd} = \boxed{424} \text{ kN}$$

$$= \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_2)} \left[ \frac{2h_2}{\sin(q_2)} + b_2 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,15}$$

OK

**Tarkistukset ja tulokset:**

Taivutusmomenttien huomioon ottaminen liitoksen voimasuureissa:

Kiertymäjäykkydestä aiheutuva sekundäärinen momentti

Ei tarvitse huomioida

Poikittainen kuormitus

Ei tarkastella

Liitoksen epäkeskisyydestä aiheutuva lisämomentti

Ei tarvitse huomioida

 - huomioidaan kuitenkin aina puristetun paarteen normaalijännityksessä

Liitosmitoitusten soveltuvuus:

OK

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

OK

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Paarteen pinnan murtuminen

OK

Paarteen leikkautuminen

OK

Uumasauvan murtuminen

OK

 Kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ 

Lävistysleikkautuminen

OK

Liitoksen kestävyysmitoitussarvot:

 Maks. käyttöaste =  $\boxed{0,41}$  OK

Parre

$$f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,41 \text{ OK}$$

$$N_{0,Rd} = 784 \text{ kN}$$

$$|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = 0,39 \text{ OK}$$

$$V_{pl,Rd} = 261 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}|/V_{pl,Rd} = 0,20 \text{ OK}$$

Diag. 1

$$N_{1,Rd} = 257 \text{ kN}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,27 \text{ OK}$$

Diag. 2

$$N_{2,Rd} = 236 \text{ kN}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = 0,28 \text{ OK}$$

# Liite 10. Solmu 4

|   |                    |   |                                   |                 |                 |                   |             |              |     |
|---|--------------------|---|-----------------------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|--------------|-----|
| <br>Sweco Rakennetekniikka Oy, Ilmalanportti 2, 00240 HELSINKI  |                    | <b>Rakennelaskelma, lähtötiedot</b>   |                                   |                 |                 |                   |             |              |     |
|   |                    | Tekijä: Milla Tarmas  | Sivu: 1 (4)                       |                 |                 |                   |             |              |     |
| Päiväys: 27.11.2018   |                    |   |                                   |                 |                 |                   |             |              |     |
| Rakennuskohde:<br>Hesburger, Yritystie 1 Liminka  | Työ no:            | Sisältö:<br>Solmu 4   | Sijainti:                         |                 |                 |                   |             |              |     |
| <b>T12 Vapaavälinen N- tai K-liitos, suorakaiteen muotoinen parre</b>   |                    | <b>Versio 1.51</b>  |                                   |                 |                 |                   |             |              |     |
| Toteutettu SKOL Eurocode-laskentapohjahankkeessa 2008-2011  |                    |   |                                   |                 |                 |                   |             |              |     |
| <b>Lähtötiedot:</b>   |                    |   |                                   |                 |                 |                   |             |              |     |
| Muotostandardi<br><input type="radio"/> SFS-EN 10210-2 (kuumamuovautu)  |                    | Diag. 1 (puristettu)<br>Neliö <input type="checkbox"/> z-z<br>CFRHS 80x80x6 |                                   |                 |                 |                   |             |              |     |
| <input checked="" type="radio"/> SFS-EN 10219-2 (kylmämuovautu hitsatu)   |                    | Diag. 2 (vedetty)<br>Neliö <input type="checkbox"/> z-z<br>CFRHS 80x80x6    |                                   |                 |                 |                   |             |              |     |
| Liitostyyppi<br><input type="radio"/> Vapaavälinen N-liitos<br><input checked="" type="radio"/> Vapaavälinen K-liitos |                    |   |                                   |                 |                 |                   |             |              |     |
| Parre<br><input checked="" type="radio"/> Puristettu<br><input type="radio"/> Vedetty                                 |                    |   |                                   |                 |                 |                   |             |              |     |
| S 355 H   |                    |   |                                   |                 |                 |                   |             |              |     |
| Neliö <input type="checkbox"/> z-z<br>CFRHS 120x120x8   |                    |   |                                   |                 |                 |                   |             |              |     |
| Omat profiilit  |                    |   |                                   |                 |                 |                   |             |              |     |
| Sauva   | Muotostandardi     | Muoto   | Profiili                          | Rotaatio        | Teräslaji       | $\theta_i$ (°)    | $L_i$ (mm)  |              |     |
| Parre   | SFS-EN 10219-2     | Neliö   | CFRHS 120x120x8                   |                 | S 355 H         |                   |             |              |     |
| Diag. 1   | SFS-EN 10219-2     | Neliö   | CFRHS 80x80x6                     |                 | S 355 H         | 53,5°             | 1314        |              |     |
| Diag. 2   | SFS-EN 10219-2     | Neliö   | CFRHS 80x80x6                     |                 | S 355 H         | 38,6°             | 1275        |              |     |
|   |                    |   |                                   |                 |                 | OK                |             |              |     |
| $L_1/h_1 =$   |                    | 16,4  | $L_2/d_2 =$                       | 15,9            | $L_i/h_i \geq$  | 6,0               | OK          |              |     |
| Vapaaväli $g =$   |                    | 40  | $g \geq t_1 + t_2$ (väh. 10 mm) = |                 | 12              | OK                |             |              |     |
| Epäkeskisyyt $e =$  |                    | 17  | $-66$ mm                          |                 | $\leq e \leq$   | 30                | OK          |              |     |
|   |                    | $= 0,14 h_0$  | $-0,55 h_0$                       |                 | $\leq e \leq$   | $0,25 h_0$        |             |              |     |
| Sauva   | $h_i$ (tai $d_i$ ) | $b_i$ (tai $d_i$ )  | $t_i$                             | $A_0$           | $W_{el,y,0}$    | $f_{yi}$          | $f_{yi}t_i$ | k            | PLL |
|   | mm                 | mm  | mm                                | mm <sup>2</sup> | mm <sup>3</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm        |              |     |
| Parre   | 120                | 120   | 8                                 | 3364            | 1,13E+5         | 355               | 2840        | 1,000        | 1   |
| Diag. 1   | 80                 | 80  | 6                                 |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000        | 1   |
| Diag. 2   | 80                 | 80  | 6                                 |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000        | 1   |
| <b>Ehdot</b>  | OK                 | OK  | OK                                |                 |                 | OK                |             | <b>Ehdot</b> | OK  |
| - alaraja   | 40                 | 40  | 2,5                               |                 |                 | 235               |             | - parre      | 2   |
| - yläraja   | 400                | 400   | 25                                |                 |                 | 460               |             | - diag. 1    | 2   |

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 4

Sijainti:

## Hitsausliitosten pätevyysrajat:

| Sauva   | $b_i/b_0$ | $d_i/b_0$ | $h_i/b_i$ | $b_0/t_0$ | $h_0/t_0$ | $(b_i + h_i)/t_i$ | $b_i/t_i$ | $h_i/t_i$ | $d_i/t_i$ |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Paarre  |           |           | 1,0       | 15,0      | 15,0      | 30,0              |           |           |           |
| Diag. 1 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |
| Diag. 2 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |

| Ehdot     | OK   | OK  | OK  | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
|-----------|------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| - alaraja | 0,35 | 0,4 | 0,5 |    |    | 25 |    |    |    |
| - yläraja | 1,0  | 0,8 | 2,0 | 35 | 35 |    | 35 | 35 |    |

## Vapaavälisten N- ja K-liitosten lisäraajat:

Voidaanko liitosta käsitellä N- tai K-liitoksena?

|           |       |   |       |    |
|-----------|-------|---|-------|----|
| $g =$     | 40 mm | $g > t_1 + t_2 =$   | 12 mm | OK |
| $\beta =$ | 0,67  | $= (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0)$ tai $(d_1 + d_2 + d_2)/(3b_0)$ |       |    |
| $g/b_0 =$ | 0,33  | $g/b_0 \geq 0,5(1 - \beta) =$                                     | 0,17  | OK |
|           |       | $g/b_0 \leq 1,5(1 - \beta) =$                                     | 0,50  | OK |

## Liitoksen mitoitus:

Liitoksen laskentakuormat (itseisarvoina):

|                |        |  |       |      |       |      |         |
|----------------|--------|--|-------|------|-------|------|---------|
| $ N_{0,Ed}  =$ | 324 kN | Paarre on puristettu   | vasen | 0,50 | oikea | 0,50 | = osuus |
| $ M_{0,Ed}  =$ | 3 kNm  | $ \Delta M_{0,Ed}  = \text{osuus} \times  N_{0,Ed, \text{pur}}  e =$ | 2,8   | kNm  |       |      |         |
| $ V_{0,Ed}  =$ | 43 kN  |  |       |      |       |      |         |
| $ N_{1,Ed}  =$ | 68 kN  | Diag. 1 on puristettu  |       |      |       |      |         |
| $ N_{2,Ed}  =$ | 12 kN  | Diag. 2 on vedetty   |       |      |       |      |         |

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$\sigma_{0,Ed} = 148 \text{ N/mm}^2 = \frac{N_{0,Ed} \pm \frac{M_{0,Ed} + DM_{0,Ed}}{W_{el,0}}}{A_0} \quad (\text{pos.} = \text{puristus, neg.} = \text{veto})$$

Osavarmuusluvut:

$$Y_{M0} = 1,00 = \text{poikkileikkauksen kestävyys}$$

$$Y_{M5} = 1,00 = \text{rakenneputkien liitosten kestävyys ristikoissa}$$

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$f_{y0}/Y_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2 \quad |\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/Y_{M5}) = 0,42$$

Ehdot

OK

Paarteen pinnan murtuminen:

$$\gamma = 7,50 = b_0/2t_0$$

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

$$n = 0,42 = \sigma_{0,Ed}/(f_{y0}/Y_{M5})$$

$$k_n = 1,00 = 1,3 - 0,4n/\beta ; \text{ kun } n > 0 \text{ (puristus), mutta } k_n \leq 1,0$$

$$= 1,0 ; \text{ kun } n \leq 0 \text{ (veto)}$$

$$N_{1,Rd} = 460 \text{ kN} = \frac{8,9k_n f_{y0} t_0^2 \sqrt{g} \sin(q_1)}{\frac{c}{e}} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\sigma}{\sigma} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,15 \quad \text{OK}$$

OK

Rakennuskohde:  
 Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
 Solmu 4

Sijainti:

$$N_{2,Rd} = \boxed{592} \text{ kN} = \frac{8,9 \text{ kN} f_{y0} t_0^2 \sqrt{g_{M5}}}{\sin(q_2)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,02}$$

OK

Ehdot

**Paarteen leikkautuminen:**

Paarteen leikkautuminen diag. 1 kohdalla:

$$\alpha = 0,171 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 2084 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{532} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_1)} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,13}$$

OK

Paarteen leikkautuminen diag. 2 kohdalla:

$$\alpha = 0,171 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 2084 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{685} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_2)} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,02}$$

OK

Paarteen kestävyys uumasauvojen välillä:

$$V_{Ed} = 98 \text{ kN} \approx \max(N_{i,Ed}) \cdot \sin(\theta_i) + V_{0,Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \boxed{427} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3}} / g_{M0} \quad |V_{0,Ed}|/V_{pl,Rd} = \boxed{0,23}$$

OK

$$N_{0,Rd} = \boxed{1175} \text{ kN} = \frac{e}{e} (A_0 - A_v) f_{y0} + A_v f_{y0} \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2} / g_{M5}$$

$$|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = \boxed{0,28}$$

OK

**Uumasauvan murtuminen:**

Uumasauvan 1 murtuminen:

$$b_{eff} = 71 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y1} t_1} b_1 \quad b_{eff} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{612} \text{ kN} = f_{y1} t_1 (2h_1 - 4t_1 + b_1 + b_{eff}) / g_{M5}$$

OK

Uumasauvan 2 murtuminen:

$$b_{eff} = 71 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y2} t_2} b_2 \quad b_{eff} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{612} \text{ kN} = f_{y2} t_2 (2h_2 - 4t_2 + b_2 + b_{eff}) / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,02}$$

OK

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 4

Sijainti:

**Lävistysleikkautuminen, kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ :**
**Ehdot**

$$\beta = \boxed{0,67} = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 1 kohdalla:

$$\leq 1 - 1/\gamma = \boxed{0,87}$$

OK

$$b_{e,p} = 53 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_1 \quad b_{e,p} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{1,Rd} = \boxed{679} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_1)} \left[ \frac{2h_1}{\sin(q_1)} + b_1 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 2 kohdalla:

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,10}$$

OK

$$b_{e,p} = 53 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_2 \quad b_{e,p} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{2,Rd} = \boxed{1025} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_2)} \left[ \frac{2h_2}{\sin(q_2)} + b_2 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,01}$$

OK

**Tarkistukset ja tulokset:**

Taivutusmomenttien huomioon ottaminen liitoksen voimasuureissa:

Kiertymäjäykkydestä aiheutuva sekundäärinen momentti

Ei tarvitse huomioida

Poikittainen kuormitus

Ei tarkastella

Liitoksen epäkeskisyydestä aiheutuva lisämomentti

Ei tarvitse huomioida

 - huomioidaan kuitenkin aina puristetun paarteen normaalijännityksessä

Liitosmitoitusten soveltuvuus:

OK

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

OK

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyys mitoitusarvo on pienin arvoista:

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyys mitoitusarvo on pienin arvoista:

Paarteen pinnan murtuminen

OK

Paarteen leikkautuminen

OK

Uumasauvan murtuminen

OK

 Kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ 

Lävistysleikkautuminen

OK

Liitoksen kestävyys mitoitusarvot:

 Maks. käyttöaste =  $\boxed{0,42}$  OK

 Parre  $f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$   $|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,42$  OK

 $N_{0,Rd} = 1175 \text{ kN}$   $|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = 0,28$  OK


 $V_{pl,Rd} = 427 \text{ kN}$   $|V_{Ed}|/V_{pl,Rd} = 0,23$  OK

 Diag. 1  $N_{1,Rd} = 460 \text{ kN}$   $|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,15$  OK

 Diag. 2  $N_{2,Rd} = 592 \text{ kN}$   $|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = 0,02$  OK



# Liite 11. Solmu 5

|   |  |                              |                  |
|---|--|------------------------------|------------------|
| <br>Sweco Rakennetekniikka Oy, Ilmalanportti 2, 00240 HELSINKI |  | Rakennelaskelma, lähtötiedot |                  |
|   |  | Tekijä: Milla Tarmas         | Sivu: 1 (4)      |
| Rakennuskohde: Hesburger, Yritystie 1 Liminka   |  | Työ no:                      | Sisältö: Solmu 5 |
|   |  |                              | Sijainti:        |

## T12 Vapaavälinen N- tai K-liitos, suorakaiteen muotoinen parre Versio 1.51

Toteutettu SKOL Eurocode-laskentapohjahankkeessa 2008-2011

### Lähtötiedot:

**Muotostandardi**

SFS-EN 10210-2 (kuumamuovautu)

SFS-EN 10219-2 (kylmämuovautu hitsatu)

**Diag. 1 (puristettu)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Diag. 2 (vedetty)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Liitostyyppi**

Vapaavälinen N-liitos

Vapaavälinen K-liitos

**Parre**

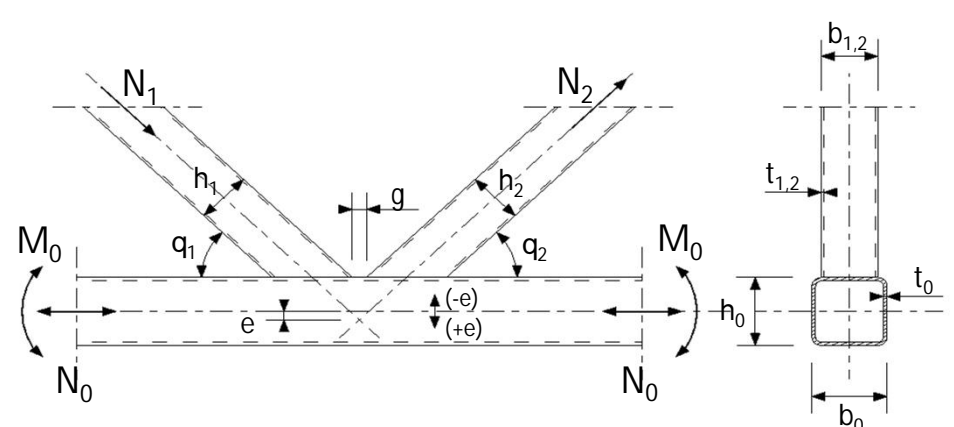
Puristettu

Vedetty

S 355 H

Neliö  z-z

CFRHS 120x120x5



Omat profiilit

| Sauva   | Muotostandardi | Muoto | Profiili        | Rotaatio | Teräslaji | $\theta_i$ (°) | $L_i$ (mm) |
|---------|----------------|-------|-----------------|----------|-----------|----------------|------------|
| Parre   | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 120x120x5 |          | S 355 H   |                |            |
| Diag. 1 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 38,3°          | 1095       |
| Diag. 2 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 46,9°          | 1275       |

|                    |              |                                   |               |                |     |    |
|--------------------|--------------|-----------------------------------|---------------|----------------|-----|----|
| $L_1/h_1 =$        | 13,7         | $L_2/d_2 =$                       | 15,9          | $L_i/h_i \geq$ | 6,0 | OK |
| Vapaaväli $g =$    | 35 mm        | $g \geq t_1 + t_2$ (väh. 10 mm) = | 12 mm         |                |     | OK |
| Epäkeskisyyt $e =$ | 10 mm        | $-66$ mm                          | $\leq e \leq$ | 30 mm          |     | OK |
|                    | $= 0,08 h_0$ | $-0,55 h_0$                       | $\leq e \leq$ | $0,25 h_0$     |     |    |

| Sauva   | $h_i$ (tai $d_i$ ) | $b_i$ (tai $d_i$ ) | $t_i$ | $A_0$           | $W_{el,y,0}$    | $f_{yi}$          | $f_{yi}t_i$ | k     | PLL |
|---------|--------------------|--------------------|-------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|-------|-----|
|         | mm                 | mm                 | mm    | mm <sup>2</sup> | mm <sup>3</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm        |       |     |
| Parre   | 120                | 120                | 5     | 2236            | 8,09E+4         | 355               | 1775        | 1,000 | 1   |
| Diag. 1 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |
| Diag. 2 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |

|              |     |     |     |  |     |  |              |    |
|--------------|-----|-----|-----|--|-----|--|--------------|----|
| <b>Ehdot</b> | OK  | OK  | OK  |  | OK  |  | <b>Ehdot</b> | OK |
| - alaraja    | 40  | 40  | 2,5 |  | 235 |  | - parre      | 2  |
| - yläraja    | 400 | 400 | 25  |  | 460 |  | - diag. 1    | 2  |

Rakennuskohde:  
 Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
 Solmu 5

Sijainti:

## Hitsausliitosten pätevyysrajat:

| Sauva   | $b_i/b_0$ | $d_i/b_0$ | $h_i/b_i$ | $b_0/t_0$ | $h_0/t_0$ | $(b_i + h_i)/t_i$ | $b_i/t_i$ | $h_i/t_i$ | $d_i/t_i$ |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Paarre  |           |           | 1,0       | 24,0      | 24,0      | 48,0              |           |           |           |
| Diag. 1 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |
| Diag. 2 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |

| Ehdot     | OK   | OK  | OK  | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
|-----------|------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| - alaraja | 0,35 | 0,4 | 0,5 |    |    | 25 |    |    |    |
| - yläraja | 1,0  | 0,8 | 2,0 | 35 | 35 |    | 35 | 35 |    |

## Vapaavälisten N- ja K-liitosten lisäraajat:

Voidaanko liitosta käsitellä N- tai K-liitoksena?

OK

$$g = 35 \text{ mm}$$

$$g > t_1 + t_2 = 12 \text{ mm}$$

OK

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2 + d_2)/(3b_0)$$

$$g/b_0 = 0,29$$

$$g/b_0 \geq 0,5(1 - \beta) = 0,17$$

OK

$$g/b_0 \leq 1,5(1 - \beta) = 0,50$$

OK

## Liitoksen mitoitus:

Liitoksen laskentakuormat (itseisarvoina):

vasen oikea

$$|N_{0,Ed}| = 340 \text{ kN}$$

Paarre on vedetty

$$0,50$$

= osuus

$$|M_{0,Ed}| = 2 \text{ kNm}$$

$$|\Delta M_{0,Ed}| = \text{osuus} \times |N_{0,Ed, \text{pur}}| e = \text{ kNm}$$

$$|V_{0,Ed}| = 1 \text{ kN}$$

$$|N_{1,Ed}| = 25 \text{ kN}$$

Diag. 1 on puristettu

$$|N_{2,Ed}| = 20 \text{ kN}$$

Diag. 2 on vedetty

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$\sigma_{0,Ed} = -177 \text{ N/mm}^2$$

$$= \frac{N_{0,Ed} \pm \frac{M_{0,Ed} + DM_{0,Ed}}{W_{el,0}}}{\sigma} \quad (\text{pos.} = \text{puristus, neg.} = \text{veto})$$

Osavarmuusluvut:

$$Y_{M0} = 1,00$$

= poikkileikkauksen kestävyys

$$Y_{M5} = 1,00$$

= rakenneputkien liitosten kestävyys ristikoissa

## Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$f_{y0}/Y_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/Y_{M5}) = 0,50$$

Ehdot

OK

## Paarteen pinnan murtuminen:

Ehdot

$$\gamma = 12,00 = b_0/2t_0$$

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

$$n = -0,50 = \sigma_{0,Ed}/(f_{y0}/Y_{M5})$$

$$k_n = 1,00 = 1,3 - 0,4n/\beta ; \text{ kun } n > 0 \text{ (puristus), mutta } k_n \leq 1,0$$

$$= 1,0 ; \text{ kun } n \leq 0 \text{ (veto)}$$

$$N_{1,Rd} = 295 \text{ kN}$$

$$= \frac{8,9k_n f_{y0} t_0^2 \sqrt{g}}{\sin(\alpha_1)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\sigma}{\sigma} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,08$$

OK

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 5

Sijainti:

$$N_{2,Rd} = \boxed{250} \text{ kN} = \frac{8,9 \text{ kN} f_{y0} t_0^2 \sqrt{g_{M5}}}{\sin(q_2)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,08}$$

OK

Ehdot

**Paarteen leikkautuminen:**

Paarteen leikkautuminen diag. 1 kohdalla:

$$\alpha = 0,123 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 1274 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{422} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_1)} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,06}$$

OK

Paarteen leikkautuminen diag. 2 kohdalla:

$$\alpha = 0,123 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 1274 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{357} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_2)} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,06}$$

OK

Paarteen kestävyys uumasauvojen välillä:

$$V_{Ed} = 16 \text{ kN} \approx \max(N_{i,Ed}) \cdot \sin(\theta_i) + V_{0,Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \boxed{261} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3}} / g_{M0} \quad |V_{0,Ed}|/V_{pl,Rd} = \boxed{0,06}$$

OK

$$N_{0,Rd} = \boxed{793} \text{ kN} = \frac{e}{e} (A_0 - A_v) f_{y0} + A_v f_{y0} \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}} / g_{M5}$$

$$|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = \boxed{0,43}$$

OK

**Uumasauvan murtuminen:**

Uumasauvan 1 murtuminen:

$$b_{eff} = 28 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y1} t_1} b_1 \quad b_{eff} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{519} \text{ kN} = f_{y1} t_1 (2h_1 - 4t_1 + b_1 + b_{eff}) / g_{M5}$$

OK

Uumasauvan 2 murtuminen:

$$b_{eff} = 28 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y2} t_2} b_2 \quad b_{eff} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{519} \text{ kN} = f_{y2} t_2 (2h_2 - 4t_2 + b_2 + b_{eff}) / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,04}$$

OK

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 5

Sijainti:

**Lävistysleikkautuminen, kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ :**
**Ehdot**

$$\beta = \boxed{0,67} = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 1 kohdalla:

$$\leq 1 - 1/\gamma = \boxed{0,92}$$

OK

$$b_{e,p} = 33 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_1 \quad b_{e,p} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{1,Rd} = \boxed{615} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_1)} \left[ \frac{2h_1}{\sin(q_1)} + b_1 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 2 kohdalla:

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,04}$$

OK

$$b_{e,p} = 33 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_2 \quad b_{e,p} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{2,Rd} = \boxed{466} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_2)} \left[ \frac{2h_2}{\sin(q_2)} + b_2 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,04}$$

OK

**Tarkistukset ja tulokset:**

Taivutusmomenttien huomioon ottaminen liitoksen voimasuureissa:

Kiertymäjäykkydestä aiheutuva sekundäärinen momentti

Ei tarvitse huomioida

Poikittainen kuormitus

Ei tarkastella

Liitoksen epäkeskisyydestä aiheutuva lisämomentti

Ei tarvitse huomioida

 - huomioidaan kuitenkin aina puristetun paarteen normaalijännityksessä

Liitosmitoitusten soveltuvuus:

OK

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

OK

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Paarteen pinnan murtuminen

OK

Paarteen leikkautuminen

OK

Uumasauvan murtuminen

OK

 Kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ 

Lävistysleikkautuminen

OK

Liitoksen kestävyysmitoitussarvot:

 Maks. käyttöaste =  $\boxed{0,50}$  OK

 Parre  $f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$   $|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,50$  OK


 $N_{0,Rd} = 793 \text{ kN}$   $|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = 0,43$  OK

 $V_{pl,Rd} = 261 \text{ kN}$   $|V_{Ed}|/V_{pl,Rd} = 0,06$  OK

 Diag. 1  $N_{1,Rd} = 295 \text{ kN}$   $|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,08$  OK

 Diag. 2  $N_{2,Rd} = 250 \text{ kN}$   $|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = 0,08$  OK

# Liite 12. Solmu 6

|   |  |                              |                  |
|---|--|------------------------------|------------------|
| <br>Sweco Rakennetekniikka Oy, Ilmalanportti 2, 00240 HELSINKI |  | Rakennelaskelma, lähtötiedot |                  |
|   |  | Tekijä: Milla Tarmas         | Sivu: 1 (4)      |
| Rakennuskohde: Hesburger, Yritystie 1 Liminka   |  | Työ no:                      | Sisältö: Solmu 6 |
|   |  |                              | Sijainti:        |

## T12 Vapaavälinen N- tai K-liitos, suorakaiteen muotoinen parre Versio 1.51

Toteutettu SKOL Eurocode-laskentapohjahankkeessa 2008-2011

### Lähtötiedot:

**Muotostandardi**

SFS-EN 10210-2 (kuumamuovatus)

SFS-EN 10219-2 (kylmämuovatus hitsatus)

**Diag. 1 (puristettu)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Diag. 2 (vedetty)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Liitostyyppi**

Vapaavälinen N-liitos

Vapaavälinen K-liitos

**Parre**

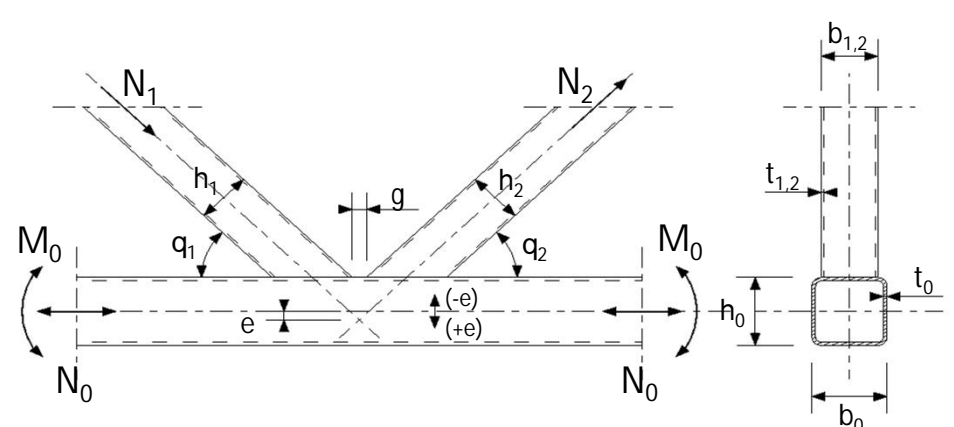
Puristettu

Vedetty

S 355 H

Neliö  z-z

CFRHS 120x120x8



Omat profiilit

| Sauva   | Muotostandardi | Muoto | Profiili        | Rotaatio | Teräslaji | $\theta_i$ (°) | $L_i$ (mm) |
|---------|----------------|-------|-----------------|----------|-----------|----------------|------------|
| Parre   | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 120x120x8 |          | S 355 H   |                |            |
| Diag. 1 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 46,6°          | 1095       |
| Diag. 2 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 30,0°          | 1092       |

|                          |   |                        |    |
|--------------------------|---|------------------------|----|
| $L_1/h_1 = 13,7$         | $L_2/d_2 = 13,7$                        | $L_i/h_i \geq 6,0$     | OK |
| Vapaaväli $g = 40$ mm    | $g \geq t_1 + t_2$ (väh. 10 mm) = 12 mm |                        | OK |
| Epäkeskisyyss $e = 5$ mm | $-66$ mm                                | $\leq e \leq 30$ mm    | OK |
| $= 0,04 h_0$             | $-0,55 h_0$                             | $\leq e \leq 0,25 h_0$ |    |

| Sauva   | $h_i$ (tai $d_i$ ) | $b_i$ (tai $d_i$ ) | $t_i$ | $A_0$           | $W_{el,y,0}$    | $f_{yi}$          | $f_{yi}t_i$ | k     | PLL |
|---------|--------------------|--------------------|-------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|-------|-----|
|         | mm                 | mm                 | mm    | mm <sup>2</sup> | mm <sup>3</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm        |       |     |
| Parre   | 120                | 120                | 8     | 3364            | 1,13E+5         | 355               | 2840        | 1,000 | 1   |
| Diag. 1 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |
| Diag. 2 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |

|              |     |     |     |  |     |  |              |    |
|--------------|-----|-----|-----|--|-----|--|--------------|----|
| <b>Ehdot</b> | OK  | OK  | OK  |  | OK  |  | <b>Ehdot</b> | OK |
| - alaraja    | 40  | 40  | 2,5 |  | 235 |  | - parre      | 2  |
| - yläraja    | 400 | 400 | 25  |  | 460 |  | - diag. 1    | 2  |

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 6

Sijainti:

**Hitsausliitosten pätevyysrajat:**

| Sauva   | $b_i/b_0$ | $d_i/b_0$ | $h_i/b_i$ | $b_0/t_0$ | $h_0/t_0$ | $(b_i + h_i)/t_i$ | $b_i/t_i$ | $h_i/t_i$ | $d_i/t_i$ |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Paarre  |           |           | 1,0       | 15,0      | 15,0      | 30,0              |           |           |           |
| Diag. 1 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |
| Diag. 2 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |

| Ehdot     | OK   | OK  | OK  | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
|-----------|------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| - alaraja | 0,35 | 0,4 | 0,5 |    |    | 25 |    |    |    |
| - yläraja | 1,0  | 0,8 | 2,0 | 35 | 35 |    | 35 | 35 |    |

**Vapaavälisten N- ja K-liitosten lisäraajat:**

Voidaanko liitosta käsitellä N- tai K-liitoksena?

OK

$$g = 40 \text{ mm}$$

$$g > t_1 + t_2 = 12 \text{ mm}$$

OK

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2 + d_2)/(3b_0)$$

$$g/b_0 = 0,33$$

$$g/b_0 \geq 0,5(1 - \beta) = 0,17$$

OK

$$g/b_0 \leq 1,5(1 - \beta) = 0,50$$

OK

**Liitoksen mitoitus:**

Liitoksen laskentakuormat (itseisarvoina):

vasen oikea

$$|N_{0,Ed}| = 331 \text{ kN}$$

Paarre on puristettu

$$0,50$$

$$0,50$$

= osuus

$$|M_{0,Ed}| = 4 \text{ kNm}$$

$$|\Delta M_{0,Ed}| = \text{osuus} \times |N_{0,Ed, \text{pur}}| e =$$

$$0,9 \text{ kNm}$$

$$|V_{0,Ed}| = 45 \text{ kN}$$

$$|N_{1,Ed}| = 55 \text{ kN}$$

Diag. 1 on puristettu

$$|N_{2,Ed}| = 25 \text{ kN}$$

Diag. 2 on vedetty

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$\sigma_{0,Ed} = 139 \text{ N/mm}^2$$

$$= \frac{N_{0,Ed} \pm \frac{M_{0,Ed} + DM_{0,Ed}}{W_{el,0}}}{A_0} \quad (\text{pos.} = \text{puristus, neg.} = \text{veto})$$

Osavarmuusluvut:

$$Y_{M0} = 1,00$$

= poikkileikkauksen kestävyys

$$Y_{M5} = 1,00$$

= rakenneputkien liitosten kestävyys ristikoissa

**Paarteen reunajännitys liitosalueella:**

$$f_{y0}/Y_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/Y_{M5}) = 0,39$$

Ehdot

OK

**Paarteen pinnan murtuminen:**

Ehdot

$$\gamma = 7,50 = b_0/2t_0$$

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

$$n = 0,39 = \sigma_{0,Ed}/(f_{y0}/Y_{M5})$$

$$k_n = 1,00 = 1,3 - 0,4n/\beta ; \text{ kun } n > 0 \text{ (puristus), mutta } k_n \leq 1,0$$

$$= 1,0 ; \text{ kun } n \leq 0 \text{ (veto)}$$

$$N_{1,Rd} = 508 \text{ kN}$$

$$= \frac{8,9k_n f_{y0} t_0^2 \sqrt{g}}{\sin(\alpha_1)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\sigma_{0,Ed}}{\sigma} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,11$$

OK

Rakennuskohde:  
 Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
 Solmu 6

Sijainti:

$$N_{2,Rd} = \boxed{738} \text{ kN} = \frac{8,9 \text{ kN} f_{y0} t_0^2 \sqrt{g_{M5}}}{\sin(q_2)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,03}$$

OK

Ehdot

**Paarteen leikkautuminen:**

Paarteen leikkautuminen diag. 1 kohdalla:

$$\alpha = 0,171 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 2084 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{588} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_1)} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,09}$$

OK

Paarteen leikkautuminen diag. 2 kohdalla:

$$\alpha = 0,171 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 2084 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{854} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_2)} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,03}$$

OK

Paarteen kestävyys uumasauvojen välillä:

$$V_{Ed} = 85 \text{ kN} \approx \max(N_{i,Ed}) \cdot \sin(\theta_i) + V_{0,Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \boxed{427} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3}} / g_{M0} \quad |V_{0,Ed}|/V_{pl,Rd} = \boxed{0,20}$$

OK

$$N_{0,Rd} = \boxed{1180} \text{ kN} = \frac{e}{e} (A_0 - A_v) f_{y0} + A_v f_{y0} \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}} / g_{M5}$$

$$|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = \boxed{0,28}$$

OK

**Uumasauvan murtuminen:**

Uumasauvan 1 murtuminen:

$$b_{eff} = 71 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y1} t_1} b_1 \quad b_{eff} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{612} \text{ kN} = f_{y1} t_1 (2h_1 - 4t_1 + b_1 + b_{eff}) / g_{M5}$$

OK

Uumasauvan 2 murtuminen:

$$b_{eff} = 71 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y2} t_2} b_2 \quad b_{eff} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{612} \text{ kN} = f_{y2} t_2 (2h_2 - 4t_2 + b_2 + b_{eff}) / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,04}$$

OK

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 6

Sijainti:

**Lävistysleikkautuminen, kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ :**
**Ehdot**

$$\beta = \boxed{0,67} = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 1 kohdalla:

$$\leq 1 - 1/\gamma = \boxed{0,87}$$

OK

$$b_{e,p} = 53 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_1 \quad b_{e,p} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{1,Rd} = \boxed{798} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_1)} \left[ \frac{2h_1}{\sin(q_1)} + b_1 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 2 kohdalla:

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,07}$$

OK

$$b_{e,p} = 53 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_2 \quad b_{e,p} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{2,Rd} = \boxed{1487} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_2)} \left[ \frac{2h_2}{\sin(q_2)} + b_2 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,02}$$

OK

**Tarkistukset ja tulokset:**

Taivutusmomenttien huomioon ottaminen liitoksen voimasuureissa:

Kiertymäjäykkydestä aiheutuva sekundäärinen momentti

Ei tarvitse huomioida

Poikittainen kuormitus

Ei tarkastella

Liitoksen epäkeskisyydestä aiheutuva lisämomentti

Ei tarvitse huomioida

 - huomioidaan kuitenkin aina puristetun paarteen normaalijännityksessä

Liitosmitoitusten soveltuvuus:

OK

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

OK

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Paarteen pinnan murtuminen

OK

Paarteen leikkautuminen

OK

Uumasauvan murtuminen

OK

 Kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ 

Lävistysleikkautuminen

OK

Liitoksen kestävyysmitoitussarvot:

 Maks. käyttöaste =  **$\boxed{0,39}$**  OK

 Parre  $f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$   $|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,39$  OK

 $N_{0,Rd} = 1180 \text{ kN}$   $|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = 0,28$  OK


 $V_{pl,Rd} = 427 \text{ kN}$   $|V_{Ed}|/V_{pl,Rd} = 0,20$  OK

 Diag. 1  $N_{1,Rd} = 508 \text{ kN}$   $|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,11$  OK

 Diag. 2  $N_{2,Rd} = 612 \text{ kN}$   $|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = 0,04$  OK



# Liite 13. Solmu 7

|   |  |                              |                  |
|---|--|------------------------------|------------------|
| <br>Sweco Rakennetekniikka Oy, Ilmalanportti 2, 00240 HELSINKI |  | Rakennelaskelma, lähtötiedot |                  |
|   |  | Tekijä: Milla Tarmas         | Sivu: 1 (4)      |
| Rakennuskohde: Hesburger, Yritystie 1 Liminka   |  | Työ no:                      | Sisältö: Solmu 7 |
|   |  |                              | Sijainti:        |

## T12 Vapaavälinen N- tai K-liitos, suorakaiteen muotoinen parre Versio 1.51

Toteutettu SKOL Eurocode-laskentapohjahankkeessa 2008-2011

### Lähtötiedot:

**Muotostandardi**

SFS-EN 10210-2 (kuumamuovautut)

SFS-EN 10219-2 (kylmämuovautut hitsatut)

**Diag. 1 (puristettu)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Diag. 2 (vedetty)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Liitostyyppi**

Vapaavälinen N-liitos

Vapaavälinen K-liitos

**Parre**

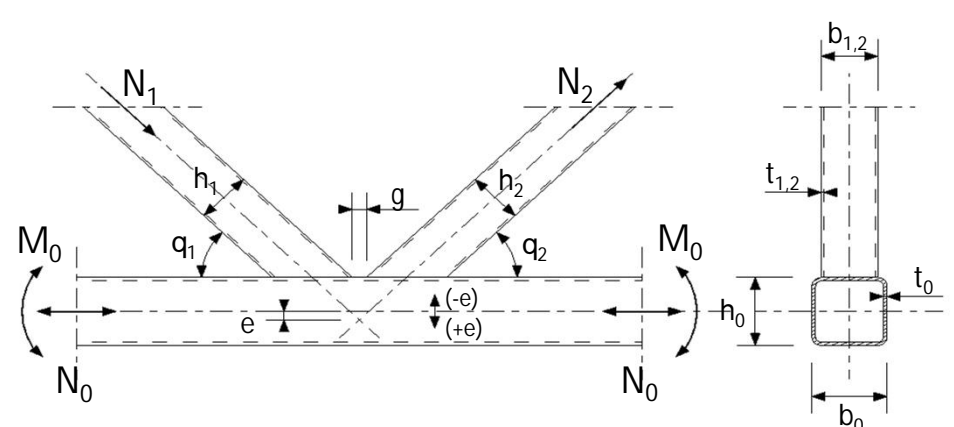
Puristettu

Vedetty

S 355 H

Neliö  z-z

CFRHS 120x120x5



Omat profiilit

| Sauva   | Muotostandardi | Muoto | Profiili        | Rotaatio | Teräslaji | $\theta_i$ (°) | $L_i$ (mm) |
|---------|----------------|-------|-----------------|----------|-----------|----------------|------------|
| Parre   | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 120x120x5 |          | S 355 H   |                |            |
| Diag. 1 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 38,7°          | 1092       |
| Diag. 2 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 33,7°          | 817        |

|                     |              |                                   |               |                |     |    |
|---------------------|--------------|-----------------------------------|---------------|----------------|-----|----|
| $L_1/h_1 =$         | 13,7         | $L_2/d_2 =$                       | 10,2          | $L_i/h_i \geq$ | 6,0 | OK |
| Vapaaväli $g =$     | 40 mm        | $g \geq t_1 + t_2$ (väh. 10 mm) = | 12 mm         |                |     | OK |
| Epäkeskisyyss $e =$ | 4 mm         | $-66$ mm                          | $\leq e \leq$ | 30 mm          |     | OK |
|                     | $= 0,03 h_0$ | $-0,55 h_0$                       | $\leq e \leq$ | $0,25 h_0$     |     |    |

| Sauva   | $h_i$ (tai $d_i$ ) | $b_i$ (tai $d_i$ ) | $t_i$ | $A_0$           | $W_{el,y,0}$    | $f_{yi}$          | $f_{yi}t_i$ | k     | PLL |
|---------|--------------------|--------------------|-------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|-------|-----|
|         | mm                 | mm                 | mm    | mm <sup>2</sup> | mm <sup>3</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm        |       |     |
| Parre   | 120                | 120                | 5     | 2236            | 8,09E+4         | 355               | 1775        | 1,000 | 1   |
| Diag. 1 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |
| Diag. 2 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |

|              |     |     |     |  |     |  |              |    |
|--------------|-----|-----|-----|--|-----|--|--------------|----|
| <b>Ehdot</b> | OK  | OK  | OK  |  | OK  |  | <b>Ehdot</b> | OK |
| - alaraja    | 40  | 40  | 2,5 |  | 235 |  | - parre      | 2  |
| - yläraja    | 400 | 400 | 25  |  | 460 |  | - diag. 1    | 2  |

Rakennuskohde:  
 Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
 Solmu 7

Sijainti:

## Hitsausliitosten pätevyysrajat:

| Sauva   | $b_i/b_0$ | $d_i/b_0$ | $h_i/b_i$ | $b_0/t_0$ | $h_0/t_0$ | $(b_i + h_i)/t_i$ | $b_i/t_i$ | $h_i/t_i$ | $d_i/t_i$ |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Paarre  |           |           | 1,0       | 24,0      | 24,0      | 48,0              |           |           |           |
| Diag. 1 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |
| Diag. 2 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |

| Ehdot     | OK   | OK  | OK  | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
|-----------|------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| - alaraja | 0,35 | 0,4 | 0,5 |    |    | 25 |    |    |    |
| - yläraja | 1,0  | 0,8 | 2,0 | 35 | 35 |    | 35 | 35 |    |

## Vapaavälisten N- ja K-liitosten lisäraajat:

Voidaanko liitosta käsitellä N- tai K-liitoksena?

OK

$$g = 40 \text{ mm}$$

$$g > t_1 + t_2 = 12 \text{ mm}$$

OK

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2 + d_2)/(3b_0)$$

$$g/b_0 = 0,33$$

$$g/b_0 \geq 0,5(1 - \beta) = 0,17$$

OK

$$g/b_0 \leq 1,5(1 - \beta) = 0,50$$

OK

## Liitoksen mitoitus:

Liitoksen laskentakuormat (itseisarvoina):

vasen oikea

$$|N_{0,Ed}| = 340 \text{ kN}$$

Paarre on vedetty

$$0,50$$

= osuus

$$|M_{0,Ed}| = 3 \text{ kNm}$$

$$|\Delta M_{0,Ed}| = \text{osuus} \times |N_{0,Ed, \text{pur}}| e = \text{ kNm}$$

$$|V_{0,Ed}| = 4 \text{ kN}$$

$$|N_{1,Ed}| = 55 \text{ kN}$$

Diag. 1 on puristettu

$$|N_{2,Ed}| = 55 \text{ kN}$$

Diag. 2 on vedetty

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$\sigma_{0,Ed} = -189 \text{ N/mm}^2$$

$$= \frac{N_{0,Ed} \pm \frac{M_{0,Ed} + DM_{0,Ed}}{e}}{A_0} \quad \text{(pos. = puristus, neg. = veto)}$$

Osavarmuusluvut:

$$\gamma_{M0} = 1,00$$

= poikkileikkauksen kestävyys

$$\gamma_{M5} = 1,00$$

= rakenneputkien liitosten kestävyys ristikoissa

## Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,53$$

Ehdot

OK

## Paarteen pinnan murtuminen:

Ehdot

$$\gamma = 12,00 = b_0/2t_0$$

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

$$n = -0,53 = \sigma_{0,Ed}/(f_{y0}/\gamma_{M5})$$

$$k_n = 1,00 = 1,3 - 0,4n/\beta ; \text{ kun } n > 0 \text{ (puristus), mutta } k_n \leq 1,0$$

$$= 1,0 ; \text{ kun } n \leq 0 \text{ (veto)}$$

$$N_{1,Rd} = 292 \text{ kN}$$

$$= \frac{8,9k_n f_{y0} t_0^2 \sqrt{g}}{\sin(\alpha_1)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\sigma_{0,Ed}}{\gamma_{M5}}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,19$$

OK

Rakennuskohde:  
 Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
 Solmu 7

Sijainti:

$$N_{2,Rd} = \boxed{329} \text{ kN} = \frac{8,9 \text{ kN} f_{y0} t_0^2 \sqrt{g_{M5}}}{\sin(q_2)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,17}$$

OK

Ehdot

**Paarteen leikkautuminen:**

Paarteen leikkautuminen diag. 1 kohdalla:

$$\alpha = 0,108 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 1265 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{415} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_1)} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,13}$$

OK

Paarteen leikkautuminen diag. 2 kohdalla:

$$\alpha = 0,108 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 1265 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{467} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_2)} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,12}$$

OK

Paarteen kestävyys uumasauvojen välillä:

$$V_{Ed} = 38 \text{ kN} \approx \max(N_{i,Ed}) \cdot \sin(\theta_i) + V_{0,Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \boxed{259} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3}} / g_{M0} \quad |V_{0,Ed}|/V_{pl,Rd} = \boxed{0,15}$$

OK

$$N_{0,Rd} = \boxed{789} \text{ kN} = \frac{e}{e} (A_0 - A_v) f_{y0} + A_v f_{y0} \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}} / g_{M5}$$

$$|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = \boxed{0,43}$$

OK

Ehdot

**Uumasauvan murtuminen:**

Uumasauvan 1 murtuminen:

$$b_{eff} = 28 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y1} t_1} b_1 \quad b_{eff} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{519} \text{ kN} = f_{y1} t_1 (2h_1 - 4t_1 + b_1 + b_{eff}) / g_{M5}$$

OK

Uumasauvan 2 murtuminen:

$$b_{eff} = 28 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y2} t_2} b_2 \quad b_{eff} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{519} \text{ kN} = f_{y2} t_2 (2h_2 - 4t_2 + b_2 + b_{eff}) / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,11}$$

OK

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 7

Sijainti:

**Lävistysleikkautuminen, kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ :**
**Ehdot**

$$\beta = \boxed{0,67} = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 1 kohdalla:

$$\leq 1 - 1/\gamma = \boxed{0,92}$$

OK

$$b_{e,p} = 33 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_1 \quad b_{e,p} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{1,Rd} = \boxed{605} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_1)} \left[ \frac{2h_1}{\sin(q_1)} + b_1 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 2 kohdalla:

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,09}$$

OK

$$b_{e,p} = 33 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_2 \quad b_{e,p} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{2,Rd} = \boxed{742} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_2)} \left[ \frac{2h_2}{\sin(q_2)} + b_2 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,07}$$

OK

**Tarkistukset ja tulokset:**

Taivutusmomenttien huomioon ottaminen liitoksen voimasuureissa:

Kiertymäjäykkydestä aiheutuva sekundäärinen momentti

Ei tarvitse huomioida

Poikittainen kuormitus

Ei tarkastella

Liitoksen epäkeskisyydestä aiheutuva lisämomentti

Ei tarvitse huomioida

 - huomioidaan kuitenkin aina puristetun paarteen normaalijännityksessä

Liitosmitoitustietojen soveltuvuus:

OK

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

OK

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyys mitoitusarvo on pienin arvoista:

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyys mitoitusarvo on pienin arvoista:

Paarteen pinnan murtuminen

OK

Paarteen leikkautuminen

OK

Uumasauvan murtuminen

OK

 Kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ 

Lävistysleikkautuminen

OK

Liitoksen kestävyys mitoitusarvot:

 Maks. käyttöaste = **0,53** OK

 Parre  $f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$   $|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,53$  OK


 $N_{0,Rd} = 789 \text{ kN}$   $|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = 0,43$  OK

 $V_{pl,Rd} = 259 \text{ kN}$   $|V_{Ed}|/V_{pl,Rd} = 0,15$  OK

 Diag. 1  $N_{1,Rd} = 292 \text{ kN}$   $|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,19$  OK

 Diag. 2  $N_{2,Rd} = 329 \text{ kN}$   $|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = 0,17$  OK

# Liite 14. Solmu 8

|   |  |                              |                  |
|---|--|------------------------------|------------------|
| <br>Sweco Rakennetekniikka Oy, Ilmalanportti 2, 00240 HELSINKI |  | Rakennelaskelma, lähtötiedot |                  |
|   |  | Tekijä: Milla Tarmas         | Sivu: 1 (4)      |
| Rakennuskohde: Hesburger, Yritystie 1 Liminka   |  | Työ no:                      | Sisältö: Solmu 8 |
|   |  |                              | Sijainti:        |

## T12 Vapaavälinen N- tai K-liitos, suorakaiteen muotoinen parre Versio 1.51

Toteutettu SKOL Eurocode-laskentapohjahankkeessa 2008-2011

### Lähtötiedot:

**Muotostandardi**

SFS-EN 10210-2 (kuumamuovautu)

SFS-EN 10219-2 (kylmämuovautu hitsatu)

**Diag. 1 (puristettu)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Diag. 2 (vedetty)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Liitostyyppi**

Vapaavälinen N-liitos

Vapaavälinen K-liitos

**Parre**

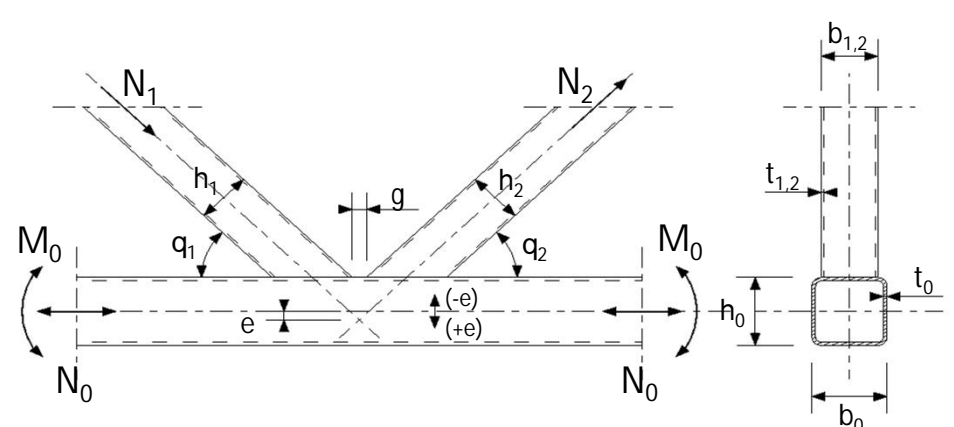
Puristettu

Vedetty

S 355 H

Neliö  z-z

CFRHS 120x120x8



Omat profiilit

| Sauva   | Muotostandardi | Muoto | Profiili        | Rotaatio | Teräslaji | $\theta_i$ (°) | $L_i$ (mm) |
|---------|----------------|-------|-----------------|----------|-----------|----------------|------------|
| Parre   | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 120x120x8 |          | S 355 H   |                |            |
| Diag. 1 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 34,5°          | 667        |
| Diag. 2 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 33,7°          | 817        |

|                    |              |                                   |               |                |     |    |
|--------------------|--------------|-----------------------------------|---------------|----------------|-----|----|
| $L_1/h_1 =$        | 8,3          | $L_2/d_2 =$                       | 10,2          | $L_i/h_i \geq$ | 6,0 | OK |
| Vapaaväli $g =$    | 35 mm        | $g \geq t_1 + t_2$ (väh. 10 mm) = | 12 mm         |                |     | OK |
| Epäkeskisyyt $e =$ | 0 mm         | $-66$ mm                          | $\leq e \leq$ | 30 mm          |     | OK |
|                    | $= 0,00 h_0$ | $-0,55 h_0$                       | $\leq e \leq$ | $0,25 h_0$     |     |    |

| Sauva   | $h_i$ (tai $d_i$ ) | $b_i$ (tai $d_i$ ) | $t_i$ | $A_0$           | $W_{el,y,0}$    | $f_{yi}$          | $f_{yi}t_i$ | k     | PLL |
|---------|--------------------|--------------------|-------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|-------|-----|
|         | mm                 | mm                 | mm    | mm <sup>2</sup> | mm <sup>3</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm        |       |     |
| Parre   | 120                | 120                | 8     | 3364            | 1,13E+5         | 355               | 2840        | 1,000 | 1   |
| Diag. 1 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |
| Diag. 2 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |

|              |     |     |     |  |     |  |              |    |
|--------------|-----|-----|-----|--|-----|--|--------------|----|
| <b>Ehdot</b> | OK  | OK  | OK  |  | OK  |  | <b>Ehdot</b> | OK |
| - alaraja    | 40  | 40  | 2,5 |  | 235 |  | - parre      | 2  |
| - yläraja    | 400 | 400 | 25  |  | 460 |  | - diag. 1    | 2  |

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 8

Sijainti:

## Hitsausliitosten pätevyysrajat:

| Sauva   | $b_i/b_0$ | $d_i/b_0$ | $h_i/b_i$ | $b_0/t_0$ | $h_0/t_0$ | $(b_i + h_i)/t_i$ | $b_i/t_i$ | $h_i/t_i$ | $d_i/t_i$ |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Paarre  |           |           | 1,0       | 15,0      | 15,0      | 30,0              |           |           |           |
| Diag. 1 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |
| Diag. 2 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |

| Ehdot     | OK   | OK  | OK  | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
|-----------|------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| - alaraja | 0,35 | 0,4 | 0,5 |    |    | 25 |    |    |    |
| - yläraja | 1,0  | 0,8 | 2,0 | 35 | 35 |    | 35 | 35 |    |

## Vapaavälisten N- ja K-liitosten lisäraajat:

Voidaanko liitosta käsitellä N- tai K-liitoksena?

|           |       |   |       |    |
|-----------|-------|---|-------|----|
| $g =$     | 35 mm | $g > t_1 + t_2 =$   | 12 mm | OK |
| $\beta =$ | 0,67  | $= (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0)$ tai $(d_1 + d_2 + d_2)/(3b_0)$ |       |    |
| $g/b_0 =$ | 0,29  | $g/b_0 \geq 0,5(1 - \beta) =$                                     | 0,17  | OK |
|           |       | $g/b_0 \leq 1,5(1 - \beta) =$                                     | 0,50  | OK |

## Liitoksen mitoitus:

Liitoksen laskentakuormat (itseisarvoina):

|                |        |  |       |      |       |      |         |
|----------------|--------|--|-------|------|-------|------|---------|
| $ N_{0,Ed}  =$ | 306 kN | Paarre on puristettu   | vasen | 0,50 | oikea | 0,50 | = osuus |
| $ M_{0,Ed}  =$ | 3 kNm  | $ \Delta M_{0,Ed}  = \text{osuus} \times  N_{0,Ed, \text{pur}}  e =$ | 0,0   |      |       |      | kNm     |
| $ V_{0,Ed}  =$ | 48 kN  |  |       |      |       |      |         |
| $ N_{1,Ed}  =$ | 150 kN | Diag. 1 on puristettu  |       |      |       |      |         |
| $ N_{2,Ed}  =$ | 55 kN  | Diag. 2 on vedetty   |       |      |       |      |         |

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$\sigma_{0,Ed} = 118 \text{ N/mm}^2 = \frac{N_{0,Ed} \pm \frac{M_{0,Ed} + DM_{0,Ed}}{W_{el,0}}}{A_0} \quad (\text{pos.} = \text{puristus, neg.} = \text{veto})$$

Osavarmuusluvut:

$$Y_{M0} = 1,00 = \text{poikkileikkauksen kestävyys}$$

$$Y_{M5} = 1,00 = \text{rakenneputkien liitosten kestävyys ristikoissa}$$

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$f_{y0}/Y_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2 \quad |\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/Y_{M5}) = 0,33$$

Ehdot

OK

Paarteen pinnan murtuminen:

Ehdot

$$\gamma = 7,50 = b_0/2t_0$$

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

$$n = 0,33 = \sigma_{0,Ed}/(f_{y0}/Y_{M5})$$

$$k_n = 1,00 = 1,3 - 0,4n/\beta ; \text{ kun } n > 0 \text{ (puristus), mutta } k_n \leq 1,0$$

$$= 1,0 ; \text{ kun } n \leq 0 \text{ (veto)}$$

$$N_{1,Rd} = 652 \text{ kN} = \frac{8,9k_n f_{y0} t_0^2 \sqrt{g} \sin(\alpha_1)}{\sin(\alpha_1)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\sigma_{0,Ed}}{g_{M5}}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,23$$

OK

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 8

Sijainti:

$$N_{2,Rd} = \boxed{665} \text{ kN} = \frac{8,9 \text{ kN} f_{y0} t_0^2 \sqrt{g_{M5}}}{\sin(q_2)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,08}$$

OK

Ehdot

**Paarteen leikkautuminen:**

Paarteen leikkautuminen diag. 1 kohdalla:

$$\alpha = 0,194 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 2106 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{762} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_1)} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,20}$$

OK

Paarteen leikkautuminen diag. 2 kohdalla:

$$\alpha = 0,194 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 2106 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{778} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_2)} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,07}$$

OK

Paarteen kestävyys uumasauvojen välillä:

$$V_{Ed} = 133 \text{ kN} \approx \max(N_{i,Ed}) \cdot \sin(\theta_i) + V_{0,Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \boxed{432} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3}} / g_{M0} \quad |V_{0,Ed}|/V_{pl,Rd} = \boxed{0,31}$$

OK

$$N_{0,Rd} = \boxed{1158} \text{ kN} = \frac{e}{e} (A_0 - A_v) f_{y0} + A_v f_{y0} \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}} / g_{M5}$$

$$|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = \boxed{0,26}$$

OK

**Uumasauvan murtuminen:**

Uumasauvan 1 murtuminen:

$$b_{eff} = 71 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y1} t_1} b_1 \quad b_{eff} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{612} \text{ kN} = f_{y1} t_1 (2h_1 - 4t_1 + b_1 + b_{eff}) / g_{M5}$$

OK

Uumasauvan 2 murtuminen:

$$b_{eff} = 71 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y2} t_2} b_2 \quad b_{eff} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{612} \text{ kN} = f_{y2} t_2 (2h_2 - 4t_2 + b_2 + b_{eff}) / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,09}$$

OK

Rakennuskohde:

Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

Sisältö:

Solmu 8

Sijainti:

**Lävistysleikkautuminen, kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ :**
**Ehdot**

$$\beta = \boxed{0,67} = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 1 kohdalla:

$$\leq 1 - 1/\gamma = \boxed{0,87}$$

OK

$$b_{e,p} = 53 \text{ mm}$$

$$= \frac{10}{b_0/t_0} b_1$$

$$b_{e,p} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{1,Rd} = \boxed{1204} \text{ kN}$$

$$= \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_1)} \left[ \frac{2h_1}{\sin(q_1)} + b_1 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 2 kohdalla:

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,12}$$

OK

$$b_{e,p} = 53 \text{ mm}$$

$$= \frac{10}{b_0/t_0} b_2$$

$$b_{e,p} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{2,Rd} = \boxed{1246} \text{ kN}$$

$$= \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_2)} \left[ \frac{2h_2}{\sin(q_2)} + b_2 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,04}$$

OK

**Tarkistukset ja tulokset:**

Taivutusmomenttien huomioon ottaminen liitoksen voimasuureissa:

Kiertymäjäykkydestä aiheutuva sekundäärinen momentti

Ei tarvitse huomioida

Poikittainen kuormitus

Ei tarkastella

Liitoksen epäkeskisyydestä aiheutuva lisämomentti

Ei tarvitse huomioida

 - huomioidaan kuitenkin aina puristetun paarteen normaalijännityksessä

Liitosmitoitusten soveltuvuus:

OK

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

OK

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Paarteen pinnan murtuminen

OK

Paarteen leikkautuminen

OK

Uumasauvan murtuminen

OK

 Kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ 

Lävistysleikkautuminen

OK

Liitoksen kestävyysmitoitussarvot:

 Maks. käyttöaste = **0,33** OK

Parre

$$f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,33 \text{ OK}$$

$$N_{0,Rd} = 1158 \text{ kN}$$

$$|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = 0,26 \text{ OK}$$

$$V_{pl,Rd} = 432 \text{ kN}$$

$$|V_{Ed}|/V_{pl,Rd} = 0,31 \text{ OK}$$

Diag. 1

$$N_{1,Rd} = 612 \text{ kN}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,25 \text{ OK}$$


Diag. 2

$$N_{2,Rd} = 612 \text{ kN}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = 0,09 \text{ OK}$$



# Liite 15. Solmu 9

|   |  |                              |                  |
|---|--|------------------------------|------------------|
| <br>Sweco Rakennetekniikka Oy, Ilmalanportti 2, 00240 HELSINKI |  | Rakennelaskelma, lähtötiedot |                  |
|   |  | Tekijä: Milla Tarmas         | Sivu: 1 (4)      |
| Rakennuskohde: Hesburger, Yritystie 1 Liminka   |  | Työ no:                      | Sisältö: Solmu 9 |
|   |  |                              | Sijainti:        |

## T12 Vapaavälinen N- tai K-liitos, suorakaiteen muotoinen parre Versio 1.51

Toteutettu SKOL Eurocode-laskentapohjahankkeessa 2008-2011

### Lähtötiedot:

**Muotostandardi**

SFS-EN 10210-2 (kuumamuovautu)

SFS-EN 10219-2 (kylmämuovautu hitsatu)

**Diag. 1 (puristettu)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Diag. 2 (vedetty)**

Neliö  z-z

CFRHS 80x80x6

**Liitostyyppi**

Vapaavälinen N-liitos

Vapaavälinen K-liitos

**Parre**

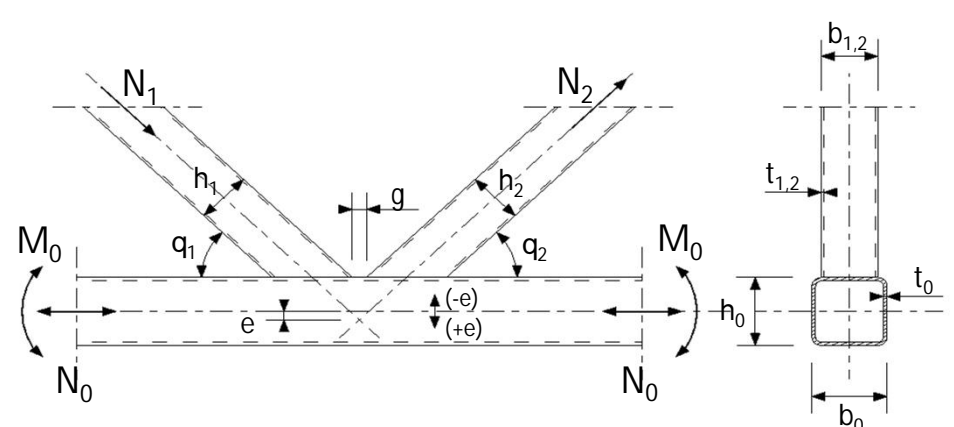
Puristettu

Vedetty

S 355 H

Neliö  z-z

CFRHS 120x120x5



Omat profiilit

| Sauva   | Muotostandardi | Muoto | Profiili        | Rotaatio | Teräslaji | $\theta_i$ (°) | $L_i$ (mm) |
|---------|----------------|-------|-----------------|----------|-----------|----------------|------------|
| Parre   | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 120x120x5 |          | S 355 H   |                |            |
| Diag. 1 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 36,4°          | 537        |
| Diag. 2 | SFS-EN 10219-2 | Neliö | CFRHS 80x80x6   |          | S 355 H   | 42,8°          | 667        |

|  |  |   |    |
|--|--|---|----|
| $L_1/h_1 =$ <input type="text" value="6,7"/>         | $L_2/d_2 =$ <input type="text" value="8,3"/> | $L_i/h_i \geq$ <input type="text" value="6,0"/> | OK |
| Vapaaväli $g =$ <input type="text" value="30"/> mm   | $g \geq t_1 + t_2$ (väh. 10 mm) =            | 12 mm   | OK |
| Epäkeskisyyt $e =$ <input type="text" value="4"/> mm | $-66$ mm                                     | $\leq e \leq$ 30 mm                             | OK |
| $= 0,03 h_0$   | $-0,55 h_0$                                  | $\leq e \leq$ $0,25 h_0$                        |    |

| Sauva   | $h_i$ (tai $d_i$ ) | $b_i$ (tai $d_i$ ) | $t_i$ | $A_0$           | $W_{el,y,0}$    | $f_{yi}$          | $f_{yi}t_i$ | k     | PLL |
|---------|--------------------|--------------------|-------|-----------------|-----------------|-------------------|-------------|-------|-----|
|         | mm                 | mm                 | mm    | mm <sup>2</sup> | mm <sup>3</sup> | N/mm <sup>2</sup> | N/mm        |       |     |
| Parre   | 120                | 120                | 5     | 2236            | 8,09E+4         | 355               | 1775        | 1,000 | 1   |
| Diag. 1 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |
| Diag. 2 | 80                 | 80                 | 6     |                 |                 | 355               | 2130        | 1,000 | 1   |

|              |     |     |     |  |     |  |              |    |
|--------------|-----|-----|-----|--|-----|--|--------------|----|
| <b>Ehdot</b> | OK  | OK  | OK  |  | OK  |  | <b>Ehdot</b> | OK |
| - alaraja    | 40  | 40  | 2,5 |  | 235 |  | - parre      | 2  |
| - yläraja    | 400 | 400 | 25  |  | 460 |  | - diag. 1    | 2  |

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 9

Sijainti:

**Hitsausliitosten pätevyysrajat:**

| Sauva   | $b_i/b_0$ | $d_i/b_0$ | $h_i/b_i$ | $b_0/t_0$ | $h_0/t_0$ | $(b_i + h_i)/t_i$ | $b_i/t_i$ | $h_i/t_i$ | $d_i/t_i$ |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Paarre  |           |           | 1,0       | 24,0      | 24,0      | 48,0              |           |           |           |
| Diag. 1 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |
| Diag. 2 | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |

| Ehdot     | OK   | OK  | OK  | OK | OK | OK | OK | OK | OK |
|-----------|------|-----|-----|----|----|----|----|----|----|
| - alaraja | 0,35 | 0,4 | 0,5 |    |    | 25 |    |    |    |
| - yläraja | 1,0  | 0,8 | 2,0 | 35 | 35 |    | 35 | 35 |    |

**Vapaavälisten N- ja K-liitosten lisäraajat:**

Voidaanko liitosta käsitellä N- tai K-liitoksena?

OK

$$g = 30 \text{ mm}$$

$$g > t_1 + t_2 = 12 \text{ mm}$$

OK

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2 + d_2)/(3b_0)$$

$$g/b_0 = 0,25$$

$$g/b_0 \geq 0,5(1 - \beta) = 0,17$$

OK

$$g/b_0 \leq 1,5(1 - \beta) = 0,50$$

OK

**Liitoksen mitoitus:**

Liitoksen laskentakuormat (itseisarvoina):

vasen oikea

$$|N_{0,Ed}| = 252 \text{ kN}$$

Paarre on vedetty

$$0,50$$

= osuus

$$|M_{0,Ed}| = 3 \text{ kNm}$$

$$|\Delta M_{0,Ed}| = \text{osuus} \times |N_{0,Ed, \text{pur}}| e = \text{ kNm}$$

$$|V_{0,Ed}| = 2 \text{ kN}$$

$$|N_{1,Ed}| = 150 \text{ kN}$$

Diag. 1 on puristettu

$$|N_{2,Ed}| = 176 \text{ kN}$$

Diag. 2 on vedetty

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$\sigma_{0,Ed} = -150 \text{ N/mm}^2$$

$$= \frac{N_{0,Ed} \pm \frac{M_{0,Ed} + DM_{0,Ed}}{W_{el,0}}}{A_0} \quad (\text{pos.} = \text{puristus, neg.} = \text{veto})$$

Osavarmuusluvut:

$$Y_{M0} = 1,00$$

= poikkileikkauksen kestävyys

$$Y_{M5} = 1,00$$

= rakenneputkien liitosten kestävyys ristikoissa

**Paarteen reunajännitys liitosalueella:**

$$f_{y0}/Y_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$$

$$|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/Y_{M5}) = 0,42$$

Ehdot

OK

**Paarteen pinnan murtuminen:**

Ehdot

$$\gamma = 12,00 = b_0/2t_0$$

$$\beta = 0,67 = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

$$n = -0,42 = \sigma_{0,Ed}/(f_{y0}/Y_{M5})$$

$$k_n = 1,00 = 1,3 - 0,4n/\beta ; \text{ kun } n > 0 \text{ (puristus), mutta } k_n \leq 1,0$$

$$= 1,0 ; \text{ kun } n \leq 0 \text{ (veto)}$$

$$N_{1,Rd} = 307 \text{ kN}$$

$$= \frac{8,9k_n f_{y0} t_0^2 \sqrt{g}}{\sin(\alpha_1)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\sigma_{0,Ed}}{\sigma} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,49$$

OK

Rakennuskohde:  
 Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
 Solmu 9

Sijainti:

$$N_{2,Rd} = \boxed{268} \text{ kN} = \frac{8,9 \text{ kN} f_{y0} t_0^2 \sqrt{g_{M5}}}{\sin(q_2)} \frac{b_1 + b_2 + h_1 + h_2}{4b_0} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,66}$$

OK

Ehdot

**Paarteen leikkautuminen:**

Paarteen leikkautuminen diag. 1 kohdalla:

$$\alpha = 0,143 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 1286 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{444} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_1)} / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,34}$$

OK

Paarteen leikkautuminen diag. 2 kohdalla:

$$\alpha = 0,143 = \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{4g^2}{3t_0^2}}}, \text{ pyöreälle uumasauvalle } \alpha = 0$$

$$A_v = 1286 \text{ mm}^2 = (2h_0 + \alpha b_0)t_0$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{388} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3} \sin(q_2)} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,45}$$

OK

Paarteen kestävyys uumasauvojen välillä:

$$V_{Ed} = 122 \text{ kN} \approx \max(N_{i,Ed}) \cdot \sin(\theta_i) + V_{0,Ed}$$

$$V_{pl,Rd} = \boxed{264} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_v}{\sqrt{3}} / g_{M0} \quad |V_{0,Ed}|/V_{pl,Rd} = \boxed{0,46}$$

OK

$$N_{0,Rd} = \boxed{742} \text{ kN} = \frac{e}{e} (A_0 - A_v) f_{y0} + A_v f_{y0} \sqrt{1 - (V_{Ed}/V_{pl,Rd})^2} \frac{\ddot{u}}{\ddot{g}} / g_{M5}$$

$$|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = \boxed{0,34}$$

OK

**Uumasauvan murtuminen:**

Uumasauvan 1 murtuminen:

$$b_{eff} = 28 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y1} t_1} b_1 \quad b_{eff} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{519} \text{ kN} = f_{y1} t_1 (2h_1 - 4t_1 + b_1 + b_{eff}) / g_{M5}$$

OK

Uumasauvan 2 murtuminen:

$$b_{eff} = 28 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y2} t_2} b_2 \quad b_{eff} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

$$N_{2,Rd} = \boxed{519} \text{ kN} = f_{y2} t_2 (2h_2 - 4t_2 + b_2 + b_{eff}) / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,34}$$

OK

Rakennuskohde:  
 Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
 Solmu 9

Sijainti:

**Lävistysleikkautuminen, kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ :**
**Ehdot**

$$\beta = \boxed{0,67} = (b_1 + b_2 + h_1 + h_2)/(4b_0) \text{ tai } (d_1 + d_2)/(2b_0)$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 1 kohdalla:

$$\leq 1 - 1/\gamma = \boxed{0,92}$$

OK

$$b_{e,p} = 33 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_1 \quad b_{e,p} \leq b_1 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{1,Rd} = \boxed{661} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_1)} \left[ \frac{2h_1}{\sin(q_1)} + b_1 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

Lävistysleikkautuminen uumasauvan 2 kohdalla:

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \boxed{0,23}$$

OK

$$b_{e,p} = 33 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_2 \quad b_{e,p} \leq b_2 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{2,Rd} = \boxed{526} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_2)} \left[ \frac{2h_2}{\sin(q_2)} + b_2 + b_{e,p} \right] \frac{\sigma}{\phi} / g_{M5}$$

$$|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = \boxed{0,33}$$

OK

**Tarkistukset ja tulokset:**

Taivutusmomenttien huomioon ottaminen liitoksen voimasuureissa:

Kiertymäjäykkydestä aiheutuva sekundäärinen momentti

Ei tarvitse huomioida

Poikittainen kuormitus

Ei tarkastella

Liitoksen epäkeskisyydestä aiheutuva lisämomentti

Ei tarvitse huomioida

 - huomioidaan kuitenkin aina puristetun paarteen normaalijännityksessä

Liitosmitoitusten soveltuvuus:

OK

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

OK

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyysmitoitussarvo on pienin arvoista:

Paarteen pinnan murtuminen

OK

Paarteen leikkautuminen

OK

Uumasauvan murtuminen

OK

 Kun  $\beta \leq (1 - 1/\gamma)$ 

Lävistysleikkautuminen

OK

Liitoksen kestävyysmitoitussarvot:

 Maks. käyttöaste =  $\boxed{0,66}$  OK

 Parre  $f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$   $|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,42$  OK

 $N_{0,Rd} = 742 \text{ kN}$   $|N_{0,Ed}|/N_{0,Rd} = 0,34$  OK

 $V_{pl,Rd} = 264 \text{ kN}$   $|V_{Ed}|/V_{pl,Rd} = 0,46$  OK

 Diag. 1  $N_{1,Rd} = 307 \text{ kN}$   $|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,49$  OK

 Diag. 2  $N_{2,Rd} = 268 \text{ kN}$   $|N_{2,Ed}|/N_{2,Rd} = 0,66$  OK

# Liite 16. Solmu 10

|   |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |              |
|---|--------------------------|--|-----------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|-------|--------------|
| <br>Sweco Rakennetekniikka Oy, Ilmalanportti 2, 00240 HELSINKI  |                          | <b>Rakennelaskelma, lähtötiedot</b>                                  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |              |
|   |                          | Tekijä: Milla Tarmas   | Sivu: 1 (4)     |                          |                                 |                               |                     |       |              |
| Päiväys: 27.11.2018   |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |              |
| Rakennuskohde:<br>Hesburger, Yritystie 1 Liminka  | Työ no:                  | Sisältö:<br>Solmu 10   | Sijainti:       |                          |                                 |                               |                     |       |              |
| <b>T12 T-, Y- tai X-liitos, suorakaiteen muotoinen parre</b>  |                          | <b>Versio 1.51</b>   |                 |                          |                                 |                               |                     |       |              |
| Toteutettu SKOL Eurocode-laskentapohjahankkeessa 2008-2011  |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |              |
| <b>Lähtötiedot:</b>   |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |              |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>Muotostandardi</b></p> <p><input type="radio"/> SFS-EN 10210-2 (kuumamuovautut)</p> <p><input checked="" type="radio"/> SFS-EN 10219-2 (kylmämuovautut hitsatut)</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>Diag. 1</b></p> <p><input type="radio"/> Puristettu</p> <p><input checked="" type="radio"/> Vedetty</p> <p>Neliö <input type="checkbox"/> z-z</p> <p>CFRHS 80x80x6</p> </div> </div><br><div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;"> <p><b>Liitostyyppi</b></p> <p><input checked="" type="radio"/> T- tai Y-liitos</p> <p><input type="radio"/> X-liitos</p> </div> <div style="width: 45%;"> <p><b>Paarre</b></p> <p><input checked="" type="radio"/> Puristettu</p> <p><input type="radio"/> Vedetty</p> <p>S 355 H <input type="checkbox"/> z-z</p> <p>Neliö <input type="checkbox"/> z-z</p> <p>CFRHS 120x120x8</p> </div> </div><br><div style="text-align: center;"> </div><br><div style="border: 1px solid black; height: 60px; margin-top: 10px;">                 Omat profiilit             </div> |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |              |
| Sauva   | Muotostandardi           | Muoto  | Profiili        | Rotaatio                 | Teräslaji                       | $\theta_i$ (°)                | $L_i$ (mm)          |       |              |
| Paarre  | SFS-EN 10219-2           | Neliö  | CFRHS 120x120x8 |                          | S 355 H                         |                               |                     |       |              |
| Diag. 1   | SFS-EN 10219-2           | Neliö  | CFRHS 80x80x6   |                          | S 355 H                         | 44,7°                         | 537                 |       |              |
| OK  |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |              |
| Suhde $L_1/h_1 =$ <input style="width: 50px;" type="text" value="6,7"/>   |                          | $L_i/h_i \geq$ <input style="width: 50px;" type="text" value="6,0"/> |                 |                          |                                 | OK                            |                     |       |              |
| Sauva   | $h_i$ (tai $d_i$ )<br>mm | $b_i$ (tai $d_i$ )<br>mm   | $t_i$<br>mm     | $A_0$<br>mm <sup>2</sup> | $W_{el,y,0}$<br>mm <sup>3</sup> | $f_{yi}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $f_{yi}t_i$<br>N/mm | k     | PLL          |
| Paarre  | 120                      | 120  | 8               | 3364                     | 1,13E+5                         | 355                           | 2840                | 1,000 | 1            |
| Diag. 1   | 80                       | 80   | 6               |                          |                                 | 355                           | 2130                | 1,000 | 1            |
| <b>Ehdot</b>  | OK                       | OK   | OK              |                          |                                 | OK                            |                     |       | <b>Ehdot</b> |
| - alaraja   | 40                       | 40   | 2,5             |                          |                                 | 235                           |                     |       | - parre      |
| - yläraja   | 400                      | 400  | 25              |                          |                                 | 460                           |                     |       | - diag. 1    |

Rakennuskohde:  
 Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
 Solmu 10

Sijainti:

## Hitsausliitosten pätevyysrajat:

| Sauva     | $b_i/b_0$ | $d_i/b_0$ | $h_i/b_i$ | $b_0/t_0$ | $h_0/t_0$ | $(b_i + h_i)/t_i$ | $b_i/t_i$ | $h_i/t_i$ | $d_i/t_i$ |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Paarre    |           |           | 1,0       | 15,0      | 15,0      | 30,0              |           |           |           |
| Diag. 1   | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |
| Ehdot     | OK        | OK        | OK        | OK        | OK        | OK                | OK        | OK        | OK        |
| - alaraja | 0,25      | 0,4       | 0,5       |           |           | 25                |           |           |           |
| - yläraja | 1,0       | 0,8       | 2,0       | 35        | 35        |                   | 35        | 35        |           |

## Liitoksen mitoitus:

Liitoksen laskentakuormat (itseisarvoina):

$$|N_{0,Ed}| = 145 \text{ kN} \quad \text{Paarre on puristettu}$$

$$|M_{0,Ed}| = 16 \text{ kNm}$$

$$|N_{1,Ed}| = 176 \text{ kN} \quad \text{Diag. 1 on vedetty}$$

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$\sigma_{0,Ed} = 185 \text{ N/mm}^2 = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} \pm \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} \quad (\text{pos.} = \text{puristus, neg.} = \text{veto})$$

Osavarmuusluvut:

$$\gamma_{M0} = 1,00 \quad = \text{poikkileikkauksen kestävyys}$$

$$\gamma_{M5} = 1,00 \quad = \text{rakenneputkien liitosten kestävyys ristikoissa}$$

## Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2 \quad |\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,52$$

Ehdot

OK

 Paarteen pinnan murtuminen, kun  $\beta \leq 0,85$ :

$$\beta = 0,67 \quad = b_1/b_0 \text{ tai } d_1/b_0 \quad \text{kun } \beta \leq 0,85$$

$$\eta = 0,67 \quad = h_1/b_0 \text{ tai } d_1/b_0$$

$$n = 0,52 \quad = \sigma_{0,Ed}/(f_{y0}/\gamma_{M5})$$

$$k_n = 0,99 \quad = 1,3 - 0,4n/\beta; \text{ kun } n > 0 \text{ (puristus), mutta } k_n \leq 1,0 \\ = 1,0; \text{ kun } n \leq 0 \text{ (veto)}$$

$$N_{1,Rd} = 402 \text{ kN} = \frac{k_n f_{y0} t_0^2}{(1 - \beta) \sin(\alpha_1)} \frac{\pi}{2} \frac{2h}{\sin(\alpha_1)} + 4 \sqrt{1 - \beta} \frac{\sigma}{\sigma} g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,44$$

Ehdot

OK

 Paarteen sivun lommahtaminen, kun  $\beta = 1,0$ :

$$\beta = 0,67 \quad = b_1/b_0 \text{ tai } d_1/b_0 \quad \text{kun } \beta = 1,00$$

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

$$\text{Muun. hoikkuus } \lambda = 0,70 = 3,46 \frac{c}{t_0} - 2 \frac{\sigma}{\sigma} \sqrt{\frac{1}{\sin(\alpha_1)}}$$

$$\text{Nurjahdusluokka} = c$$

$$\text{Nurjahdustekijä } \alpha = 0,49$$

$$\text{Pienennystekijä } \phi = 0,87 = 0,5 [1 + a(\bar{\Gamma} - 0,2) + \bar{\Gamma}^2]$$

$$\text{Pienennystekijä } \chi = 0,72 = \frac{1}{f + \sqrt{f^2 - \bar{\Gamma}^2}} \quad \chi \leq 1,00$$

Ehdot

OK

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 10

Sijainti:

$$\begin{aligned} \text{Lujuus } f_b &= 355 \text{ N/mm}^2 = f_{y0} \text{ (veto)} \\ &= \chi f_{y0} \text{ (puristus, T- tai Y-liitos)} \\ &= 0,8 \chi f_{y0} \cdot \sin(\theta_1) \text{ (puristus, X-liitos)} \end{aligned}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN} = \frac{k_n f_b t_0}{\sin(q_1)} \frac{\approx 2h_1}{\sin(q_1)} + 10 t_0 \frac{\ddot{\phantom{000}}}{\ddot{\phantom{000}}} / g_{M5}$$

 Kestävyys X-liitoksille, kun  $\theta_1 < 90^\circ$ :

$$A_{v0} = 1920 \text{ mm}^2 = 2h_0 t_0$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_{v0}}{\sqrt{3} \sin(q_1)} / g_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}$$

$$|N_{1,Ed}| / N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}}$$

OK

Ehdot

**Paarteen sivun lommahtaminen, kun  $0,85 \leq \beta \leq 1,0$ :**

$$\beta = \boxed{0,67} = b_1/b_0 \text{ tai } d_1/b_0 \quad \text{kun } \beta \geq \boxed{0,85}$$

$$\text{sekä } \beta \leq \boxed{1,00}$$

 a) Liitoksen kestävyys paarteen pinnan murtumisen suhteen ( $k_n$  termi lasketaan uudestaan sijoittamalla  $\beta$ -arvoksi 0,85), kun  $\beta = 0,85$ :

$$k_n = 1,00 = 1,3 - 0,4n/0,85; \text{ kun } n > 0 \text{ (puristus), mutta } k_n \leq 1,0$$

$$= 1,0; \text{ kun } n \leq 0 \text{ (veto)}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{742} \text{ kN} = \frac{k_n f_{y0} t_0^2}{(1 - 0,85) \sin(q_1)} \frac{\approx 2h}{\sin(q_1)} + 4 \sqrt{1 - 0,85} \frac{\ddot{\phantom{000}}}{\ddot{\phantom{000}}} / g_{M5}$$

 b) Liitoksen kestävyys paarteen sivun murtumisen suhteen (joko sivun lommahdus tai paarteen leikkautuminen), kun  $\beta = 1,0$ :

$$N_{1,Rd} = \boxed{1226} \text{ kN} = \frac{k_n f_b t_0}{\sin(q_1)} \frac{\approx 2h_1}{\sin(q_1)} + 10 t_0 \frac{\ddot{\phantom{000}}}{\ddot{\phantom{000}}} / g_{M5}$$

$$A_{v0} = 1920 \text{ mm}^2 = 2h_0 t_0$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{559} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_{v0}}{\sqrt{3} \sin(q_1)} / g_{M5}$$

 Kun  $0,85 \leq \beta \leq 1,0$  liitoksen kestävyys interpoloidaan lineaarisesti kestävyysien a) ja b) välillä:

$$N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}$$

$$|N_{1,Ed}| / N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}}$$

OK

**Uumasauvan murtuminen, kun  $\beta \geq 0,85$ :**

$$\beta = \boxed{0,67} = b_1/b_0 \text{ tai } d_1/b_0 \quad \text{kun } \beta \geq \boxed{0,85}$$

$$b_{\text{eff}} = 71 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y1} t_1} b_1 \quad b_{\text{eff}} \leq b_1 \text{ tai } d_1 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}$$

$$= f_{y1} t_1 (2h_1 - 4t_1 + 2b_{\text{eff}}) / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}| / N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}}$$

OK

Rakennuskohde:  
 Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
 Solmu 10

Sijainti:

**Lävistysleikkautuminen, kun  $0,85 \leq \beta \leq (1 - 1/\gamma)$ :**
**Ehdot**

$$\gamma = 7,50 = b_0/2t_0$$

$$\beta = 0,67 = b_1/b_0 \text{ tai } d_1/b_0 \quad \text{kun } \beta \geq 0,85$$

$$\text{sekä } \beta \leq (1 - 1/\gamma) = 0,87$$

$$b_{e,p} = 53 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_1 \quad b_{e,p} \leq b_1 \text{ tai } d_1 = 80 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$N_{1,Rd} = \text{[ ]} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_1)} \frac{2h_1}{\sin(q_1)} + 2b_{e,p} \frac{\sigma}{\phi} g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = \text{[ ]} \quad \text{OK}$$

**Tarkistukset ja tulokset:**

Taivutusmomenttien huomioon ottaminen liitoksen voimasuureissa:

 Kiertymäjäykkyudesta aiheutuva sekundaärinen momentti  
 Poikittainen kuormitus  
 Liitoksen epäkeskisyydestä aiheutuva lisämomentti

 Ei tarvitse huomioida  
 Ei tarkastella  
 Keskeinen liitos

Liitosmitoitusmenetelmän soveltuvuus:

 Onko X-liitoksella  $\cos(\theta_1) < h_1/h_0$ ?

 OK  
 OK  
 OK

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyys mitoitusarvo on pienin arvoista:

 Liitoksen murtotavat: Uumasauvan ja paarteen sivusuhte  $\beta = 0,67$ 
Kun  $\beta \leq 0,85$ 

Paarteen pinnan murtuminen

Kun  $\beta \geq 0,85$ 

Uumasauvan murtuminen

Kun  $0,85 \leq \beta \leq (1 - 1/\gamma)$ 

Lävistysleikkautuminen

Kun  $0,85 \leq \beta \leq 1,0$ 

Paarteen sivun lommahtaminen, interpolointi

Kun  $\beta = 1,0$ 

Paarteen sivun lommahtaminen

OK

[ ]

[ ]

[ ]

[ ]

Liitoksen kestävyys mitoitusarvot:

 Maks. käyttöaste =  $0,52$  OK

 Parre  $f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2$   $|\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,52$  OK

 Diag. 1  $N_{1,Rd} = 402 \text{ kN}$   $|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,44$  OK



# Liite 17. Solmu 11

|   |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |     |
|---|--------------------------|--|-----------------|--------------------------|---------------------------------|-------------------------------|---------------------|-------|-----|
| <br>Sweco Rakennetekniikka Oy, Ilmalanportti 2, 00240 HELSINKI  |                          | <b>Rakennelaskelma, lähtötiedot</b>  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |     |
|   |                          | Tekijä: Milla Tarmas   | Sivu: 1 (4)     |                          |                                 |                               |                     |       |     |
| Päiväys: 27.11.2018   |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |     |
| Rakennuskohde:<br>Hesburger, Yritystie 1 Liminka  | Työ no:                  | Sisältö:<br>Solmu 11   | Sijainti:       |                          |                                 |                               |                     |       |     |
| <b>T12 T-, Y- tai X-liitos, suorakaiteen muotoinen parre</b>  |                          | <b>Versio 1.51</b>   |                 |                          |                                 |                               |                     |       |     |
| Toteutettu SKOL Eurocode-laskentapohjahankkeessa 2008-2011  |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |     |
| <b>Lähtötiedot:</b>   |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |     |
| Muotostandardi<br><input type="radio"/> SFS-EN 10210-2 (kuumamuovautut)<br><input checked="" type="radio"/> SFS-EN 10219-2 (kylmämuovautut hitsatut)      |                          | Diag. 1<br><input type="radio"/> Puristettu<br><input checked="" type="radio"/> Vedetty<br>Neliö <input type="checkbox"/> z-z<br>CFRHS 80x80x6 |                 |                          |                                 |                               |                     |       |     |
| Liitostyyppi<br><input checked="" type="radio"/> T- tai Y-liitos<br><input type="radio"/> X-liitos  |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |     |
| Parre<br><input checked="" type="radio"/> Puristettu<br><input type="radio"/> Vedetty<br>S 355 H<br>Neliö <input type="checkbox"/> z-z<br>CFRHS 120x120x8 |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |     |
|   |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |     |
| Omat profiilit  |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |     |
| Sauva   | Muotostandardi           | Muoto  | Profiili        | Rotaatio                 | Teräslaji                       | $\theta_i$ (°)                | $L_i$ (mm)          |       |     |
| Parre   | SFS-EN 10219-2           | Neliö  | CFRHS 120x120x8 |                          | S 355 H                         |                               |                     |       |     |
| Diag. 1   | SFS-EN 10219-2           | Neliö  | CFRHS 80x80x6   |                          | S 355 H                         | 43,9°                         | 1980                |       |     |
| OK  |                          |  |                 |                          |                                 |                               |                     |       |     |
| Suhde $L_1/h_1 =$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">24,8</span>  |                          | $L_i/h_i \geq$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px; background-color: #ffffe0;">6,0</span>                                      |                 |                          |                                 | OK                            |                     |       |     |
| Sauva   | $h_i$ (tai $d_i$ )<br>mm | $b_i$ (tai $d_i$ )<br>mm   | $t_i$<br>mm     | $A_0$<br>mm <sup>2</sup> | $W_{el,y,0}$<br>mm <sup>3</sup> | $f_{yi}$<br>N/mm <sup>2</sup> | $f_{yi}t_i$<br>N/mm | k     | PLL |
| Parre   | 120                      | 120  | 8               | 3364                     | 1,13E+5                         | 355                           | 2840                | 1,000 | 1   |
| Diag. 1   | 80                       | 80   | 6               |                          |                                 | 355                           | 2130                | 1,000 | 1   |
| <b>Ehdot</b>  | OK                       | OK   | OK              |                          |                                 | OK                            |                     |       | OK  |
| - alaraja   | 40                       | 40   | 2,5             |                          |                                 | 235                           | - parre             |       | 2   |
| - yläraja   | 400                      | 400  | 25              |                          |                                 | 460                           | - diag. 1           |       |     |

Rakennuskohde:  
 Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
 Solmu 11

Sijainti:

## Hitsausliitosten pätevyysrajat:

| Sauva      | $b_i/b_0$ | $d_i/b_0$ | $h_i/b_i$ | $b_0/t_0$ | $h_0/t_0$ | $(b_i + h_i)/t_i$ | $b_i/t_i$ | $h_i/t_i$ | $d_i/t_i$ |
|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Paarre     |           |           | 1,0       | 15,0      | 15,0      | 30,0              |           |           |           |
| Diag. 1    | 0,67      |           | 1,0       |           |           | 26,7              | 13,3      | 13,3      |           |
| Ehdot      | OK        | OK        | OK        | OK        | OK        | OK                | OK        | OK        | OK        |
| - alaraja  | 0,25      | 0,4       | 0,5       |           |           | 25                |           |           |           |
| - yläaraja | 1,0       | 0,8       | 2,0       | 35        | 35        |                   | 35        | 35        |           |

## Liitoksen mitoitus:

Liitoksen laskentakuormat (itseisarvoina):

$$|N_{0,Ed}| = 95 \text{ kN} \quad \text{Paarre on puristettu}$$

$$|M_{0,Ed}| = 23 \text{ kNm}$$

$$|N_{1,Ed}| = 158 \text{ kN} \quad \text{Diag. 1 on vedetty}$$

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$\sigma_{0,Ed} = 228 \text{ N/mm}^2 = \frac{N_{0,Ed}}{A_0} \pm \frac{M_{0,Ed}}{W_{el,0}} \quad (\text{pos.} = \text{puristus, neg.} = \text{veto})$$

Osavarmuusluvut:

$$\gamma_{M0} = 1,00 \quad = \text{poikkileikkauksen kestävyys}$$

$$\gamma_{M5} = 1,00 \quad = \text{rakenneputkien liitosten kestävyys ristikoissa}$$

## Paarteen reunajännitys liitosalueella:

$$f_{y0}/\gamma_{M5} = 355 \text{ N/mm}^2 \quad |\sigma_{0,Ed}|/(f_{y0}/\gamma_{M5}) = 0,64$$

Ehdot

OK

 Paarteen pinnan murtuminen, kun  $\beta \leq 0,85$ :

$$\beta = 0,67 \quad = b_1/b_0 \text{ tai } d_1/b_0 \quad \text{kun } \beta \leq 0,85$$

$$\eta = 0,67 \quad = h_1/b_0 \text{ tai } d_1/b_0$$

$$n = 0,64 \quad = \sigma_{0,Ed}/(f_{y0}/\gamma_{M5})$$

$$k_n = 0,92 \quad = 1,3 - 0,4n/\beta; \text{ kun } n > 0 \text{ (puristus), mutta } k_n \leq 1,0 \\ = 1,0; \text{ kun } n \leq 0 \text{ (veto)}$$

$$N_{1,Rd} = 381 \text{ kN} = \frac{k_n f_{y0} t_0^2}{(1 - \beta) \sin(q_1)} \frac{\pi}{2} \frac{2h}{\sin(q_1)} + 4 \sqrt{1 - \beta} \frac{\sigma}{\sigma} g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}|/N_{1,Rd} = 0,41$$

Ehdot

OK

 Paarteen sivun lommahtaminen, kun  $\beta = 1,0$ :

$$\beta = 0,67 \quad = b_1/b_0 \text{ tai } d_1/b_0 \quad \text{kun } \beta = 1,00$$

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

$$\text{Muun. hoikkuus } \lambda = 0,71 = 3,46 \frac{c}{t_0} - 2 \frac{\sigma}{\sigma} \sqrt{\frac{1}{\sin(q_1)}}$$

$$\text{Nurjahdusluokka} = c$$

$$\text{Nurjahdustekijä } \alpha = 0,49$$

$$\text{Pienennystekijä } \phi = 0,87$$

$$\text{Pienennystekijä } \chi = 0,72$$

$$= \frac{1}{f + \sqrt{f^2 - \Gamma^2}} \quad \chi \leq 1,00$$

Ehdot

OK

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 11

Sijainti:

$$\begin{aligned} \text{Lujuus } f_b &= 355 \text{ N/mm}^2 = f_{y0} \text{ (veto)} \\ &= \chi f_{y0} \text{ (puristus, T- tai Y-liitos)} \\ &= 0,8 \chi f_{y0} \cdot \sin(\theta_1) \text{ (puristus, X-liitos)} \end{aligned}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN} = \frac{k_n f_b t_0}{\sin(q_1)} \approx \frac{2h_1}{\sin(q_1)} + 10 t_0 \frac{\sigma}{\sigma} / g_{M5}$$

Kestävyys X-liitoksille, kun  $\theta_1 < 90^\circ$ :

$$A_{v0} = 1920 \text{ mm}^2 = 2h_0 t_0$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_{v0}}{\sqrt{3} \sin(q_1)} / g_{M5}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN}$$

$$|N_{1,Ed}| / N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}}$$

OK

Ehdot

**Paarteen sivun lommahtaminen, kun  $0,85 \leq \beta \leq 1,0$ :**

$$\beta = \boxed{0,67} = b_1/b_0 \text{ tai } d_1/b_0 \quad \text{kun } \beta \geq \boxed{0,85}$$

$$\text{sekä } \beta \leq \boxed{1,00}$$

 a) Liitoksen kestävyys paarteen pinnan murtumisen suhteen ( $k_n$  termi lasketaan uudestaan sijoittamalla  $\beta$ -arvoksi 0,85), kun  $\beta = 0,85$ :

$$k_n = 1,00 = 1,3 - 0,4n/0,85; \text{ kun } n > 0 \text{ (puristus), mutta } k_n \leq 1,0$$

$$= 1,0; \text{ kun } n \leq 0 \text{ (veto)}$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{757} \text{ kN} = \frac{k_n f_{y0} t_0^2}{(1 - 0,85) \sin(q_1)} \approx \frac{2h}{\sin(q_1)} + 4 \sqrt{1 - 0,85} \frac{\sigma}{\sigma} / g_{M5}$$

 b) Liitoksen kestävyys paarteen sivun murtumisen suhteen (joko sivun lommahdus tai paarteen leikkautuminen), kun  $\beta = 1,0$ :

$$N_{1,Rd} = \boxed{1165} \text{ kN} = \frac{k_n f_b t_0}{\sin(q_1)} \approx \frac{2h_1}{\sin(q_1)} + 10 t_0 \frac{\sigma}{\sigma} / g_{M5}$$

$$A_{v0} = 1920 \text{ mm}^2 = 2h_0 t_0$$

$$N_{1,Rd} = \boxed{568} \text{ kN} = \frac{f_{y0} A_{v0}}{\sqrt{3} \sin(q_1)} / g_{M5}$$

 Kun  $0,85 \leq \beta \leq 1,0$  liitoksen kestävyys interpoloidaan lineaarisesti kestävyysien a) ja b) välillä:

$$N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN} \quad |N_{1,Ed}| / N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}}$$

OK

**Uumasauvan murtuminen, kun  $\beta \geq 0,85$ :**

$$\beta = \boxed{0,67} = b_1/b_0 \text{ tai } d_1/b_0 \quad \text{kun } \beta \geq \boxed{0,85}$$

$$b_{eff} = 71 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} \frac{f_{y0} t_0}{f_{y1} t_1} b_1 \quad b_{eff} \leq b_1 \text{ tai } d_1 = 80 \text{ mm}$$

OK

$$N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}} \text{ kN} = f_{y1} t_1 (2h_1 - 4t_1 + 2b_{eff}) / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}| / N_{1,Rd} = \boxed{\phantom{000}}$$

OK

Rakennuskohde:  
Hesburger, Yritystie 1 Liminka

Työ no:

 Sisältö:  
Solmu 11

Sijainti:

**Lävistysleikkautuminen, kun  $0,85 \leq \beta \leq (1 - 1/\gamma)$ :**
**Ehdot**

$$\gamma = 7,50 = b_0/2t_0$$

$$\beta = 0,67 = b_1/b_0 \text{ tai } d_1/b_0 \quad \text{kun } \beta \geq 0,85$$

$$\text{sekä } \beta \leq (1 - 1/\gamma) = 0,87$$

$$b_{e,p} = 53 \text{ mm} = \frac{10}{b_0/t_0} b_1 \quad b_{e,p} \leq b_1 \text{ tai } d_1 = 80 \text{ mm} \quad \text{OK}$$

$$N_{1,Rd} = \text{[ ]} \text{ kN} = \frac{f_{y0} t_0}{\sqrt{3} \sin(q_1)} \left[ \frac{2h_1}{\sin(q_1)} + 2b_{e,p} \right] / g_{M5}$$

$$|N_{1,Ed}| / N_{1,Rd} = \text{[ ]} \quad \text{OK}$$

**Tarkistukset ja tulokset:**

Taivutusmomenttien huomioon ottaminen liitoksen voimasuureissa:

- Kiertymäjäykkyudesta aiheutuva sekundäärinen momentti
- Poikittainen kuormitus
- Liitoksen epäkeskisyydestä aiheutuva lisämomentti

|                       |
|-----------------------|
| Ei tarvitse huomioida |
| Ei tarkastella        |
| Keskeinen liitos      |

Liitosmitoitusmenetelmän soveltuvuus:

 Onko X-liitoksella  $\cos(\theta_1) < h_1/h_0$ ?

|    |
|----|
| OK |
| OK |
| OK |

Paarteen reunajännitys liitosalueella:

|    |
|----|
| OK |
|----|

Kun liitoksen pätevyys ehdot täyttyvät, liitoksen kestävyys mitoitusarvo on pienin arvoista:

 Liitoksen murtotavat: Uumasauvan ja paarteen sivusuhte  $\beta = 0,67$ 
Kun  $\beta \leq 0,85$ 

Paarteen pinnan murtuminen

Kun  $\beta \geq 0,85$ 

Uumasauvan murtuminen

Kun  $0,85 \leq \beta \leq (1 - 1/\gamma)$ 

Lävistysleikkautuminen

Kun  $0,85 \leq \beta \leq 1,0$ 

Paarteen sivun lommahtaminen, interpolointi

Kun  $\beta = 1,0$ 

Paarteen sivun lommahtaminen

|     |
|-----|
| OK  |
| [ ] |
| [ ] |
| [ ] |
| [ ] |
| [ ] |
| [ ] |

Liitoksen kestävyys mitoitusarvot:

 Maks. käyttöaste =  $0,64$  OK

|         |                        |                       |  |         |
|---------|------------------------|-----------------------|--|---------|
| Paarre  | $f_{y0}/\gamma_{M5} =$ | 355 N/mm <sup>2</sup> | $ \sigma_{0,Ed} /(f_{y0}/\gamma_{M5}) =$ | 0,64 OK |
| Diag. 1 | $N_{1,Rd} =$           | 381 kN                | $ N_{1,Ed} /N_{1,Rd} =$                  | 0,41 OK |