

Esiselvitys hallin rakenteiden uudistamisesta ja korjauksesta

Joel Tiihonen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma Rakennustekniikan koulutusohjelma			
Työn tekijä(t) Joel Tiihonen			
Työn nimi Esiselvitys hallin rakenteiden uudistamisesta ja korjaamisesta			
Päiväys	15.5.2013	Sivumäärä/Liitteet	33/35
Ohjaaja(t) yliopettaja Matti Mikkonen ja lehtori Eeva Jauhiainen			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Pöyry Oy ja YARA Oy Siilinjärvi			
Tiivistelmä			
<p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä kuntokartoitus kalisuolan purkupaikan rakenteille ja suunnitella sen perusteella korjausvaihtoehdot YARA Oy:lle Siilinjärvelle. Kuntokartoituksessa ilmeni, että teräs- ja betonirakenteiden kunto oli huono ja sen vuoksi niiden korjaus- ja uusimistarpeiden suunnittelu kohdentui opinnäytetyön aiheeksi. Opinnäytetyössä kalisuolan purkupaikan kuntokartoitus toimii esiselvityksenä jatkosuunnittelua varten. Esiselvityksen tarkoituksena oli luoda jatkosuunnittelua varten rakennemalli, jonka perusteella lopulliset rakennus-/rakennesuunnitelmat tehdään.</p> <p>Tutkimuksessa selvitettiin rakenteiden kantavuutta ja kuntoa. Rakenteiden kunto selvitettiin teemmällä betonirakenteille laboratorioanalysointia varten porausnäytteitä. Tämän tarkoituksena oli selvittää rakenteiden kloridipitoisuus ja karbonatisoitumissyvyys. Lisäksi kohteessa tehtiin teräsrakenteille silmämääräinen arvio korroosioitumisesta, joka otettiin huomioon mitoitettaessa teräsrakenteiden kantavuutta. Näiden toimenpiteiden perusteella määritettiin rakenteiden kunto ja kantavuus. Tutkimuksen perusteella suunniteltiin rakenteiden korjaus ja lisäksi mitoitettiin rakenteita eri laskentaohjelmia apuna käyttäen. Suunnitelmia pidettiin ajan tasalla järjestämällä suunnittelupalavereita yhdessä tilaaja YARA Oy:n ja Pöyry Oy:n kanssa.</p> <p>Lopputuloksena saatiin YARA Oy:lle selvitys tehtävistä korjaus- ja uudistamistoimenpiteistä, joista lopulta koostui alustava kustannusarvio rakennuksen korjaukselle.</p>			
Avainsanat Rakenne- ja rakennussuunnittelu, 3D- mallinnus, korroosio, visualisointi			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Joel Tiihonen			
Title of Thesis Preliminary Report of the Renovation and Repair of Hall Structures			
Date	15 May 2013	Pages/Appendices	33/35
Supervisor(s) Mr Matti Mikkonen, Principal Lecturer Mrs Eeva Jauhiainen, Lecturer			
Client Organisation/Partner(s) Pöyry Ltd and YARA Ltd Siilinjärvi			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to create a preliminary report for the renovation and repair of the hall structures of Siilinjärvi YARA Ltd's KALI-salt reversal place and to design the repair of the building and construction. According to a condition survey, the condition of the steel and concrete structures was poor. The purpose was to create a model for the design to function as a basis for the final building and construction.</p> <p>The load-bearing capacity and condition of the structure were examined first. The structural integrity was resolved by making drilling samples of the concrete structures for laboratory analysis. The chloride content and carbonation depth of the structures were also determined. The steel structures were assessed visually and the results were taken into consideration when sizing the steel's load-bearing capacity. The condition and capacity of the structures were determined based on these measures and the structural repair was designed based on the results of the study. Different calculation programs were also used in designing the structures. The plans were kept up-to-date by organizing planning meetings with YARA Ltd and Pöyry Ltd.</p> <p>As a result of this thesis was a report of tasks for the repair and renovation of the hall structures for YARA Ltd. That eventually consisted of a preliminary cost estimate for the repair of the building.</p>			
Keywords condition survey, salt-reversal place, renovation, design, corrosion			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO.....	6
2	LÄHTÖTIEDOT.....	7
2.1	Rakennejärjestelmä	7
3	RAKENTEIDEN TILA	9
3.1	Rakenteita heikentävät tekijät.....	10
3.2	Karbonatisoitumissyvyys kellarin betonirakenteissa	12
3.3	Kloridipitoisuus kellarin betonirakenteissa	13
4	RAKENTEIDEN KANTAVUUS.....	16
4.1	Halliosan teräsrakenteiden vahvistaminen.....	16
4.2	Kellaritilan betonirakenteiden vahvistaminen.....	17
5	RAKENNUSSUUNNITTELU.....	19
5.1	Arkistoitujen piirustusten tutkiminen ja päivittäminen sähköiseen muotoon..	20
6	KOLME VAIHTOEHTOA KALISUOLAN PURKUPAIKAN KORJAUKSESTA.....	21
6.1	Vaihtoehdon valinta	21
6.2	Vaihtoehto kolmeen liittyvät suunnitelmat.....	22
7	KOLMANNEN VAIHTOEHDON RAKENNUSSUUNNITTELU.....	24
7.1	Pohjapiirroksen suunnittelu.....	24
7.2	Leikkauskuvat	24
8	RAKENTEIDEN MITOITUS.....	25
8.1	Materiaalien valinta.....	25
8.2	Rakennemalli	25
9	KUSTANNUSARVIO	27
10	YHTEENVETO	29
	LÄHTEET	30

LIITTEET

- Liite 1 Autodesk Robot laskelmat
- Liite 2 SKOL MathCAD laskelmat
- Liite 3 Pohjakuvat
- Liite 4 Leikkauskuvat

1 JOHDANTO

Insinööri työni käsittelee Siilinjärven YARA Oy:lle tehtävää kalisuolan purkupaikan rakenteiden uudistamista ja korjaukseen liittyvää rakennus- ja rakennesuunnittelua.

Tutkin rakenteiden korroosiota ja rakenteiden korroosion pohjalta suunnittelen ja mitoitän uudet ja vanhat rakenteet. Rakenteiden uudistamisen ja korjaukseen liittyvä rakennus- ja rakennesuunnittelu toimii esiselvityksenä jatkosuunnittelua varten eli esiselvityksessä tehdyt ratkaisut tulevat toimimaan rakennuksen jatkosuunnittelun lähtökohtana. Tutkimukset ovat Pöyry Oy:lle ja YARA Oy:lle arvokasta tietoa, jota käytetään jatkossa YARA Oy:n projekteissa hyödyksi.

Rakenteiden kantavuutta tarkastelen Autodesk Robot –laskentaohjelmistolla ja rakenteita mitoitän SKOL MathCAD -laskentaohjelmistoa apuna käyttäen. Rakennemallin suunnittelen AutoCAD viivanpiirto-ohjelmalla ja Tekla Structures 17.0 3D- mallinnusohjelmalla.

Työni etenee esiselvityksen kautta varsinaiseen rakennus- ja rakennesuunnitteluun. Tämän perusteella teen YARA Oy:lle alustavan kustannusarvion, jonka perusteella YARA Oy anoo rahoituksen kalisuolan purkupaikan korjaushankkeelle. Eli tarkoituksena on saada kaikesta tutkimastani ja suunnittelemaasta työstäni selvitys tehtävistä korjaustoimenpiteistä YARA Oy:lle.

2 LÄHTÖTIEDOT

Rakennus sijaitsee Siilinjärvellä YARA Oy:n tehdasalueella junaradan vieressä (kuva 1). Rakennus toimii kalisuolan purkupaikkana. Rakennuksen sisään kulkee junia, joiden kalikuormat puretaan rakennuksen sisällä. Rakennus on valmistunut 1970-luvun alussa ja se on ollut käytössä kalisuolan purkupaikkana siitä lähtien.

Kalisuolaa (kaliumkloridia) käytetään tehtaalla eri prosesseissa, mutta suurin käyttökohde suolalla on lannoitteiden valmistusprosessissa.

Rakennus on eristämätön, kylmä ja avoin halli. Rakennuksen pinta-ala on noin 455 m² ja tilavuus noin 1920 m³. Hallin ulkokuori muodostuu teräsbetonielementeistä, vesikatto on rakennettu puusta ja rakennus on perustettu maanvaraisilla pilarianturoilla. Hallin lattian ja junaradan alla on betoninen kellaritila, missä on kalisuolan kuljetinlinjasto.

2.1 Rakennejärjestelmä

Hallin kantavan rungon muodostavat HEA260 teräspilari- ja teräspalkkikehät, joiden jako on 3,6 metriä. Teräspilari- ja teräspalkkikehät ovat pintakäsitelty maalaamalla ja rungon kiinnitykset ovat tehty hitsaamalla. Betonisen kellaritilan kantavan rungon muodostavat teräsbetonipilari- ja teräsbetonipalkkikehät, joiden jako on 3,6 metriä. Hallin ulkokuori muodostuu teräsbetonielementeistä, joiden koko on 3,6x1,0x0,1 metriä ja rakennus on perustettu maanvaraisilla pilarianturoilla.

Vesikatto on puurakenteinen, joka muodostuu teräspalkkien päällä olevista puupalkeista, jotka on sahattu katon kulman mukaisiksi. Puupalkkien päällä on ponttilaudoitusta ja laudoituksen päällä on kattohuopa.



KUVA 1. Kalisuolan purkurakennus

3 RAKENTEIDEN TILA

Rakennuksessa on käsitelty suuria määriä kalisuolaa ja sitä on joutunut kosketuksiin rakenteiden kanssa. Kalisuola aiheuttaa teräs- ja betonirakenteisiin erittäin suurta kemiallista rasiitusta. Rakennuksen kellarissa vallitsee suuri kosteuspitoisuus, joka antaa otollisen reaktioympäristön betonin karbonatisoitumiselle ja suurille kloridipitoisuuksille. Suuret kloridipitoisuudet aiheutuvat kaliumkloridin ja kosteuden yhteisvaikutuksesta eli kaliumkloridin yhdistyessä kosteuden kanssa muodostuu kloridipitoista kosteutta. Johtopäätöksenä kalisuola pääsee helposti imeytymään betoniin suuren kosteuspitoisuuden vallitessa.

Rakennuksen yläpuoliset teräsrakenteet ovat suoraan kosketuksissa ulkoilman kanssa. Kalisuola on vaihtelevasti ympäristön olosuhteiden muutoksien johdosta kostunut ja kuivunut teräksien pinnoille. Suolasta on muodostunut millimetrin paksuisia kerrostumia teräsrakenteiden päälle. Tästä johtuen hallin kantavat teräsrakenteet ovat korroosioituneet vuosien saatossa. Osittain suolan aiheuttaman rasiituksen takia, mutta myös törmäyksien yhteydessä syntyneiden vaurioiden vuoksi teräsbetonielementit ovat pahasti vaurioituneita. Korjaavana toimenpiteenä kaikki elementit täytyisi vaihtaa.

Kantavina rakenteina toimivat teräspilarit ja teräspalkit. Teräspalkkeja ympäröi millimetrin paksuinen ruostekerros. Liitoksissa on mahdollista että hitsauksissa ilmenee piste-korroosiota. Pistekorrosion mahdollisuus tutkitaan, jos rakenteet tullaan säilyttämään ja korjaamaan. Rakenteiden tilan selvityksessä liitteenä kuvia kalisuolan purkurakennuksen rakenteista, joista näkyvät kemiallisen rasiituksen aiheuttamat vauriot (kuva 2).



KUVA 2. Teräsrakenteiden tila

3.1 Rakenteita heikentävät tekijät

Kloridi-ionit Cl^- rikkovat raudan passivoitumiskerroksen ja katalysoivat raudan ruostumista. Yleisimmin betoniin tunkeutuu klorideja tiesuolaa sisältävästä vedestä tai merivedestä, mutta tässä tapauksessa betoniin tunkeutuva kloridi on purkupaikalla käsiteltävää kaliumkloridia. Betonin kloridipitoisuuden ylittäessä kriittisen arvon 0,4 - 0,6 % sementin painosta korroosio voi alkaa. Kriittiseen kloridipitoisuuteen vaikuttaa sementtilaatu ja käytetty sementtimäärä. Sementtimäärän kasvattaminen lisää betonin kykyä sitoa klorideja kemiallisesti. Aiemmin klorideja on lisätty betoniin, koska kloridit nopeuttavat betonin kovettumista. Nykyään kloridien käytölle betonissa on voimassa tiukat rajoitukset.

Raudoituksen korroosio on sähkökemiallinen tapahtuma, joka jaetaan anodi- ja katodi-reaktioihin. Kukaan anodi ja katodi on yhteydessä toisiinsa sekä betonin että raudoituksen kautta. Betonin raudoituksen korroosion edellytyksenä ovat riittävän matalan pH-arvon lisäksi myös riittävä hapen kulkeutuminen betonipeitteen läpi raudoituksiin sekä betonin sopiva kosteuspitoisuus. (Mortimer 1997, 280-282)

Kalisuola eli KCl aiheuttaa korroosioriskiä betonin raudoituksille. Kloridin aiheuttama korroosio käynnistyy kunnes kloridipitoisuus saavuttaa raudoitusta ympäröivässä betonissa kriittisen kloridipitoisuuden. Kriittisen kloridipitoisuuden arvot ovat edellä mainitut 0,4 - 0,6 % sementin painosta. (VTT 2008, 12-14.)

Karbonatisoituminen aiheutuu betonissa huokosveden pH-arvon laskusta. Juuri valetussa betonissa huokosveden pH voi olla jopa 12 - 13. Karbonatisoitumisreaktion aiheuttavan hiilidioksidin vaikutukset alkavat ensimmäiseksi betonin ulkopinnalta ja ajan myötä karbonatisoituminen etenee raudoitukseen aiheuttaen raudoitusten korroosion. Betonin emäksisyys toimii raudoituksen suojana korroosiota vastaan.

Sementin ja veden reagoidessa keskenään syntyy muun muassa kalsiumhydroksidia, jota liukenee betonin huokosveteen ja betonin huokosveden pH nousee arvon 13 yläpuolelle. Emäksinen ympäristö antaa teräkselle erittäin hyvän korroosiosuojan ruostumista vastaan. Tällöin teräksen pintaan muodostuu kiinteitä oksideja, jotka muodostavat terästä suojaavan passiivikalvon. Betoni suojaa raudoitusta siten että korroosiolle välttämättömien aineiden pääsy raudoituksen läheisyyteen hidastuu. Betoni suojaa raudoitusta sitä tehokkaammin, mitä tiiviimpää se on. Raudoitusten ympärillä betonipeitteen paksuuden tulee olla riittävän suuri.

Raudoituksen korroosio alkaa, kun raudoitusta ympäröivässä betonissa tapahtuu muutoksia, jotka poistavat raudoitukselta betonin sille antaman kemiallisen ja fysikaalisen suojan. Kun betonin sisältämä ilma hiilidioksin vaikutuksesta karbonatisoituu, betonin antama kemiallinen suoja häviää. Karbonatisoitumisessa kalsiumhydroksidi reagoi ilman hiilidioksidin kanssa muodostaen kalsiumkarbonaattia. Hiilidioksidi on happoanhydridi, joka veteen liuetessaan muodostaa hiilihappoa, joka reagoi huokosvedessä olevan kalsiumhydroksidin kanssa. Kalsiumhydroksidin kuluessa huokosveden pH laskee. Betoniterästen korroosio alkaa pH:n ollessa alle 9,5. (Mortimer 1997, 280 - 282)

Korroosioitunut raudoitus vaatii nelinkertaisen tilavuuden verrattuna alkuperäiseen tilavuuteen. Korroosioitunut raudoitus aiheuttaa betoniin tilavuuden laajenemisella halkeamia ja pahimmassa tapauksessa betoni voi irrota rakenteesta (kuva 3). Korjaavana toimenpiteenä karbonatisoitunut betoni tulee poistaa riittävän syvältä, jotta voidaan pysäyttää karbonatisoitumisen eteneminen rakenteessa. Korjauksessa tulee noudattaa InfraRYL 2009 Silta- ja rakenteiden vaatimuksia. (InfraRYL 2009)



KUVA 3. Palkki 6. Kalisuoalan purkupaikka, YARA. Kriittisen kloridipitoisuuden aiheuttama raudituksen korrosio

3.2 Karbonatisoitumissyvyys kellarin betonirakenteissa

Otimme karbonatisoitumissyvyys ja kloridipitoisuus poranäytteitä kellaritilan betonirakenteista (kuva 5). Poraukset teki Kuopion Teho-Louhinta Oy ja näytteet toimitettiin Savonia-ammattikorkeakoulun rakennusalan tutkimus- ja yrityspalvelut laboratorioon analysoitaviksi. Porauksia otettiin alueelta 1, jossa oli porauskohteita yksi pilari, palkki ja seinä. Porausalueita oli yhteensä kolme, jotka kaikki olivat sisällöllisesti samanlaisia kuin alue 1. Kuvassa 4 näkyvät alueet poranäytteiden ottopaikoista.

Karbonatisoitumissyvyysporanäytteen tulee olla suoran ympyräpohjaisen lieriön muotoinen. Savonia-ammattikorkeakoulun rakennusalan tutkimus- ja yrityspalvelut laboratorion ohjeistuksen mukaan lieriön korkeus h tulee olla 100 mm ja halkaisija d tulee olla vähintään 50 mm.

Karbonatisoitumissyvyysporanäytteitä otettiin seinistä, pilareista ja palkeista yhteensä kymmenen kappaletta. Porauksessa käytettiin 50 mm halkaisijaltaan olevaa timanttikruunuporanterää, joka porattiin n. 150 - 200 mm syvyyteen.

Savonia-ammattikorkeakoulun rakennusalan tutkimus- ja yrityspalvelut käyttää karbonatisoitumissyvyyden määrittämisessä menetelmänä koekappaleen halkaisua ja halkaisupinnalta karbonatisoitumissyvyydet määritetään fenliftaleiiniliuoksella. Karbonatsoitunut alue reagoi fenliftaleiiniliuoksen kanssa ja reagoinut alue näkyy punertavana alueena, josta saadaan mitattua karbonatisoituneen betonin syvyys.

1970-luvulla rakennusta suunniteltaessa betonin ja teräksen suojaetäisyydet eivät ole olleet nykyisten vaatimusten mukaisia. Joten on hyvin mahdollista, että esimerkiksi taulukossa 1 näkyvän seinän 2/1 kohdalla betonin karbonatisoituminen on edennyt raudoituksiin saakka.

TAULUKKO 1. Karbonatisoitumissyvyydet

Näyte	Karbonatisoitumissyvyys mm.
1/1 Palkki	2-6
1/2 Palkki	0-2
1/3 Pilari	0-7
1/4 Seinä	0-6
1/5 Seinä	0-4
2/1 Seinä	2-12
3/1 Palkki	0-6
4/1 Palkki	0-3
5/1 Palkki	2-9
6/1 Pilari	0-6
7/1 Palkki	0-6

3.3 Kloridipitoisuus kellarin betonirakenteissa

Betonin kloridipitoisuuden määrittämisessä on tarkoituksena porata betonista porausjauhenäytteitä, joista laboratorioissa määritetään kloridipitoisuus Quantab Titrator 1175 kloridipitoisuuden määrittämisskalla. Tulokset ilmoitetaan painoprosenteina.

Porausjauhenäytteet tehdään kolmessa eri vaiheessa. Vaiheessa yksi porataan 0 - 20 mm syvyyteen ja kerätään jauhenäytteet näytepussiin. Näytettä olisi suositeltavaa saada kerättyä pussiin 10 - 20 grammaa näytettä kohden, jotta kloridipitoisuuden määrittäminen olisi luotettavaa. Vaiheessa kaksi porataan 20 - 40 mm syvyyteen ja kerätään saman verran näytettä pussiin kuin aikaisemmassa vaiheessa. Vaiheessa kolme porataan

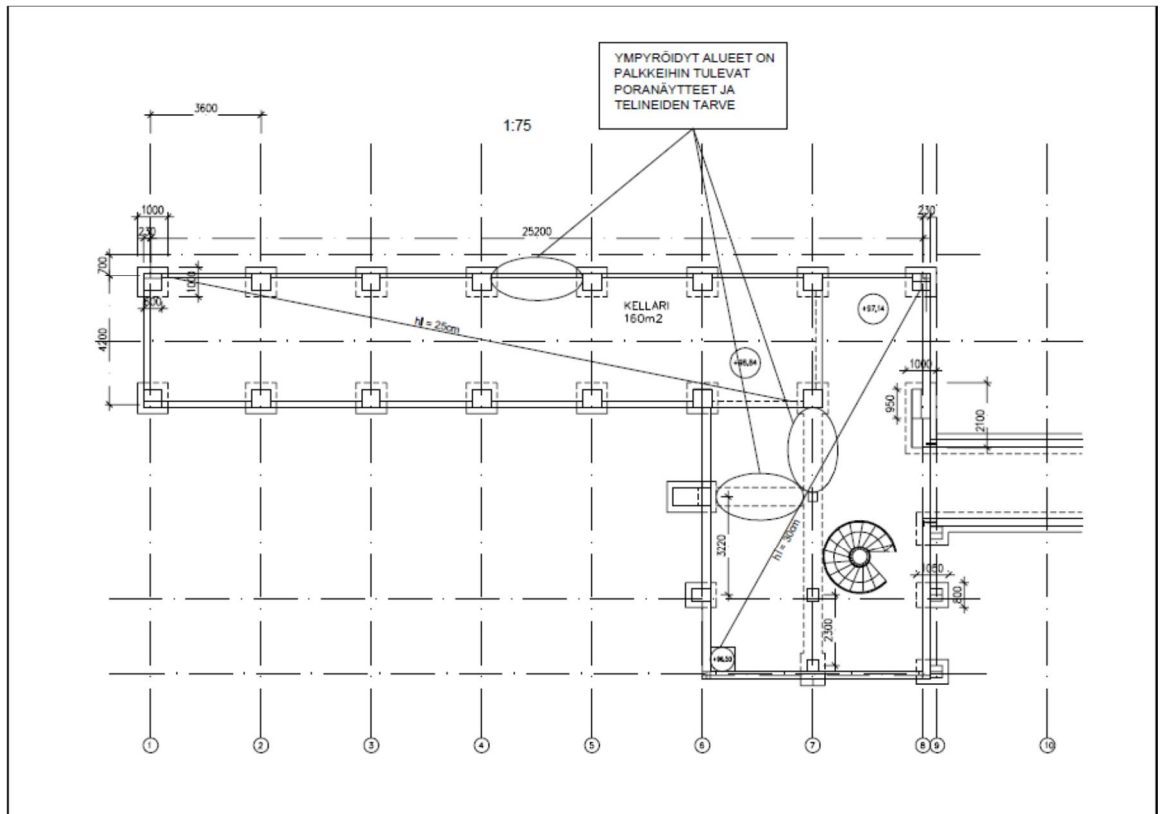
40 - 60 mm syvyyteen ja toistetaan sama kuin aikaisemmissa vaiheissa. Taulukossa 2 ilmenee porausvaiheittain kloridipitoisuudet.

TAULUKKO 2. Kloridipitoisuudet

Näyte	Kloridipitoisuus /%
1/1 Palkki, 0-20 mm	> 0,63
1/2 Palkki, 20-40 mm	> 0,63
1/3 Palkki, 40-60 mm	0,47
4/1 Palkki, 0-20 mm	0,53
4/2 Palkki, 20-40 mm	0,46
4/3 Palkki, 40-60 mm	0,37
6/1 Palkki, 0-20 mm	> 0,63
6/2 Palkki, 20-40 mm	> 0,63
6/3 Palkki, 40-60 mm	0,63

Kriittinen kloridipitoisuus on 0,4 - 0,6 % sementin painosta ja yllä olevista tuloksista käy ilmi, että lähes jokaisen näytteen kohdalla arvot ylittävät kriittisen kloridipitoisuuden.

Kellaritilan betonirakenteiden kloridipitoisuus arvot ovat huomattavan suuria. Rakenteiden kantavuutta on tällöin hyvin vaikea arvioida, mutta koetuloksien ja silmämääräisen arvioinnin perusteella rakenteet ovat uhkaavan huonossa kunnossa.



KUVA 4. Poranäytteiden ottopaikat



KUVA 5. Poranäytteiden otto

4 RAKENTEIDEN KANTAVUUS

Teräsrakenteiden kantavuutta on tarkasteltu Autodesk Robot –laskentaohjelmistolla. Kantavuuslaskelmat on tehty erikseen ruostumattomille rakenteille (lähtötilanne) sekä ruostuneille rakenteille (nykytilanne). Laskelmissa on lähdetty siitä oletuksesta, että ruoste on syönyt jokaista teräsprofiilin osaa 1,5 mm puoleltaan.

Laskentatulokset osoittavat, että silloisten kuormitusnormien mukaan mitoitettut rakenteet ovat nykyisiin kuormitusnormeihin verrattuna todella alimitoitettuja. Nykyisillä mitoitusstandardeilla laskettuna ruostumattomien teräspalkkien käyttöaste olisi maksimi lumikuorman ja tuulen vaikuttaessa 100 %. Käyttöasteen raja-arvo rakenteiden mitoituksessa on 100 % ja jos arvo on suurempi, rakenne voi murtua.

Muutaman millin paksuinen ruostekerros palkkien ympärillä on pienentänyt kantavuutta ja käyttöaste on mitoitusperusteina käytettävien maksimi lumikuorman ja tuulen vaikuttaessa noin 200 %. Näin ollen rakenne voi lumen ja tuulen vaikutuksesta murtua.

Korjaavana toimenpiteenä lumen kertyminen katolle on talvella estettävä ja kattopalkkeja on mahdollisesti tilanteen vaatiessa tuettava. Tilannetta on seurattava ja romahtamisen kannalta on ennen talvea tehtävä tarkempi riskianalyysi.

Ruostumattomien teräspilareiden käyttöaste olisi nykyisillä mitoitusstandardeilla laskettuna maksimi lumikuorman ja tuulen vaikuttaessa 75 %.

Ruostuneiden teräspilareiden käyttöaste on noin 120 %. Näin ollen myös teräspilarit voivat lumen ja tuulen vaikutuksesta murtua.

Autodesk Robot –laskentaohjelmistolla tehdyt laskelmat liitteenä.

4.1 Halliosan teräsrakenteiden vahvistaminen

Koska kantavat teräsrakenteet ovat heikentyneet hyvin paljon, ei niiden kunnostaminen pintakäsittelmällä ja vahvistamalla ole enää järkevää. Jotta rakenteet saataisiin vahvistettua, pitäisi nykyinen vesikattorakenne ja betonielementtiseinä purkaa, nykyisten heikkojen teräsrakenteiden ruoste poistaa, hitsata vahvikkeet teräsrakenteisiin, maalata työmaalla teräsrakenteet sekä rakentaa betonielementtiseinä ja vesikatto uudelleen.

On edullisempää korvata nykyiset teräsrakenteet uusilla, sillä nykyisten teräsrakenteiden kunnostaminen vaatii paljon aikaa ja enemmän työvaiheita. Lisäksi uusien teräsrakenteiden laatu on työmaalla kunnostettuja teräsrakenteita parempi.

Uusien teräsrakenteiden materiaali on lujempaa ja pintakäsittely on tehty konepajaolosuhteissa varmasti puhtaan ja tasaisen teräspinnan päälle. Uusissa teräsrakenteissa ei ole hitsattuja kannakkeita haittaamassa maalaustyötä ja maalilla on huomattavasti työmaaolosuhteita paremmat kuivumisolosuhteet.

Kohteessa tullaan alustavien suunnitelmien mukaan käyttämään pinnoitteena EPPUR 320/5-FeSa pinnoitetta, koska kalisuolan purkupaikan vieressä sijaitsevassa kalisuolavaraston teräsrakenteissa on käytetty samaa pinnoitetta ja pinnoite on todettu toimivaksi pinnoiteratkaisuksi. Pinnoitetta käytetään siltojen teräsrakenteissa ja Tiehallinnon Silta-tekniikka on hyväksynyt pinnoitteen käyttöönsä. Hyväksyntä perustuu SILKO-ohjeen 1.351 kohdassa 2.4 esitettyihin laatuvaatimuksiin. (Tiehallinto 2006)

Pinnoite koostuu teräspinnasta ulospäin lukien kaksikomponenttisestä sinkkiepoksipohjamaalista, kaksikomponenttisestä rautakiillepigmentoidusta epoksimaalista ja kaksikomponenttisestä polyuretaanipintamaalista. Kaksikomponenttinen sinkkiepoksimaali toimii pinnoitteessa katalyyttinä, eli sinkkiepoksimaalikerros alkaa ensimmäisenä hapettumaan ja tämän jälkeen vasta maalikerroksen alla oleva teräsrakenne ruostuu. Sinkki on epäjalompi metalli kuin rauta, joten sinkki hapettuu ensin. (Tunturi 1988, 518 - 520)

4.2 Kellaritilan betonirakenteiden vahvistaminen

Kellaritilan betonirakenteiden yhtenä korjaustoimenpiteenä on harkittu sähköosmoosia. Sähköosmoosissa natriumkarbonaattia uitetaan betoniin sähkövirran avulla, jolloin natriumkarbonaatti nostaa betonin pH-arvon takaisin turvalliselle tasolle. (Mortimer 1997, 280 - 282)

Mantteloinnilla tarkoitetaan sitä, kun vaurioituneen vanhan betonirakenteen ympärille tehdään betonivalumuotti, joka valetaan täyteen uudella betonilla. Tällöin uusi betonivalu toimii rakenteen ympärillä suojaavana rakenteena. Mantteloinnista esimerkkinä kuva 6. Tällä hetkellä betonista saatujen laboratoriotuloksien karbonatisoitumissyvyyden ja kloridipitoisuuden perusteella kantavien betonirakenteiden korjaavana toimenpiteenä käytetään betonin manttelointia. Koska betonirakenteiden kantavuus on heikentynyt huomattavasti ja rakenteet eivät vastaa nykyisiä kuormitusnormeja. Ei kantavien rakenteiden

kohdalla on mahdollista käyttää sähköosmoosia, jos sähköosmoosin todetaan olevan halvempi vaihtoehto kuin betonin manttelointi.

Uusi betonimanttelin betonirakenne ottaa vastaan kaikki rakenteeseen kohdistuvat kuormat ja rasitukset. Kohteessa muottimateriaalina käytetään vanerimuotteja. Valumuotit täytyy suunnitella sen verran kestäväksi, että muotissa ei tapahdu muodonmuutoksia tuoreen betonimassan aiheuttaman valupaineen takia.

Ennen kuin betonirakenteita aletaan mantteloimaan, täytyy vanha vaurioitunut betoni poistaa. Vaurioitunut betoni poistetaan vesipiikkaamalla ja piikkaamisen jälkeen vanha puhdas betoni eristetään uudesta mantteloitavasta betonista bitumihuovalla. Tällä pyritään estämään vanhassa betonissa mahdollisesti vesipiikkauksen jälkeen olevan kloridipitoisuuden siirtymistä uuteen mantteloitavaan betoniin. Bitumihuovan ja muotin väliin lisätään tarvittava rauditus uudelle betonirakenteelle.



KUVA 6. YARA Siilinjärvi. Betonipilarin manttelointi

5 RAKENNUSSUUNNITTELU

Lähtökohtana rakennussuunnitteluun käytin rakennuksen suunnittelun aloituspalaverissa 7.6.2012 käsiteltyjä asioita. Rakennuksen kunnan arvioinnin ja tutkimuksien perusteella palaverin tavoitteena oli, että yläpuoliset rakenteet tullaan purkamaan ja tilalle suunnitellaan uusi nykyisiä tarpeita palveleva halli. Kellaritilan kantavat betonirakenteet tullaan korjaamaan mantteloimalla ja ei kantavat rakenteet mahdollisesti korjataan sähköosmoosin avulla.

Palaverissa päätimme, että tilaaja YARA Oy:lle tehdään kolme eri vaihtoehtoa rakennuksesta. Vaihtoehtojen suunnittelun ensimmäiseksi ja tärkeimmäksi lähtökohdaksi palaverissa ilmeni pyöräkoneiden esteetön kulku hallin sisällä. Pyöräkoneen on mahduttava kääntymään hallin sisällä täryttämään junavaunujen kylkeä pyöräkoneen puomiin kiinnitettyllä täryttimellä. Tärytyksen on oltava mahdollista siten, että pyöräkone pääsee täryttämään kohtisuoraan junanvaunun kylkeä vasten. Tällä hetkellä tilan puutteen vuoksi pyöräkoneen puomiin on kiinnitetynä 45° kulmaan tärytin, joka aiheuttaa suuret huoltokustannukset pyöräkoneen hydraulikalle ja nivelille epäkeskisen täryttämisen vuoksi.

Muut lähtökohdat suunnitteluun olivat:

- 1) kalisuola- "purkusuppiloiden" uusiminen
- 2) olemassa olevien kulkuaukkojen säilyttäminen huoltotöiden vuoksi
- 3) junaradan puolelle kulkuaukko pyöräkoneella tehtävien huoltotoimenpiteiden vuoksi,
- 4) kulkuaukkoihin kumilamellit lumen tuiskutuksen estämiseksi
- 5) turvallisuusriskille kuten pakokaasuille järjestettävä koneellinen ilmanpoisto
- 6) kaikki turha tekniikka karsittava pois kalisuolan vuoksi
- 7) lattian puhdistamiseen liittyvien asioiden huomiointi, kuten lattian tasaisuus
- 8) kallistukset lattiassa tulee olla ulos päin tai kanaaliin
- 9) nurkkaukset ja kotelorakenteet ovat kiellettyjä kalisuolan kerrostumisen vuoksi
- 10) jatkossa katto on huoltokohde poistoinfureiden takia, joten kattopollarit ja tikkaat ovat ehdottomat
- 11) kulkuaukkojen kulmiin tulee tehdä törmäyssuojaukset
- 12) maanpintojen kallistuksen huomiointi sadeveden poistoa varten

5.1 Arkistoitujen piirustusten tutkiminen ja päivittäminen sähköiseen muotoon

YARA Oy:llä on arkistoitu kaikki tehtaan historian aikana tehdyt rakennustyöt heidän omaan arkistoonsa. Keräsin tarvittavat piirustukset kalisuolan purkupaikasta YARA Oy:n arkistosta ja päivitin piirustukset sähköiseen muotoon. Piirsin AutoCAD viivanpiirto-ohjelmalla tarvittavat pohjakuvat ja leikkauskuvat olemassa olevasta rakennuksesta jatkosuunnittelua varten. (Piirustukset liitteenä)

Tutkin vanhoja piirustuksia vertaamalla kalisuolan purkupaikalla tekemiini mittauksiin, jotta olisin varma että rakenteet vastaavat silloisia arkkitehtipiirustuksia ja rakennepiirustuksia. Tämän jälkeen päivitin tarvittavat kuvat jatkosuunnittelua varten sähköiseen muotoon. Arkistoitujen kuvien päivittäminen sähköiseen muotoon oli aikaa vievää ja osittain työlästä, mutta kaikki päivittämäni leikkauskuvat ja pohjakuvat toimivat pohjana näille kolmelle korjausvaihtoehdoille.

6 KOLME VAIHTOEHTOA KALISUOLAN PURKUPAIKAN KORJAUKSESTA

Mallinsin AutoCAD viivanpiirto-ohjelmalla YARA Oy:lle kolme vaihtoehtoa kalisuolan purkupaikan rakenteiden uudistamisesta ja korjaamisesta.

Vaihtoehto 1: Kaikki teräsrakenteet uusitaan ja vaurioituneet betonirakenteet korjataan. Ulkoverhoukseksi tulee lautaverhous ja vesikatto on alkuperäisen mukainen. Rakennjärjestelmä pysyy alkuperäisen mukaisena lukuun ottamatta teräspaksuuksien muutosta ja uutta oviaukkoa kalisuolavaraston puoleisella seinällä. (Palkit HEA300 ja pilarit HEA200).

Vaihtoehto 2: Hallin runkoa levennetään 11,25 metristä 15 metriin. Kulku tapahtuu samalta kohdista kuin vanhassa rakenteessa. Kulkuaukot suojataan puurunkoisilla katoksilla. (Palkit HEB300 ja pilarit HEA240).

Vaihtoehto 3: Hallin runkoa levennetään 15 metriin. Kulkuaukkoja tehdään yksi lisää kalisuolavaraston puoleiselle seinälle ja valvomo-/suojahuone tehdään konttirakenteisena. Ulkoverhoukseksi tulee lautaverhous ja kulkuaukot suojataan puurunkoisilla katoksilla. Palkit vaihdetaan hitsattuihin harjapalkkeihin ja pilarit HEA300.

Kaikista vaihtoehdoista liitteenä pohjakuvat ja leikkauskuvat.

6.1 Vaihtoehdon valinta

Pidimme suunnittelupalaverin 6.7.2012 tilaaja YARA Oy:n kanssa, jossa käsitelimme tilaajan toiveita rakennuksen suunnittelun kannalta. Lisäksi palaverissa päätimme valita jatkosuunnittelua varten yhden kolmesta vaihtoehdoista. Ensimmäisenä ja suurimpana toiveena vaihtoehdoille oli pyöräkoneille esteetön kulku hallin sisällä ja rakenteiden kestävyys kalisuolan aiheuttaman kemiallisen rasituksen kannalta.

Kohteeseen YARA Oy valitsi kolmannen vaihtoehdon. YARA Oy:n mielestä vaihtoehto kolme vastasi heidän toiveitaan ja se palvelee toimintaa purkupaikalla tulevaisuudessa parhaiten.

Kolmannessa vaihtoehdossa teräspaksuuksissa on otettu huomioon teräksen mahdollinen korroosio. Lisäksi ko. vaihtoehdossa on kiinnitetty huomiota maalipaksuuksiin ja erilaisten maalien sopivuuteen purkupaikka-alueella vallitsevien olosuhteiden kannalta.

Aiempien tutkimusten ja kokemusten perusteella EPPUR 320/5-FeSa- pinoite on todettu sopivaksi kalisuolan purkupaikan teräsrakenteille.

6.2 Vaihtoehto kolmeen liittyvät suunnitelmat

Yläpuoliset rakenteet puretaan lukuun ottamatta varastohallia, joka tullaan säilyttämään korjauksen myötä. Tilalle suunnitellaan uusi vaihtoehto kolmen mukainen purkupaikka, joka mahdollistaa esteettömän pyöräkoneella työskentelyn purkupaikalla.

Maanpinta kallistuu rakennuksen eteläpuolella rakennusta kohden ja sade- ja sulamisvesille ei ole hallittua ohjausta (sadevesiviemärointi puuttuu), jolloin maanpainesinille kohdistuu kosteusrasitetta. Nykyinen ajoluiska on varsin jyrkkä, jonka loiventamista tulisi harkita. Samoin luiskan kohdalla sadevesien ohjaus tulisi suunnitella/varmistaa. Ongelma ratkaistaan rakentamalla kanaalit joihin vedet tullaan ohjaamaan ja maanpintaa loivennetaan riittävästi. Kuitenkin kaatoja on oltava sen verran että sade- ja sulamisvedet pääsevät ohjautumaan kanaaleihin. Kanaalit suunnitellaan rakennuksen sisälle oviaukkojen kohdille, jotka johdetaan olemassa olevaan rakennuksen ulkopuoliseen kanaaliin/puhdistusaltaaseen.

Kalisuolavaraston ja kalisuolan purkupaikan välissä olevalta tieltä suunnitellaan pyöräkoneille suora kulkuyhteys kalisuolan purkupaikalle. Teräs- ja puurakenteet suunnitellaan uusiksi. Ensimmäisen kerroksen rakenteet tulevat jatkossa olemaan terästä. Kulkuväylillä sijaitsevien teräsrakenteiden ympärille suunnitellaan törmäyssuojaukset, jotka estävät rakennuksen runkoon aiheutuvien rakenteellisten vaurioiden syntymistä. Pääoviaukkojen kohdille suunnitellaan puurunkoiset katokset estämään suurimman lumen tuiskutuksen.

Betoninen kellaritila korjataan mantteloimalla betonirakenteet ja osa maanpainesinistä vahvistetaan yläpuolisen kasvavan kuorman takia. Kellaritilan betonirakenteiden karbonatisoitumissyvyyden ja kloridipitoisuuden pohjalta tehdyn kuntokartoituksen perusteella määritetään mantteloitavien ja vahvistettavien maanpainesinien tulevat betoni-paksuudet.

Vanhojen purkusuppiloiden kohdalla oleva puu- ja teräsrunko puretaan ja tilalle suunnitellaan kantava betonilaatta. Purkusuppiloita suunnitellaan uuteen rakenteeseen kolmen vanhan purkusuppilon sijasta kaksi uutta purkusuppiloa. Junavaunu josta kalisuola puretaan purkusuppiloihin on näiden kahden suppilon mittainen. Kolmas purkusuppilo poistetaan YARA Oy:n todettua sen tarpeettomaksi.

Lattiaan tehdään uusi aukko moduulien 6 ja 7 väliin, jotka näkyvät liitteenä olevasta vaihtoehdo 3 pohjakuvasta. Aukolle on jo olemassa aiemmin Pöyry Oy:llä tehdyt valmiit suunnitelmat, joita hyödynnetään suunnittelun edetessä. Aukon kustannukset on huomioitu tekemässäni kustannusarviossa.

7 KOLMANNEN VAIHTOEHDON RAKENNUSSUUNNITTELU

Aluksi suunnittelin ja päivitin asemakuvan ja pohjapiirrokset tulevan kolmannen vaihtoehdon mukaisiksi. Kolmannen vaihtoehdon mallintaminen tapahtui arkistoitujen piirustusten pohjalta, koska kellaritilan rakenteet pysyvät alkuperäisen mukaisena ja uudet rakenteet tulevat myös liittymään näihin olemassa oleviin kellaritilan rakenteisiin.

7.1 Pohjapiirroksen suunnittelu

Aloitin pohjapiirroksen suunnittelun rakennuksen yläkerrasta. Pohjakuvasta katsottuna kylmä varastohalli säilyy rakenteellisesti entisellään ja päädyssä olevaan varastohalliin tehdään tarvittavat korjaukset. Ulkoverhousta uusittaessa ruosteet poistetaan teräsrakenteista hiekkapuhaltamalla ja pinnoitetaan samalla EPPUR 320/5-FeSa pinnoitteella kuin uudet teräsrakenteet. Kalisuolan purkupaikan tilajärjestelyt pysyvät alkuperäisen mukaisina lukuun ottamatta rungon levennystä ja purkusuppiloaukon poistamista.

7.2 Leikkauskuvat

Leikkauskuvat piirsin AutoCAD viivanpiirto-ohjelmalla pohjakuvaa ja päivittämäni leikkauskuvaa apuna käyttäen. Leikkauskuvat toimivat apuna myöhemmässä vaiheessa Tekla Structures- mallinnusohjelmalla mallinnettaessa.

8 RAKENTEIDEN MITOITUS

Rakenteiden mitoituksessa käytin Autodesk Robot –laskentaohjelmistoa ja SKOL MathCAD -laskentaohjelmistoa.

8.1 Materiaalien valinta

Autodesk Robot –laskentaohjelmistolla ja MathCAD -laskentaohjelmistolla tarkastelin mahdollisia pilari- ja palkkivaihtoehtoja teräsrungolle. Suunnittelin ja mitoitin palkiksi HEB 300, jossa on huomioitu korroosio eli kuormituksessa on otettu huomioon 1,5 mm:n vähennys profiilin jokaiselta sivulta. Jos korroosiota ei olisi tarvinnut huomioida niin palkiksi olisi mitoituksen perusteella riittänyt HEB 280.

Suunnittelun edetessä yläpohjarakenteeksi valitsin hitsatun harjapalkin. Hitsatulle harjapalkille on olemassa valmis SKOL MathCAD -laskentaohjelmisto. Tällä ohjelmalla sain hitsatun harjapalkin dimensioiksi $H_t = 350$ mm korkeus tuella, $H_k = 685$ mm korkeus keskellä, laipan paksuudeksi 12 mm ja uuman paksuudeksi 5 mm. Käsinlaskujen perusteella ja hitsattujen harjapalkkien toimittajan saatavuuden perusteella päädyin $H_t = 450$ mm, $H_k = 919$ mm, laipan paksuuteen 17 mm ja uuman paksuuteen 10 mm. Jotta palkkien laipat kuuluvat poikkileikkausluokkaan kolme Rautaruukki Oyj:n laskentaohjeen mukaan palkkien laippojen paksuudet on oltava vähintään 17 mm. Uumat kuuluvat laskentaohjeen mukaan poikkileikkausluokkaan 1.

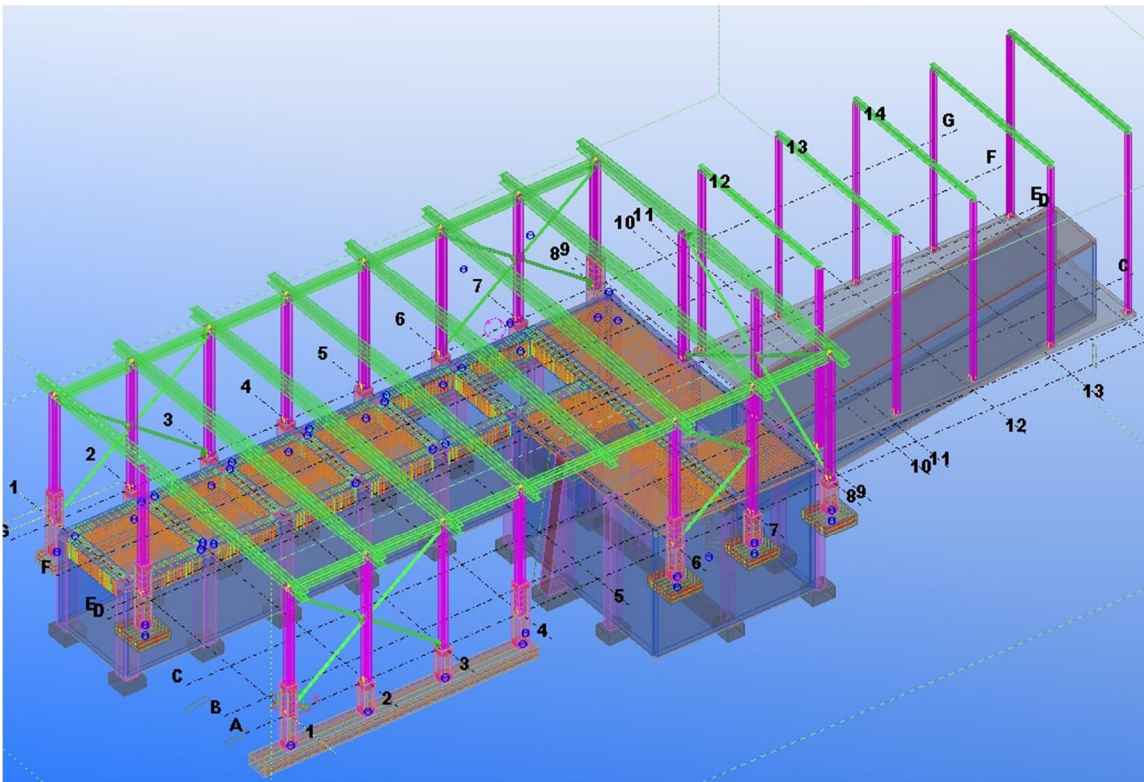
8.2 Rakennemalli

Rakennemallia aloin suunnittelemaan Tekla Structures 17.0 3D- mallinnusohjelmalla. Aluksi loin moduulilinjat malliin ja sen jälkeen aloin mallintamaan kellaritilaa päivitettyjen arkistokuvien pohjalta. Käytin betoni-työkäluä kellarin mallinnuksessa. Seuraavaksi mallinsin teräsrungolle pilarianturat. Pilarianturat nousevat maan tasolle josta sitten mallinsin teräspilarit betonipilarianturan päälle. Nostin betonipilarianturoiden korkeutta oviaukkojen kohdalta + 1500 mm, eli 1500 mm korkeuteen maanpinnasta. Teräspilari jää oviaukkojen kohdalla 1500 mm betonin sisään ja tarkoituksena tämän on toimia törmäyssuojauksena teräsrungolle. Kuvassa 7 kalisuolan purkupaikan 3D- malli.

Pilareiden jälkeen mallinsin hitsatutharjapalkit. Tekla Structures 17.0:ssa ei ole valmiiksi luotu hitsattua harjapalkkia, joten jouduin aluksi luomaan normaalin HEA-palkin joka oli puolet hallin rungon leveydestä. Nostin palkista toisen pään nurkkapisteitä sen verran

että sain kallistukseksi 1:16. Tämän jälkeen kun minulla oli yksi puoli palkista valmiina kopioin peilaamalla 180° palkin toiselle puolelle. Seuraavaksi kun minulla oli kaksi peilikuvaa palkista yhdistin ne toisiinsa yhdeksi palkiksi.

Viimeisenä vaiheena lisäilin paikallavalulaataan alustavan raudoituksen ja teräsrungon nurkkiin alustavat vinotuennat saadakseni lisättyä näiden hinnan myös kustannusarvioon. Paikallavalulaatan ja perustusten raudoitus sekä teräsrungon nurkkiin tulevat vinotuennat mitoitetaan myöhemmin jatkosuunnittelun aikana.




KUVA 7. Tekla Structures 17.0 3D- mallinnusohjelmalla tehty kalisuolan purkupaikan 3D- malli

9 KUSTANNUSARVIO

Alustava kustannusarvio on tehty Pöyry Oy:n ohjeistuksen mukaan ja kustannusarvio toimii tilaajalla sen urakan hinnoittelun lähtökohtana (taulukko 3 ja 4). YARA Oy anoo tämän kustannusarvion perusteella rahoitusta projektille omalta pääkonttoriltaan.

TAULUKKO 3. Kustannusarvio

		
Kustannusarvio		
	Pvm	Työ no:
	14.4.2013	
YARA Suomi Oy Siilinjärven tehtaat	Kali-suolan purkupaikka Katos 300 m2, kellari 180 m2, päättyhalli 120 m2	

%	RAKENNUTTAJAN ERILLISKUSTANNUKSET 15 (Suunnittelu, rakennuttaminen, valvonta)	138264 €	112410 €
	RAKENNUSTEKNISET TYÖT	667890 €	543000 €
	LVI-TYÖT	132840 €	108000 €
	SÄHKÖTYÖT	121032 €	98400 €
	ERILLISHANKINNAT * väistötilat *	0 € 0 €	0 € 0 €
	LISÄ- JA MUUTOSTYÖT, 20 % KUSTANNUSNOUSUVARAUS, 5 %	184352 € 46088 €	149880 € 37470 €
	YHTEENSÄ	1290467 € alv=23%	1049160 € alv=0%

TAULUKKO 4. Pinta-alat ja pinta-ala kohtaiset kustannuskertoimet.

litt.	NIMIKE				Yhteensä		
	Kalin purkupaikka, katos						
	LVI	300	m2	200	60000	€	
	Sähkö	300	m2	180	54000	€	
	RAK	300	m2	1100	330000	€	
	Kalin purkupaikka, kellari						
	LVI	180	m2	200	36000	€	
	Sähkö	180	m2	180	32400	€	
	RAK	180	m2	850	153000	€	
	Päätyhallin korjaus						
	LVI	120	m2	100	12000	€	
	Sähkö	120	m2	100	12000	€	
	RAK	120	m2	500	60000	€	

10 YHTEENVETO

Opinnäytetyöni toimii esiselvityksenä jatkosuunnittelua varten eli esiselvityksessä tehdyt ratkaisut toimivat rakennuksen jatkosuunnittelun lähtökohtana. Tutkimani rakenteiden-korroosio on Pöyry Oy:lle ja YARA Oy:lle arvokasta tietoa, jota käytetään jatkossa YARA Oy:n projekteissa hyödyksi.

Esiselvityksen tarkoituksena oli saada kaikesta tutkimastani ja suunnittelema työstäni selvitys tehtävistä korjaustoimenpiteistä YARA Oy:lle. Tutkimani asiat olivat teräs- ja betonirakenteiden kunnon kartoitus, jonka pohjalta mitoitin rakenteiden käyttöasteet. Tämän pohjalta korjaus- ja uudistamistoimenpiteistä koostui alustava kustannusarvio rakennuksen korjaukselle.

Jatkotoimenpiteinä kalisuolan purkupaikan suunnittelun osalta tullaan tekemään tarkemmat rakennus- ja rakennesuunnitelmat. Lisäksi jatkosuunnitteluun kuuluu LVI- ja sähkösuunnittelu, joiden tarkoituksena on saada kalisuolan purkupaikasta nykyisten käyttötarpeiden mukainen.

Johtopäätöksenä opinnäytetyöni tavoitteet täyttyivät tilaajan YARA Oy:n ja Pöyry Oy:n kannalta, koska tilaaja YARA Oy:n toiveena opinnäytetyölleni oli alustava kustannusarvio ja lisäksi alustavat rakennus- ja rakennesuunnitelmat.

LÄHTEET

Betonimassan valmistaminen. 42020.1.1.3. 2009. Rakennustieto. InfraRYL [viitattu 17.4.2013]. Saatavissa: <https://www-rakennustieto-fi.ezproxy.savonia-amk.fi:2443/infraryl/extra/teknisetvaatimukset.html.stx>

MORTIMER, Charles E. 1997. Kemia. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. Opetushallitus.

Siltojen korjaus 2006. Uudis- ja uusintamaalauksen maalausjärjestelmät 3.351. Yleisohjeet. Tiehallinto, Siltateknikka. [viitattu: 17.4.2013]. Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/sillat/silko/kansio3/s3351.pdf>

TUNTURI, P. J. 1988. Korroosio käsikirja. Hanko: Suomen Korroosioyhdistys.

VTT. Korjausalustan laatuvaatimukset. Tutkimusselostus Nro VTT-S-00757-08. 2008. Tiehallinto. [viitattu 17.4.2013] Saatavissa: http://alk.tiehallinto.fi/sillat/julkaisut/korjausalusta_laatuvaatimukset_2008.pdf

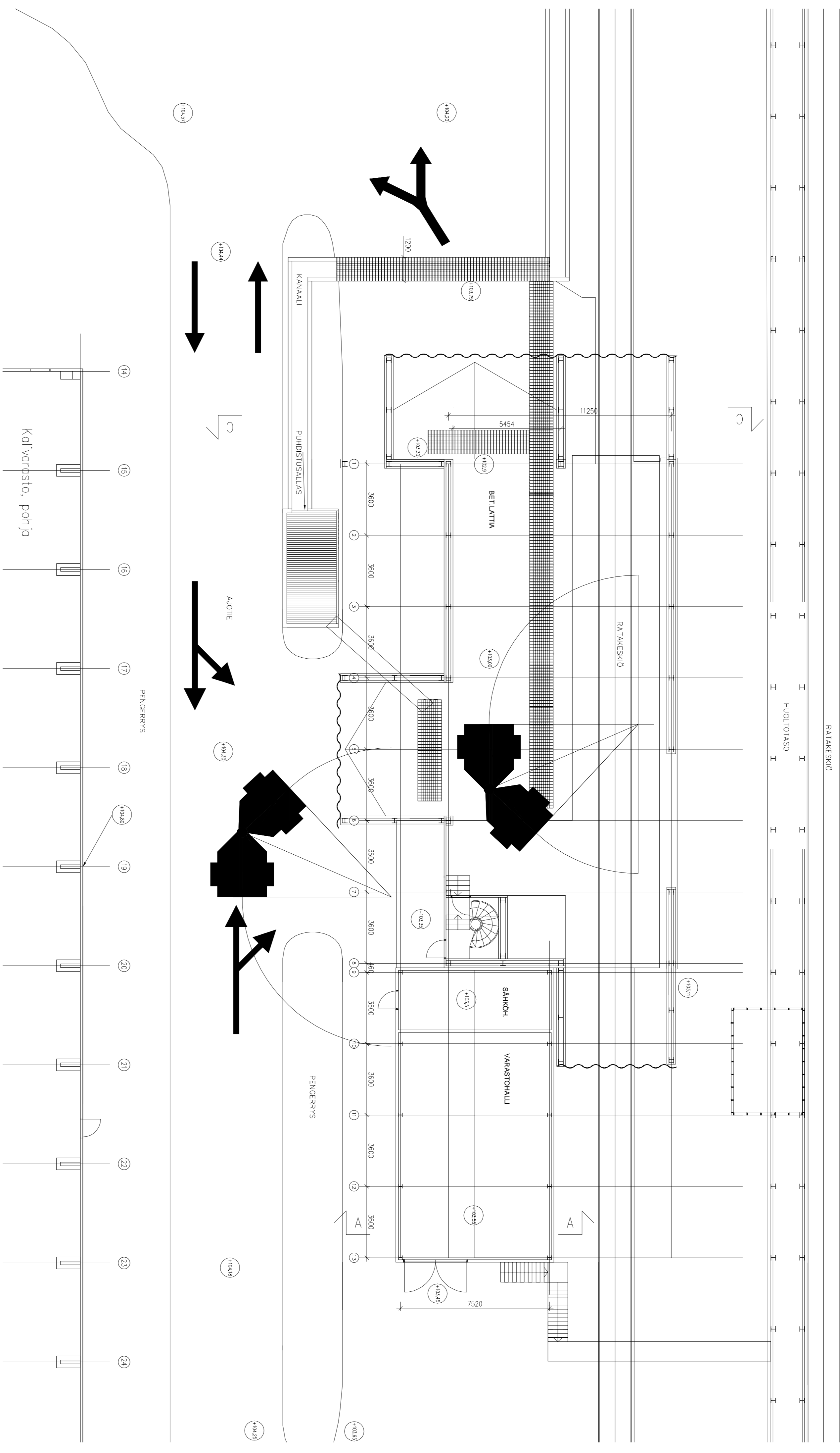
SYMBOLIEN SELITTEET

L	Jänneväli [mm]
b	Palkin leveys [mm]
h	Palkin korkeus [mm]
P	Pistekuorma [kN]
gk	Palkin omapaino [kN/m]
h-d	Raudituksen etäisyys palkin pohjasta [mm]
d	Vetoterästen tehollinen korkeus [mm]
Fck	Betonin lieriölujuuden ominaisarvo [N/mm ²]
Fcm	Betonin puristuslujuuden keskiarvo (Fck+8MPa) [N/mm ²]
Fyd	Raudituksen suunnittelulujuus [N/mm ²]
Fyk	Raudituksen myötölujuus [N/mm ²]
Fmyk	Raudituksen myötölujuuden keskiarvo [N/mm ²]
Ft	Raudituksen murtolujuus [N/mm ²]
Fmt	Raudituksen murtolujuuden keskiarvo [N/mm ²]
NEd	Mitoitusvoima [N/mm ²]
NRd	Mitoitusarvo [N/mm ²]
MEd	Mitoitusmomentti [kNm]
VEd	Mitoitusleikkausvoima [kN]
μ	Suhteellinen momentti [-]
β	Puristuspinnan suhteellinen korkeus [-]
Z	Sisäinen momenttivarsi [-]
As,m	Laskennallinen teräsmäärä [mm ²]
As,min	Minimiteräsmäärä [mm ²]
n	Terästen lukumäärä [kpl]
As	Todellinen teräsmäärä [mm ²]
ρ	Geometrinen raudoitussuhde [-]
ω	Mekaaninen raudoitussuhde [-]
MRd	Taivutusmomenttikestävyys [kNm]
%-	Käyttöaste [%]
VRd,	Leikkauskestävyyden mitoitusarvo [kN]
Vs	Leikkauskestävyys, teräs [kN]
Vc	Leikkauskestävyys, betoni [kN]

V _f	Leikkauskestävyys, FRP [kN]
Θ	Leikkaushalkeaman kulma [o]
b _w	Poikkileikkauksen pienin leveys vedetyllä alueella [mm]
v ₁	Lujuuden pienennyskerroin [-]
A _s /s	Leikkausraudoituksen määrä [mm ²]
ρ _w	Leikkausraudoitussuhde [-] 8
V ₀	Leikkausvoima ennen vahvistusta [kN]
VR _{d,s}	Leikkausraudoituksen myötäämiseen perustuva leikkauskestävyyden mitoitusarvo [kN]
V _{ccd}	Puristusalueen voiman leikkauskomponentin mitoitusarvo kaltevan puristuspaarten tapauksessa [kN]
V _{td}	Vetoraudoituksen voiman leikkauskomponentin mitoitusarvo kaltevan vetopaarten tapauksessa [kN]
VR _{d,max}	Leikkauskestävyyden yläraja mitoitettaessa [kN]



VAIHTOEHTO 1



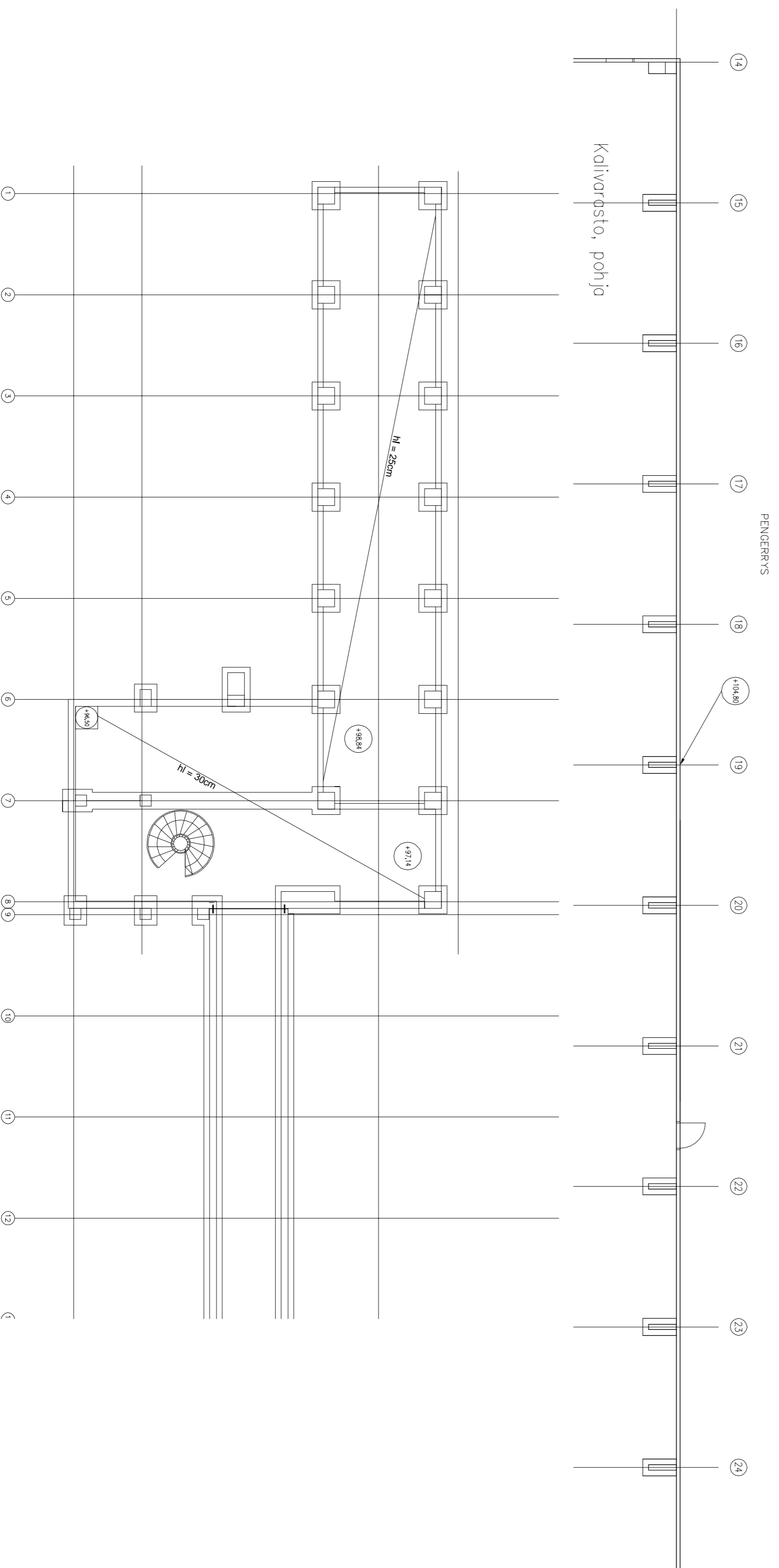
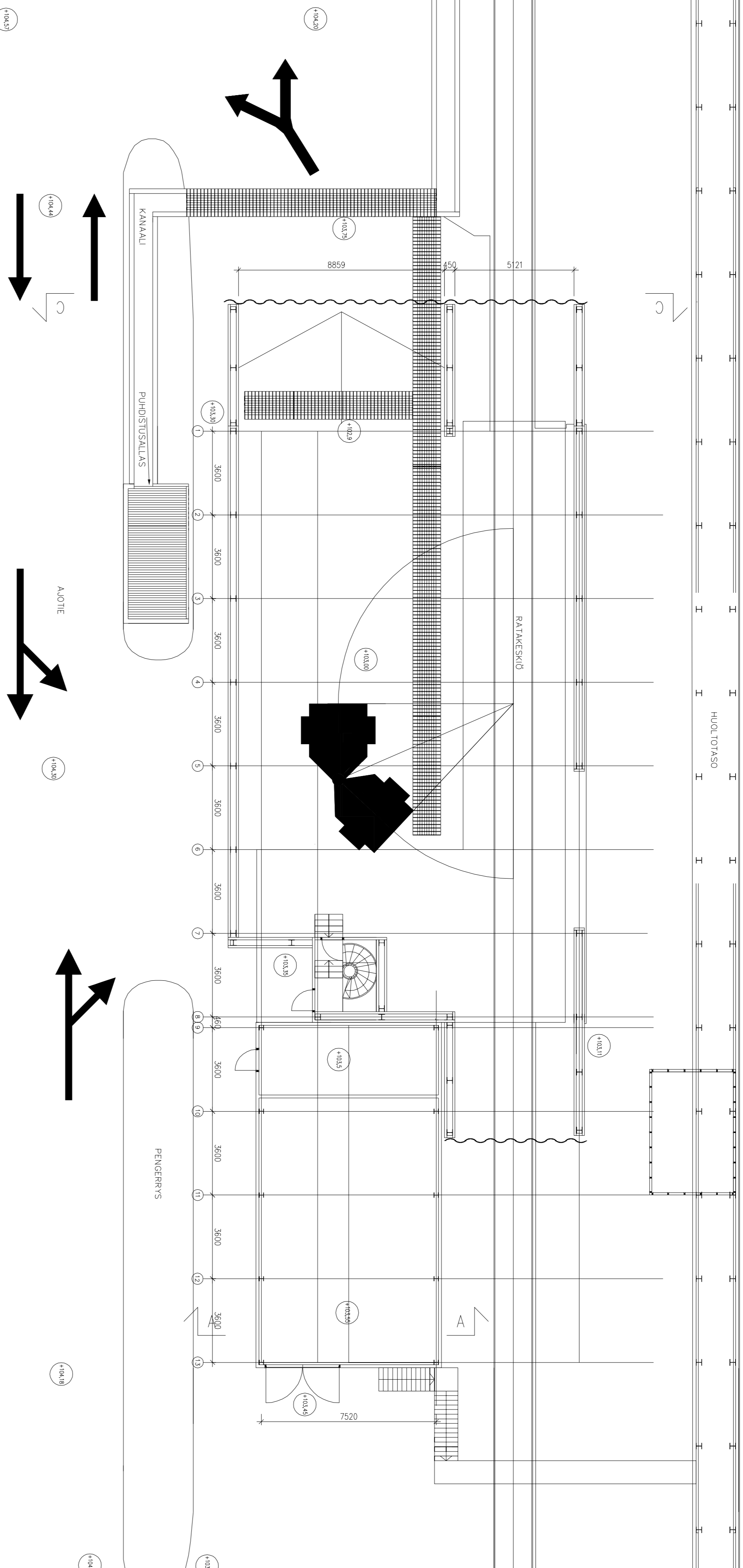
LITTYVÄT PIIRUSTUKSET		INCLUDED DRAWINGS	
NUMERO	OHJE NUMBER	TEKIJÄ	DESIGNED
RAxxxx		PÖYRY FINLAND	PERUSTUSPIIRUSTUS

REV.	MUUTOS	OHJE/MAHD.	SIUNNITTELU	HYV.	PVM
1	KOULUSOPPI 408	RIKASTAMO 1	8:1		

YARARA SUOMI OY	PROJEKTIN SUOJ. N.	XXXXXXXX	YHTEYSTIEDOT	1:125
KARASTONVARASTO	SIUNNITTELU	XXXXXXXX	PROJEKTI	1
Y. HILHONEN	SIUNNITTELU	XXXXXXXX	PROJEKTI	1
P. KEMPPINEN	SIUNNITTELU	XXXXXXXX	PROJEKTI	1

PÖYRY Pöyry Finland Oy
 Hämeenkatu 13
 00100 Helsinki
 Puh. 010 33 4850
 Faksi 010 33 48501

YARA	YARA	YARA	YARA
YARA	YARA	YARA	YARA



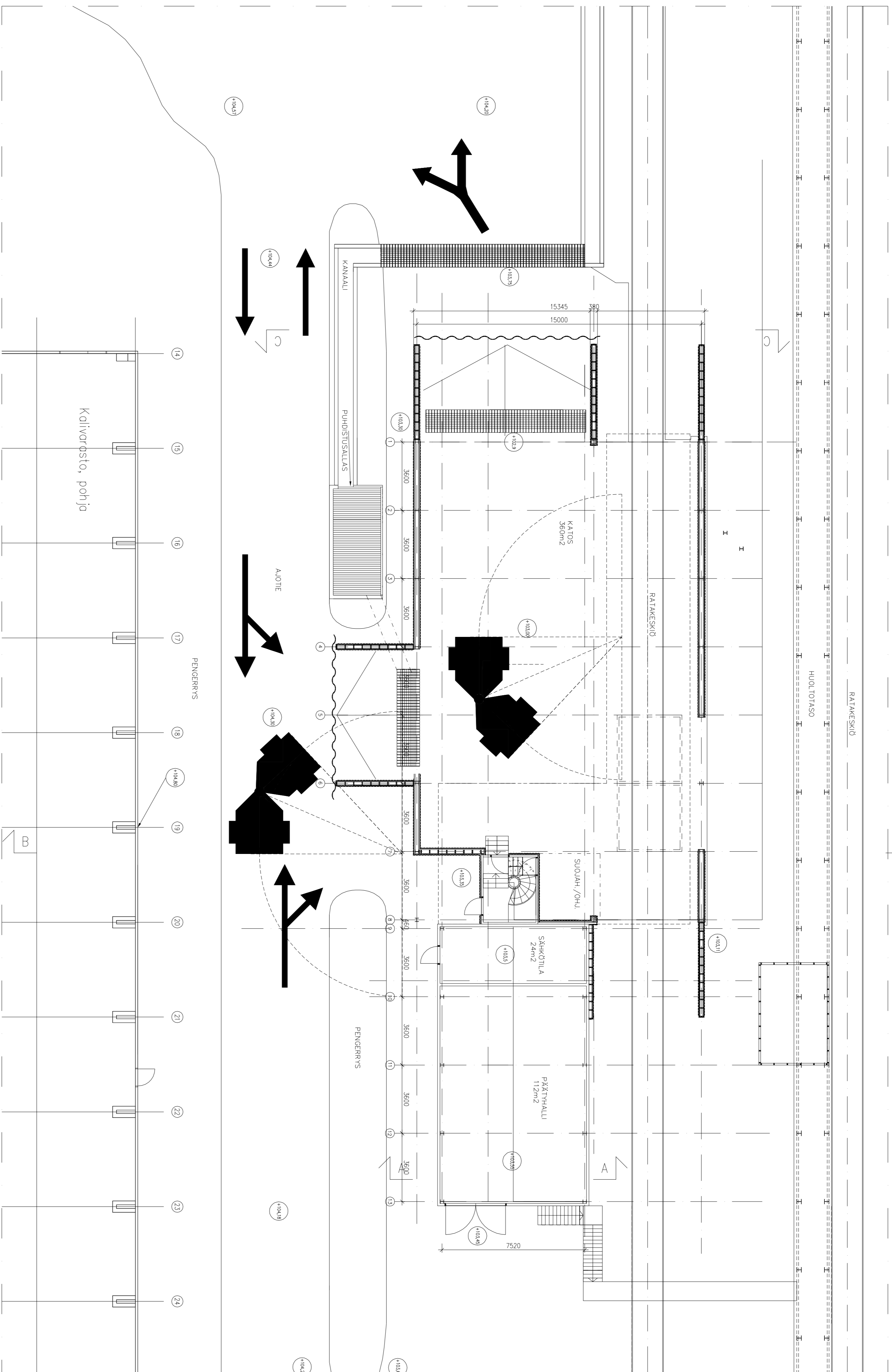
REV.	MUUTOS	DATE/MAAS	SIUNNITTELUK. HYV. PVM
RAK01	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK02	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK03	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK04	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK05	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK06	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK07	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK08	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK09	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK10	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK11	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK12	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK13	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK14	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK15	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK16	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK17	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK18	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK19	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK20	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK21	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK22	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK23	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK24	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK25	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK26	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK27	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK28	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK29	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK30	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK31	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK32	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK33	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK34	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK35	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK36	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK37	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK38	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK39	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK40	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK41	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK42	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK43	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK44	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK45	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK46	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK47	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK48	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK49	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK50	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK51	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK52	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK53	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK54	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK55	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK56	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK57	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK58	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK59	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK60	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK61	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK62	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK63	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK64	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK65	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK66	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK67	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK68	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK69	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK70	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK71	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK72	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK73	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK74	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK75	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK76	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK77	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK78	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK79	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK80	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK81	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK82	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK83	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK84	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK85	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK86	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK87	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK88	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK89	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK90	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK91	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK92	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK93	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK94	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK95	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK96	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK97	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK98	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK99	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN
RAK100	KALIVARASTO	28.8.2011	P. KEMPPINEN

PÖYRY
 Pöyry Finland Oy
 Helsinginentie 13
 FIN-01100 VANTAA
 Puh. 010 352 450
 Faks. 010 352 45010

YARA
 YARA SUOMI OY
 KAIRASTÄNVARASTO
 SUUNNITTELUK. HYV. PVM
 P. KEMPPINEN
 28.8.2011

VAIHTOEHTO 3
1:125

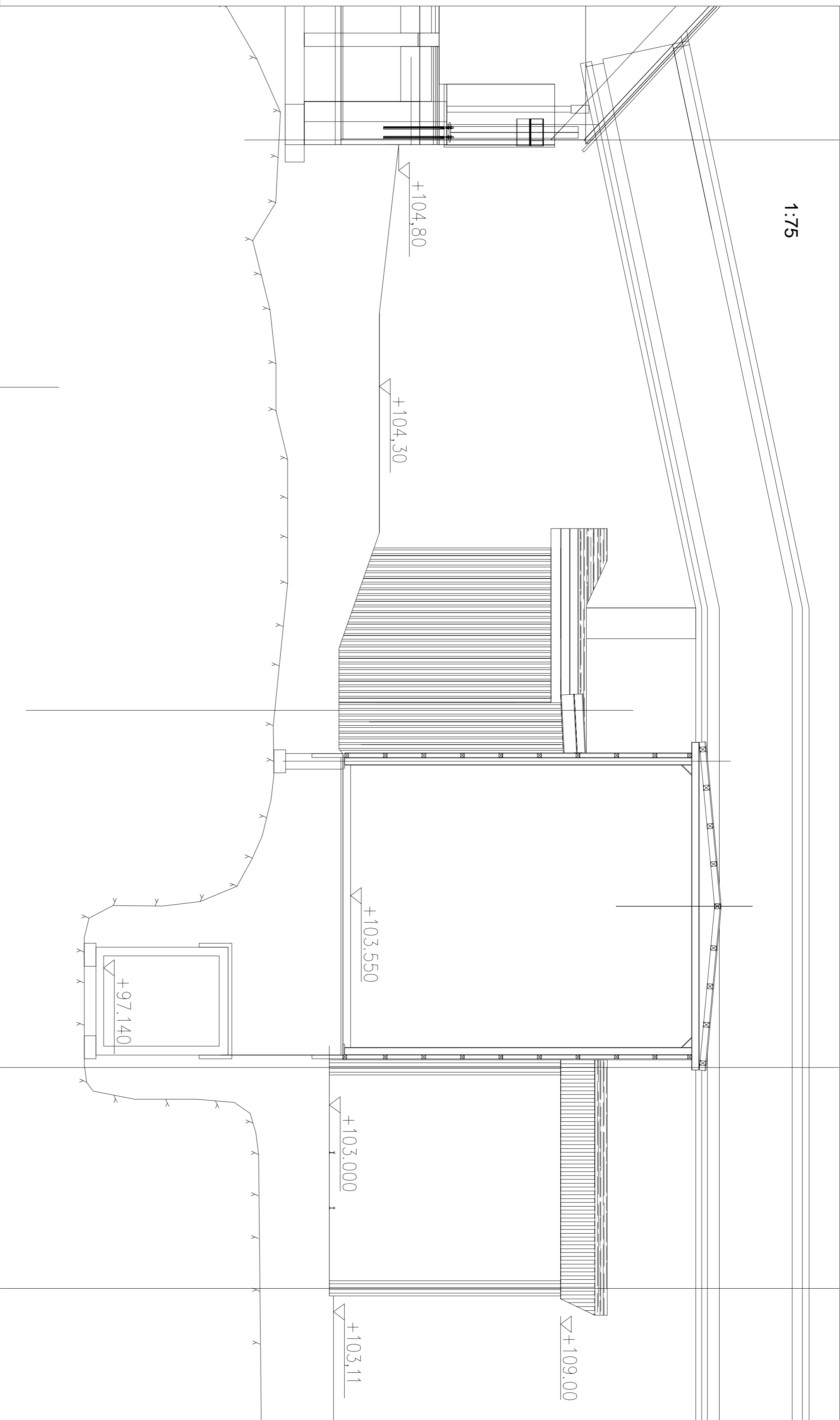
A/B



LUKUTIEDOT	INCLUCED DRAWINGS	SSALTO	TITRE
NUMERO 00000	TEKIJÄ PÖYRY FINLAND	SSALTO	Kellari
RAKENTAJA PÖYRY	YHTIÖ PÖYRY FINLAND		

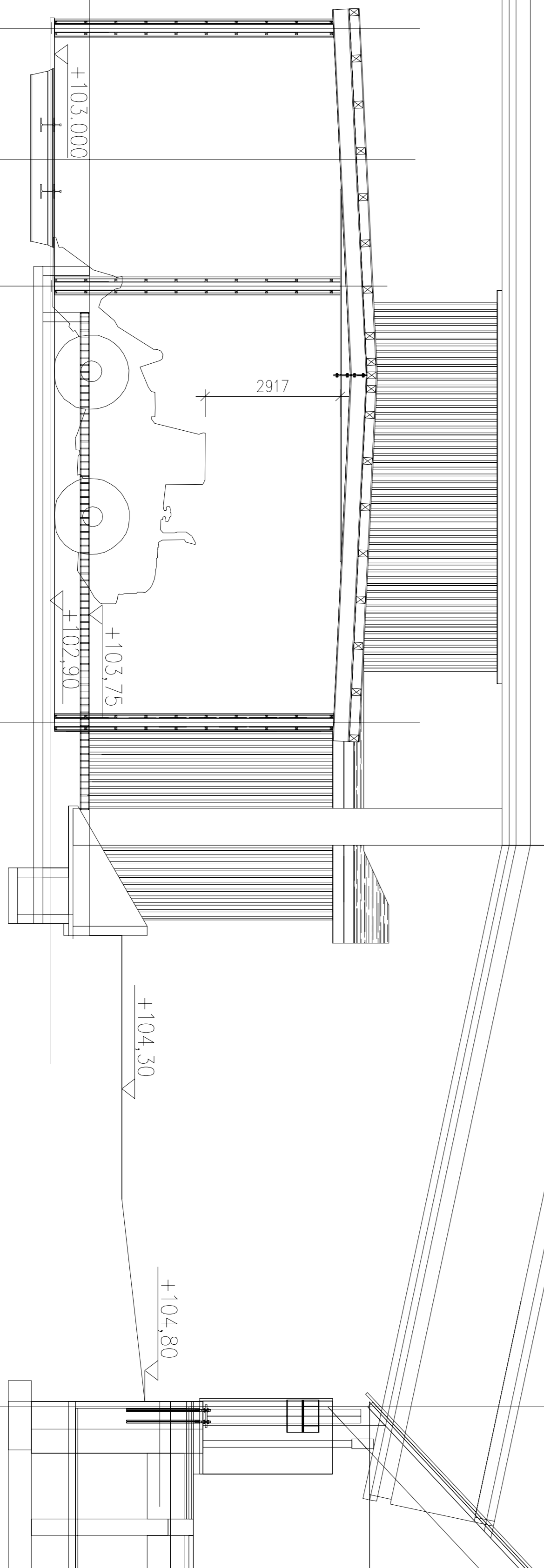
REV.	MUUTOS	TEHTÄVÄN	TEHTÄVÄN	SUUNNITTELU	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK	TK
1	KÄYTTÖKÄSIKIRJA	KOLMISOPPI 409	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX	XXXX
PÖYRY Pöyry Finland Oy Hämeentie 13 P.O. Box 152 00151 Helsinki, Finland Puh. 010 33 450 Faks. 010 33 45801													
YARA SUOMI OY YARA-suolan purkupuikko SUUNNITTELU 1:100 SUUNNITTELU 1:75 SUUNNITTELU 1:50 SUUNNITTELU 1:10 SUUNNITTELU 1:5													
ARK SUUNNITTELU 1:1000 SUUNNITTELU 1:500 SUUNNITTELU 1:200 SUUNNITTELU 1:100 SUUNNITTELU 1:50 SUUNNITTELU 1:10 SUUNNITTELU 1:5													

1:75



VAIHTOEHTO 3

120,890



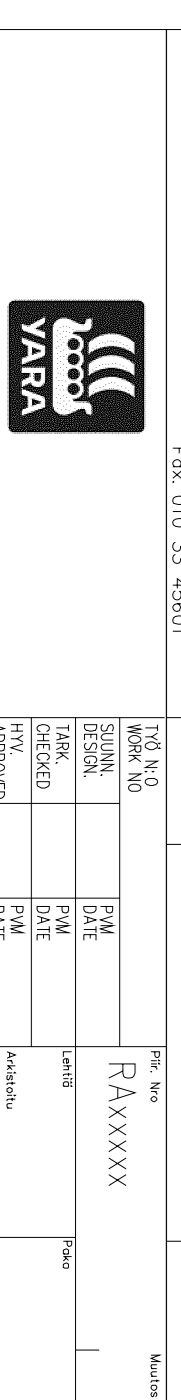
LIITTYVÄT PERUSTUJSET		INCLUDED DRAWINGS	
NUMERO	OHJE / NUMBER	TIKOLA	DESIGNED
RAXXXX		PÖYRY FINLAND	PERUSTUSPIIRUSTUS

REV.	MLUJDS	DATE/TIEMO	SUUN. TARK. HYV.	PVM
KÄYTTÖAIKANA	KOLMISOPPI 408	XXXX		
PROJEKTIN NIMEN / SUUNN. NIMI				
KÄYTTÖAIKANA				
UUDISRAKENNUS				
UUSIKORJAUS				
UUSIKORJAUS				
UUSIKORJAUS				
KODI	YARA SUOMI OY			
YARA SUOMI OY				
SILMÄKRI				
KALI-suodon purkupuikko				
SONN				
YAR. HILHONEN		28.8.2011		
P. KEMPINEN				

Pöyry
Insinööritoimisto
Puh. 010 53 450
Fax. 010 53 45010

Proj. Nro: RAXXXX

TARK. NRO	KEM	PVM	PAIK	PAIK	PAIK
SOIKO					
TARK.					
OKTELO					
APPROVED					



HARJAPALKIN MITOITUS

$$\tilde{N} := \text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^{-2}$$

$$\overset{\sim}{kN} := 1000 \cdot \text{N}$$

VOIMASUUREET:

$$\tilde{L} := 15000 \cdot \text{mm} \quad [\text{mm}] \quad \text{jannevali}$$

$$l1 := 2000 \cdot \text{mm} \quad [\text{mm}] \quad \text{ylälaiipan tukivali}$$

PISTEKUORMAT:

[kN]

$$P1 := 0 \cdot \text{kN}$$

$$P2 := 0 \cdot \text{kN}$$

$$P3 := 0 \cdot \text{kN}$$

$$P4 := 0 \cdot \text{kN}$$

$$P5 := 0 \cdot \text{kN}$$

[mm vas]

$$c1 := 0 \cdot \text{mm}$$

$$c2 := 0 \cdot \text{mm}$$

$$c3 := 0 \cdot \text{mm}$$

$$c4 := 0 \cdot \text{mm}$$

$$c5 := 0 \cdot \text{mm}$$

TASAISET KUORMAT :

[N/m]

$$Q1 := 16800 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$Q2 := 59400 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$Q3 := 2000 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$Q4 := 0.0 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

$$Q5 := 0.0 \cdot \text{N} \cdot \text{m}^{-1}$$

[mm vas]

$$a1 := 0.0 \cdot \text{mm}$$

$$a2 := 0.0 \cdot \text{mm}$$

$$a3 := 0.0 \cdot \text{mm}$$

$$a4 := 0.0 \cdot \text{mm}$$

$$a5 := 0.0 \cdot \text{mm}$$

[kuorm pit]

$$s1 := 15000 \cdot \text{mm} \quad (\text{kattorakenteet})$$

$$s2 := 15000 \cdot \text{mm} \quad (\text{lumikuorma})$$

$$s3 := 15000 \cdot \text{mm} \quad (\text{palkinomapaino})$$

$$s4 := 0.0 \cdot \text{mm}$$

$$s5 := 0.0 \cdot \text{mm}$$

tulostuspisteiden maara

$$n := 10$$

$$i := 0..n$$

$$x_i := i \cdot \frac{L}{n}$$

$$AP1 := \frac{L - c1}{L} \cdot P1$$

$$BP1 := \frac{c1}{L} \cdot P1$$

$$AP2 := \frac{L - c2}{L} \cdot P2$$

$$BP2 := \frac{c2}{L} \cdot P2$$

$$AP3 := \frac{L - c3}{L} \cdot P3$$

$$BP3 := \frac{c3}{L} \cdot P3$$

$$AP4 := \frac{L - c4}{L} \cdot P4$$

$$BP4 := \frac{c4}{L} \cdot P4$$

$$AP1 = 0.0 \cdot \text{kN}$$

$$AP5 := \frac{L - c5}{L} \cdot P5$$

$$BP5 := \frac{c5}{L} \cdot P5$$

$$QP1 := Q1 \cdot s1$$

$$QP2 := Q2 \cdot s2$$

$$QP3 := Q3 \cdot s3$$

$$QP4 := Q4 \cdot s4$$

$$QP5 := Q5 \cdot s5$$

$$CQ1 := a1 + .5 \cdot s1$$

$$CQ2 := a2 + .5 \cdot s2$$

$$CQ3 := a3 + .5 \cdot s3$$

$$CQ4 := a4 + .5 \cdot s4$$

$$CQ5 := a5 + .5 \cdot s5$$

$$AQ1 := \frac{L - CQ1}{L} \cdot QP1$$

$$BQ1 := \frac{CQ1}{L} \cdot QP1$$

$$AQ2 := \frac{L - CQ2}{L} \cdot QP2$$

$$BQ2 := \frac{CQ2}{L} \cdot QP2$$

$$AQ3 := \frac{L - CQ3}{L} \cdot QP3$$

$$BQ3 := \frac{CQ3}{L} \cdot QP3$$

$$AQ4 := \frac{L - CQ4}{L} \cdot QP4$$

$$BQ4 := \frac{CQ4}{L} \cdot QP4$$

$$AQ1 = 126.0 \cdot \text{kN}$$

$$AQ5 := \frac{L - CQ5}{L} \cdot QP5 \quad BQ5 := \frac{CQ5}{L} \cdot QP5$$

$$A := AP1 + AP2 + AP3 + AP4 + AP5 + AQ1 + AQ2 + AQ3 + AQ4 + AQ5$$

$$B := BP1 + BP2 + BP3 + BP4 + BP5 + BQ1 + BQ2 + BQ3 + BQ4 + BQ5$$

$$VP_i := A - \text{if}(x_i > c1, P1, 0) - \text{if}(x_i > c2, P2, 0) - \text{if}(x_i > c3, P3, 0) - \text{if}(x_i > c4, P4, 0) - \text{if}(x_i > c5, P5, 0)$$

$$VQ1_i := -\text{if}\left(x_i < a1, 0, \text{if}\left(x_i < a1 + s1, \frac{x_i - a1}{s1} \cdot QP1, QP1\right)\right)$$

$$VQ2_i := -\text{if}\left(x_i < a2, 0, \text{if}\left(x_i < a2 + s2, \frac{x_i - a2}{s2} \cdot QP2, QP2\right)\right)$$

$$VQ3_i := -\text{if}\left(x_i < a3, 0, \text{if}\left(x_i < a3 + s3, \frac{x_i - a3}{s3} \cdot QP3, QP3\right)\right)$$

$$VQ4_i := -\text{if}\left(x_i < a4, 0, \text{if}\left(x_i < a4 + s4, \frac{x_i - a4}{s4} \cdot QP4, QP4\right)\right)$$

$$VQ5_i := -\text{if}\left(x_i < a5, 0, \text{if}\left(x_i < a5 + s5, \frac{x_i - a5}{s5} \cdot QP5, QP5\right)\right)$$

$$V_i := VP_i + VQ1_i + VQ2_i + VQ3_i + VQ4_i + VQ5_i$$

$$MP_i := A \cdot x_i - \text{if}[x_i > c1, P1 \cdot (x_i - c1), 0] - \text{if}[x_i > c2, P2 \cdot (x_i - c2), 0] - \text{if}[x_i > c3, P3 \cdot (x_i - c3), 0] - \text{if}[x_i > c4, P4 \cdot (x_i - c4), 0]$$

$$MQ1_i := -\text{if}\left[x_i < a1, 0, \text{if}\left[x_i < a1 + s1, .5 \cdot (x_i - a1)^2 \cdot Q1, (x_i - CQ1) \cdot QP1\right]\right]$$

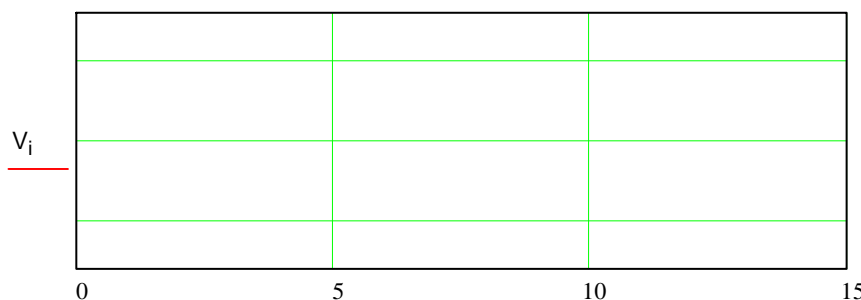
$$MQ2_i := -\text{if}\left[x_i < a2, 0, \text{if}\left[x_i < a2 + s2, .5 \cdot (x_i - a2)^2 \cdot Q2, (x_i - CQ2) \cdot QP2\right]\right]$$

$$MQ3_i := -\text{if}\left[x_i < a3, 0, \text{if}\left[x_i < a3 + s3, .5 \cdot (x_i - a3)^2 \cdot Q3, (x_i - CQ3) \cdot QP3\right]\right]$$

$$MQ4_i := -\text{if}\left[x_i < a4, 0, \text{if}\left[x_i < a4 + s4, .5 \cdot (x_i - a4)^2 \cdot Q4, (x_i - CQ4) \cdot QP4\right]\right]$$

$$MQ5_i := -\text{if}\left[x_i < a5, 0, \text{if}\left[x_i < a5 + s5, .5 \cdot (x_i - a5)^2 \cdot Q5, (x_i - CQ5) \cdot QP5\right]\right]$$

$$M_i := MP_i + MQ1_i + MQ2_i + MQ3_i + MQ4_i + MQ5_i$$



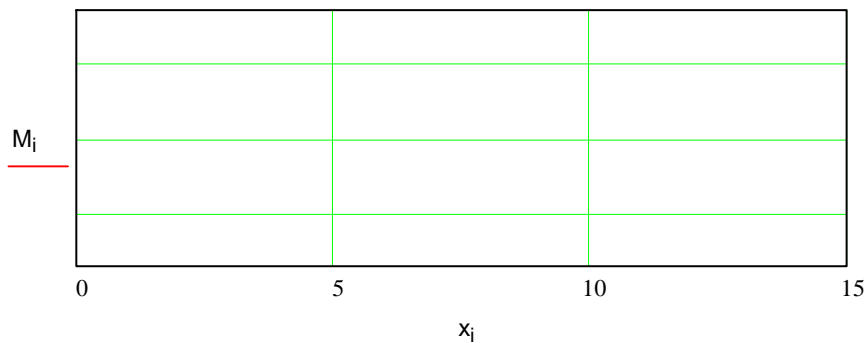
A = 586.5 · kN

x_i

B = 586.5 · kN

	0	
0	0	
1	-18.9	
2	-75.6	
3	-170.1	
4	-302.4	
5	-472.5	
6	-680.4	
7	-926.1	
8	-1209.6	
9	-1530.9	
10	-1890	

MQ1 = · kN



L = 15.0 m

$x_i =$	$M_i =$	$V_i =$
0.0 m	0.0 ·kN·m	586.5 ·kN
1.5	791.8	469.2
3.0	1407.6	351.9
4.5	1847.5	234.6
6.0	2111.4	117.3
7.5	2199.4	0.0
9.0	2111.4	-117.3
10.5	1847.5	-234.6
12.0	1407.6	-351.9
13.5	791.8	-469.2
15.0	0.0	-586.5

POIKKILEIKKAUS ARVOT:

Ht := 350·mm korkeus tuella
 Hk := 685·mm korkeus keskellä
 b1 := 350·mm
 t1 := 12·mm
 b2 := 350·mm
 t2 := 12·mm
 d1 := 5·mm

$$E := 210000 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$G := 81000 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$F_y := 355 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{sa} := 355 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

POIKKILEIKKAUS ARVOT

$$c := \frac{H_k - H_t}{0.5 \cdot L} \cdot \frac{L}{10} \quad c = 0.1 \text{ m}$$

$$H_i := \text{if} \left(x_i \leq 0.5 \cdot L, H_t + i \cdot c, H_k + \frac{n}{2} \cdot c - i \cdot c \right)$$

$$ht_i := H_i - \frac{t1}{2} - \frac{t2}{2}$$

$$h1_i := H_i - t1 - t2$$

$$ep_i := ht_i \cdot \frac{0.5 \cdot h1_i \cdot d1 + b2 \cdot t2}{b1 \cdot t1 + b2 \cdot t2 + h1_i \cdot d1}$$

$$lx_i := b1 \cdot t1 \cdot (ep_i)^2 + b2 \cdot t2 \cdot (ht_i - ep_i)^2 + \frac{(h1_i)^3 \cdot d1}{12} + h1_i \cdot d1 \cdot (0.5 \cdot ht_i - ep_i)^2$$

$$ly_i := b1^3 \cdot \frac{t1}{12} + b2^3 \cdot \frac{t2}{12}$$

$$lv_i := 1.1 \cdot \frac{b1 \cdot t1^3 + b2 \cdot t2^3 + h1_i \cdot d1^3}{3}$$

$$Wxy_i := \frac{lx_i}{ep_i + \frac{t1}{2}} \quad Wxa_i := \frac{lx_i}{H_i - \left(ep_i + \frac{t1}{2} \right)}$$

$$\beta_m := 4.8 \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{sa}}}$$

$$WXY_i := Wxy_i - \left[1 - 0.15 \cdot \frac{H_i \cdot d1}{b1 \cdot t1} \cdot \left(1 - \beta_m \cdot \frac{d1}{H_i} \right) \right] \cdot mm^3$$

$$Wx_i := \text{if} \left(\beta_m \leq \frac{H_k}{d1}, WXY_i, Wxy_i \right)$$

$$lw_i := \frac{b1^3 \cdot t1 \cdot b2^3 \cdot t2 \cdot (ht_i)^2}{114 \cdot ly_i}$$

$$ys_i := ep_i - \frac{b2^3 \cdot t2 \cdot ht_i}{12 \cdot ly_i}$$

$$ty_i := 2 \cdot ys_i - \frac{ys_i \cdot ly_i + b1 \cdot t1 \cdot (ep_i)^3 - b2 \cdot t2 \cdot (ht_i - ep_i)^3 - d1 \cdot \frac{(ht_i - ep_i)^4 - (ep_i)^4}{4}}{lx_i}$$

$$a_i := (ep_i + 0.5 \cdot t1) - ys_i$$

$$By_i := E \cdot ly_i$$

$$C_i := G \cdot lv_i$$

$$Cw_i := E \cdot lw_i$$

$$K_i := \sqrt{\frac{C_i}{Cw_i}}$$

$$\beta_i := \frac{ty_i}{2} \cdot \sqrt{\frac{By_i}{Cw_i}}$$

	0
0	2.543·10 ⁸
1	3.697·10 ⁸
2	5.084·10 ⁸
3	6.711·10 ⁸
4	8.585·10 ⁸
5	1.071·10 ⁹
6	8.585·10 ⁸
7	6.711·10 ⁸
8	5.084·10 ⁸
	3.697·10 ⁸
	2.543·10 ⁸

lx = ·mm⁴

	0
0	1.453·10 ⁶
1	1.773·10 ⁶
2	2.101·10 ⁶
3	2.436·10 ⁶
4	2.778·10 ⁶
5	3.128·10 ⁶
6	2.778·10 ⁶
7	2.436·10 ⁶
8	2.101·10 ⁶
9	1.773·10 ⁶
10	1.453·10 ⁶

Wx = ·mm³

LAIPAN LOMMAHDUS

$$\left(\frac{b1}{t1} \right) = 29.2 \quad \text{JOS} \quad \blacksquare > \blacksquare \quad 0.8 \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{sa}}} = 19.5 \quad \text{NIIN} \quad \alpha_1 := 0.8 \cdot \frac{b1}{t1} \cdot \sqrt{\frac{F_y}{E}}$$

$$\sigma_{sall} := (1.02 - 0.50 \cdot \alpha_1) \cdot \sigma_{sa}$$

$$\sigma_{sall} = 191.8 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{sall} := 206$$

PALKIN KIEPAHDUS

$$\frac{l_1}{b_1 \sqrt{12}} = 19.8$$

$$> 0.4 \cdot 3.14 \cdot \sqrt{\frac{E}{\sigma_{sa}}} = 30.5$$

$$\sigma_E := 3.14^2 \cdot \frac{E}{\left(\frac{l_1}{b_1 \sqrt{12}}\right)^2}$$

$$\sigma_E = 5284.1 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$M_{el_i} := \sigma_E \cdot b_1 \cdot t_1 \cdot h_{t_i}$$

$$\sigma_{el_i} := \frac{M_{el_i}}{W_{xy_i}}$$

$$\alpha_{2_i} := \sqrt{\frac{\sigma_{sa}}{\sigma_{el_i}}}$$

	0
0	5161.2
1	5068.5
2	4986.2
3	4910.9
4	4840.6
5	4774.3
6	4840.6
7	4910.9
8	4986.2
9	5068.5
10	5161.2

$$\sigma_{el} = \frac{N}{mm^2}$$

	0
0	0.262
1	0.265
2	0.267
3	0.269
4	0.271
5	0.273
6	0.271
7	0.269
8	0.267
9	0.265
10	0.262

$$\alpha_2 =$$

$$\sigma_{vnsall1} := \frac{1}{1.5} \cdot \sigma_{sa}$$

,jos a < 0.4

$$\sigma_{vnsall1} = 236.7 \cdot \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{vnsall2_i} := (0.817 - 0.376 \cdot \alpha_{2_i}) \cdot \sigma_{sa}$$

,jos 0.4 < a < 1.45

	0
0	255.0
1	254.7
2	254.4
3	254.1
4	253.9
5	253.6
6	253.9
7	254.1
8	254.4
9	254.7
10	255.0

$$\sigma_{vnsall2} = \frac{N}{mm^2}$$

$$\sigma_{vnsall3_i} := \frac{1}{1.75} \cdot \sigma_{el_i}$$

,,jos 1.45 < a

	0
0	2949.2
1	2896.3
2	2849.3
3	2806.2
4	2766.1
5	2728.2
6	2766.1
7	2806.2
8	2849.3
9	2896.3
10	2949.2

$$\sigma_{vnsall3} = \frac{N}{mm^2}$$

LEIKKAUSJANNITUS TUELLA

$$\tau_{el} := \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot \left[5.34 + \left[\frac{4.00}{\left(\frac{l1}{Ht - t1 - t2} \right)^2} \right] \cdot 1.9 \cdot 10^5 \cdot \left(\frac{d1}{Ht - t1 - t2} \right)^2 \right] \quad \tau_{el} = 243.4 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\tau_{sa} := \frac{\sigma_{sa}}{\sqrt{3}} \quad \tau_{sa} = 204.96 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\alpha t := \sqrt{\frac{\tau_{sa}}{\tau_{el}}} \quad \alpha t = 0.9$$

$$\tau_{sall} := \text{if} \left[\alpha t < 1.24, (0.6 - 0.268 \cdot \alpha t) \cdot \sigma_{sa}, \frac{0.60}{\alpha t + 1} \cdot \sigma_{sa} \right] \quad \tau_{sall} = 125.7 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$\tau t := \frac{V_0}{(Ht - t1 - t2) \cdot d1} \quad \frac{\tau t}{\tau_{sall}} = 2.9 \quad V_0 = 5.9 \times 10^5 \text{ s}^{-2.0} \cdot \text{m} \cdot \text{kg}$$

YHDISTETTY LEIKKAUS JA TAMUTUSJÄNNITYS

	0		0		0	
$\sigma t_i := \frac{M_i}{W x_i}$	0	0.00	0	359.82	0	2.86
	1	2.17	1	238.78	1	1.90
	2	3.25	2	153.00	2	1.22
	3	3.68	3	89.03	3	0.71
$\tau_i := \frac{ V_i }{h1_i \cdot d1}$	4	3.69	4	39.49	4	0.31
$\frac{\sigma t}{\sigma_{sall}} =$	5	3.41	5	0.00	5	0.00
$\cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$	6	3.69	6	39.49	6	0.31
	7	3.68	7	89.03	7	0.71
	8	3.25	8	153.00	8	1.22
	9	2.17	9	238.78	9	1.90
	10	0.00	10	359.82	10	2.86

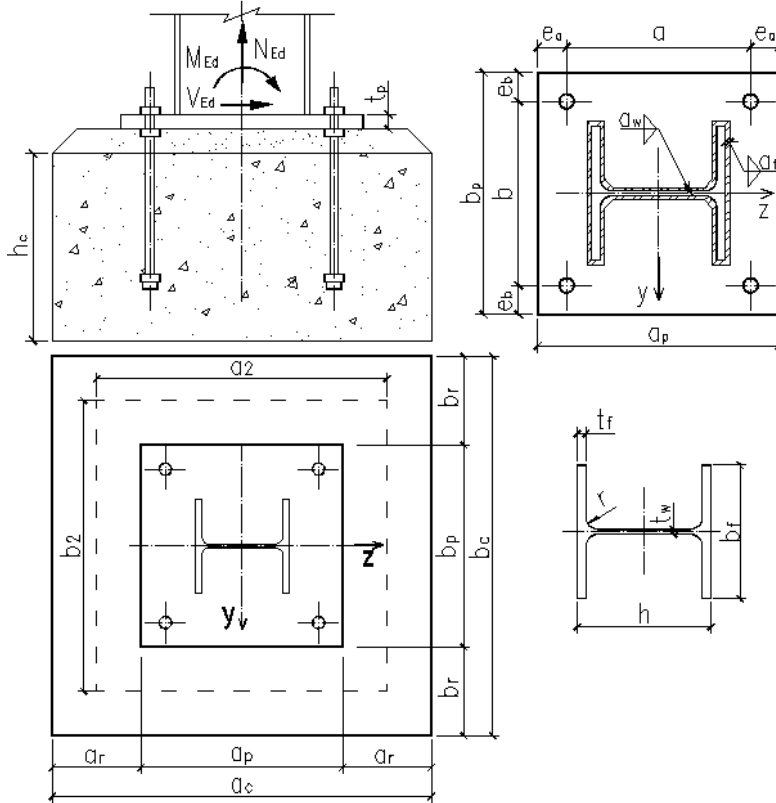
$$\frac{\sigma_i}{\sigma_{sall}} + 0.63 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \cdot \frac{\tau_i}{\tau_{sall}} = \left(\begin{array}{c} 1.803 \\ 3.364 \\ 4.019 \\ 4.128 \\ 4.128 \\ 3.887 \\ 3.413 \\ 3.887 \\ 4.128 \\ 4.019 \\ 3.364 \\ 1.803 \end{array} \right) \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} < 1.3$$

0	0.0	$\sigma_t = \frac{N}{\text{mm}^2}$
1	446.5	
2	670.0	
3	758.4	
4	759.9	
5	703.0	
6	759.9	
7	758.4	
8	670.0	
9	446.5	
10	0.0	

$$(x_i - c4), 0] - \text{if}[x_i > c5, P5 \cdot (x_i - c5), 0]$$

·m

IPE-, HEA- tai HEB-keskipilarin pohjalevyliitos, johon kohdistuu normaalivoima ja taivutusmomentti y-akselin suhteen, versio 0.9



Huomautuksia lähtöarvoista:

Käyttäjän tulee määrittää keltaisella pohjalla olevat lähtöarvot.

Käyttäjän tulee valita vaaleanpunaisella pohjalla olevista valikoista haluamansa lähtöarvot.

Harmaalla pohjalla olevat lähtöarvot ovat Eurokoodi 3:n ja NA:n mukaisia.

1. Lähtöarvot

Laskenta-arvot murtorajatilassa:

Voimasuureet:

Normaalivoiman itseisarvo:

$$N_{Ed,av} := |212| \cdot \text{kN}$$

Voiman_suunta :=

Puristus

Normaalivoima:

$$N_{Ed} = -212 \cdot \text{kN}$$

Taivutusmomentin itseisarvo:

$$M_{y,Ed} := |72| \cdot \text{kNm}$$

Leikkausvoimat:

$$V_{y,Ed} := 11 \cdot \text{kN}$$

$$V_{z,Ed} := 18 \cdot \text{kN}$$

Betoni:

Betonin_lujuusluokka :=

C30/37

Rakenneluokka :=

2

Perustuksen mitat:

$$a_c := 500 \cdot \text{mm}$$

$$b_c := 500 \cdot \text{mm}$$

$$h_c := 850 \cdot \text{mm}$$

Peruspultit:

 Pultti :=

Leikkausvoiman siirtotapa:

 Siirtotapa :=

$$(N_{b,Rd}) = 299.2 \cdot \text{kN} \quad (V_{b,Rd}) = 89.04 \cdot \text{kN} \quad \phi_b = 25 \cdot \text{mm}$$

$$t_{\text{washer}} = 8 \cdot \text{mm} \quad t_n = 36.8 \cdot \text{mm}$$

Valmistajan suosittelema alusvalun paksuus:

$$c_{g0} = 50 \cdot \text{mm}$$

Käyttäjän tulee määrittää alusvalun paksuus:

$$c_g := 25 \text{mm}$$

Suunnitteluparametrit:

$$\gamma_{M0} := 1.0$$

$$\gamma_{M1} := 1.0$$

$$\gamma_{M2} := 1.25$$

Pilarin_tukiehto :=

Teräspilari:

 Profiili :=

 Nurjahduspituus: $L_c := 12600 \text{mm}$

 Teräksen_lujuusluokka :=

$$E_s := 210000 \cdot \text{MPa}$$

$$G_1 := 81000 \cdot \text{MPa}$$

$$f_y = 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{yd} := \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = 355 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_u = 510 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Pohjalevy:

 Pohjalevyn_teräksen_lujuusluokka :=

Pultin ja levyn reunan välinen etäisyys:

$$e_a := 35 \text{mm}$$

$$e_b := 35 \text{mm}$$

Pulttiväli:

$$a := 230 \text{mm}$$

$$b := 160 \text{mm}$$

Pohjalevyn paksuus:

$$t_p := 35 \text{mm}$$

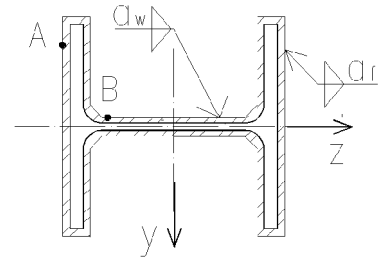
$$\text{Pohjalevyn mitat:} \quad a_p := a + 2e_a = 300 \cdot \text{mm} \quad b_p := b + 2e_b = 230 \cdot \text{mm}$$

Huom! Tarkista, että pohjalevyn mitat ovat riittävät ja etteivät pultit törmää pilariin.

$$f_{p,y} := \begin{cases} f_{y1p} & \text{if } t_p \leq 40 \text{mm} \\ f_{y2p} & \text{if } 40 \text{mm} < t_p \leq 80 \text{mm} \end{cases} \quad f_{p,u} := \begin{cases} f_{u1p} & \text{if } t_p \leq 40 \text{mm} \\ f_{u2p} & \text{if } 40 \text{mm} < t_p \leq 80 \text{mm} \end{cases}$$

Hitsit:

$$f_{u.w} := \min(f_u, f_{p.u}) = 510 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \beta_w = 0.9$$



Jos kosketuspainetta käytetään puristusjännityksen siirtämiseen pilarin ja pohjalevyn välillä, toleranssien tulee olla SFS-EN 1090-2 / D.2.7.5:n mukaiset.

Kosketuspaine :=

Hitsien suositeltavat vähimmäismitat muodonmuutoskyvyn takaamiseksi:

$$a_{f.min} := \max\left(\frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot f_y}{\sqrt{2} \cdot f_{u.w}} \cdot t_f, 3\text{mm}\right) = 7.752 \cdot \text{mm} \quad a_{w.min} := \max\left(\frac{\beta_w \cdot \gamma_{M2} \cdot f_y}{\sqrt{2} \cdot f_{u.w}} \cdot t_w, 3\text{mm}\right) = 4.707 \cdot \text{mm}$$

Hitsien mitat:

Betoniperustuksen ominaisuudet:

$$(f_{ck}) = 30 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} \quad \alpha_{cc} := 0.85$$

$$\beta_j := \frac{2}{3}$$

$$\gamma_c := \begin{cases} 1.35 & \text{if Rakenneluokka} = 1 \\ 1.5 & \text{if Rakenneluokka} = 2 \end{cases}$$

$$f_{cd} := \frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c} = 17 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$f_{cm} := f_{ck} + 8 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} = 38 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$E_c := 22 \left(\frac{f_{cm}}{10 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}} \right)^{0.3} \cdot 1000 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2} = 32836.568 \cdot \frac{N}{\text{mm}^2}$$

$$a_r := 0.5(a_c - a_p) = 100 \cdot \text{mm}$$

$$b_r := 0.5(b_c - b_p) = 135 \cdot \text{mm}$$

Kun kaikki lähtöarvot on syötetty, paina laskentanappia (tai Ctrl+F9):

■



Rakennuskohde:

Työ no:

Rakennelaskelma

Tekijä:

Päiväys:

Sisältö:

Sivu 4(5)

Sijainti:

2. Laskenta:

2.1 Pilarin pohjalevy

- 2.1.1 Betonin puristuslujuus pohjalevyn alla
- 2.1.2 Vipuvarren laskenta
- 2.1.3 Liitoksen puristuskestävyys
- 2.1.4 Pohjalevyn vetokestävyys

2.2 Pultit

- Pulttien laskenta

2.3 Liitoksen momenttikestävyys

- Momenttikapasiteetin laskenta

2.4 Hitsit

- Hitsin poikkileikkauksen ominaisuudet
- Hitsin jännitykset pisteessä A
- Hitsin jännitykset pisteessä B

2.5 Liitoksen kiertymisjäykkyys

- Kiertymisjäykkyyden laskenta

3 Yhteenveto ja käyttöasteet:

Liitoksen normaalivoimakestävyys

Puristuskestävyys:

Ehto_1 = "OK!"

$$\rho_1 := \begin{cases} \frac{|N_{Ed}|}{A_{eff} \cdot f_j} & \text{if } N_{Ed} \leq 0 \\ 0 & \text{if } N_{Ed} > 0 \end{cases} = 0.155$$

Vetokestävyys:

Ehto_2 = "Liitos on puristettu"

$$\rho_2 := \begin{cases} 0 & \text{if } N_{Ed} \leq 0 \\ \frac{|N_{Ed}|}{2F_{T,Rd}} & \text{if } N_{Ed} > 0 \end{cases} = 0$$

Pultit

Vetokestävyys:

Ehto_3 = "OK!"

$$\rho_4 := \begin{cases} \frac{N_{b,Ed}}{N_{b,Rd}} & \text{if } N_{b,Ed} > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\rho_4 = 0.384$$

Leikkauskestävyys:

Ehto_4 = "OK!"

$$\rho_5 := \frac{V_{b,Ed}}{V_{b,Rd}} = 0$$

Yhteisvaikutuskestävyys:

Ehto_5 = "OK!"

$$\rho_6 := \text{Yhteisvaikutus}$$

$$\rho_6 = 0.32$$

Liitoksen taivutusmomenttikapasiteetti

Ehto_6 = "OK!"

$$\rho_3 := \frac{M_{y,Ed}}{M_{j,Rd}} = 0.897$$

Hitsit

Ehto_7 = "OK!"

$$\rho_{7_A} := \frac{\sigma_{A_w.combination}}{\frac{f_{u,w}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}} = 0.286$$

$$\rho_{7_B} := \frac{\sigma_{B_w.combination}}{\frac{f_{u,w}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}} = 0.229$$

Lamellirepeily:

Ehto_8 = "Ei lamellirepeilyn vaaraa"

Liitoksen kiertymisjäykkyys

Ehto_9 = "Liitos voidaan luokitella jäykäksi"

STEEL DESIGN, ruostunut vanha palkki

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Code Group Design*

CODE GROUP: **2 Palkki**

MEMBER: **2 Column_2**

POINT: **3**

COORDINATE: **x = 0.96L = 11.73 m**

LOADS:

Governing Load Case: 4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.90

MATERIAL:

S235JRG2 (S235) $f_y = 235.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: Ruostunut HEA-260

h=24.4 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=25.7 cm	Ay=48.83 cm ²	Az=10.13 cm ²	Ax=58.96 cm ²
tw=0.5 cm	Iy=7143.76 cm ⁴	Iz=2687.81 cm ⁴	Ix=15.02 cm ⁴
tf=0.9 cm	Wely=585.55 cm ³	Welz=209.17 cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 19.77 kN	My,Ed = -120.10 kN*m		
Nc,Rd = 1385.44 kN	My,el,Rd = 137.61 kN*m		
Nb,Rd = 1385.44 kN	My,c,Rd = 137.61 kN*m	Vz,Ed = -77.93 kN	
	My,V,Rd = 137.44 kN*m	Vz,c,Rd = 137.37 kN	
	Mb,Rd = 59.59 kN*m		

Class of section = 3



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

z = 1.00	Mcr = 71.07 kN*m	Curve,LT - c	XLT = 0.43
Lcr,low=12.20 m	Lam_LT = 1.39	fi,LT = 1.47	XLT,mod = 0.43

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

$$k_{yy} = 0.90$$



About z axis:

$$k_{zy} = 1.00$$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$$M_{y,Ed}/M_{y,V,Rd} = 0.87 < 1.00 \quad (6.2.8)$$

$$N_{,Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.89 < 1.00 \quad (6.2.9.3.(1))$$

$$\sqrt{(\text{Sig}_{x,Ed})^2 + 3 \cdot (\text{Tau}_{z,Ed})^2} / (f_y/gM0) = 1.00 < 1.00 \quad (6.2.1.(5))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.57 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Global stability check of member:

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 2.02 > 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{,Ed}/(X_y \cdot N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 1.83 > 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{,Ed}/(X_z \cdot N_{,Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 2.03 > 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Incorrect section !!!

STEEL DESIGN, ruostunut vanha pilari

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Code Group Design*

CODE GROUP: 1 *Pilarit*

MEMBER: 3 *Column_3*

POINT: 1

COORDINATE: *x = 0.00 L = 0.00 m*

LOADS:

*Governing Load Case: 4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.90*

MATERIAL:

S235JRG2 (S235) $f_y = 235.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: Ruostunut HEA-260

h=24.4 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=25.7 cm	Ay=48.83 cm ²	Az=10.13 cm ²	Ax=58.96 cm ²
tw=0.5 cm	Iy=7143.76 cm ⁴	Iz=2687.81 cm ⁴	Ix=15.02 cm ⁴
tf=0.9 cm	Wely=585.55 cm ³	Welz=209.17 cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 84.29 kN	My,Ed = -118.59 kN*m	
Nc,Rd = 1385.44 kN	My,el,Rd = 137.61 kN*m	
Nb,Rd = 374.07 kN	My,c,Rd = 137.61 kN*m	Vz,Ed = 19.77 kN
		Vz,c,Rd = 137.37 kN
		Class of section = 3



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

Ly = 6.00 m	Lam_y = 1.73
Lcr,y = 17.88 m	Xy = 0.27
Lamy = 162.43	kyy = 1.11



About z axis:

kzy = 0.00

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.86 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$N_{,Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.92 < 1.00 \quad (6.2.9.3.(1))$$

$$\sqrt{(\text{Sig}_{x,Ed})^2 + 3 \cdot (\text{Tau}_{z,Ed})^2} / (f_y/gM0) = 0.87 < 1.00 \quad (6.2.1.(5))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.14 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Global stability check of member:

$$\lambda_{b,y} = 162.43 < \lambda_{b,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{,Ed}/(X_y \cdot N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 1.18 > 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Incorrect section !!!

STEEL DESIGN uuden kehän tarkastelu

Vaihtoehto 2 L=15,00m

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: Code Group Design

CODE GROUP: 2 palkki

MEMBER: 3 Beam_3

POINT: 2

COORDINATE: $x = 0.50 L = 7.44$ m

LOADS:

Governing Load Case: 4 ULS /10/ 1*1.15 + 2*1.35

MATERIAL:

S355J2G3 (S355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEB 300

$h=30.0$ cm	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=30.0$ cm	$A_y=126.20$ cm ²	$A_z=47.43$ cm ²	$A_x=149.08$ cm ²
$tw=1.1$ cm	$I_y=25165.70$ cm ⁴	$I_z=8562.83$ cm ⁴	$I_x=186.00$ cm ⁴
$tf=1.9$ cm	$W_{ply}=1868.80$ cm ³	$W_{plz}=870.16$ cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = 20.36$ kN	$M_{y,Ed} = 236.89$ kN*m
$N_{c,Rd} = 5292.27$ kN	$M_{y,pl,Rd} = 663.42$ kN*m
$N_{b,Rd} = 5292.27$ kN	$M_{y,c,Rd} = 663.42$ kN*m
	$M_{N,y,Rd} = 663.42$ kN*m
	$M_{b,Rd} = 324.55$ kN*m

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

$z = 1.00$	$M_{cr} = 355.21$ kN*m	Curve,LT - b	$XLT = 0.49$
$L_{cr,upp} = 14.88$ m	$\lambda_{m_LT} = 1.37$	$f_{i,LT} = 1.36$	$XLT,mod = 0.49$

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

$$k_{yy} = 0.90$$



About z axis:

$$k_{zy} = 0.60$$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.36 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

Global stability check of member:

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.73 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{,Ed}/(X_y * N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) = 0.66 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{,Ed}/(X_z * N_{,Rk}/gM1) + k_{zy} * M_{y,Ed}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) = 0.44 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Section OK !!!

STEEL DESIGN

Vaihtoehto 2 L=15,00m

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: Code Group Design

CODE GROUP: 2 palkki

MEMBER: 3 Beam_3

POINT: 2

COORDINATE: $x = 0.50 L = 7.44$ m

LOADS:

Governing Load Case: 4 ULS /10/ 1*1.15 + 2*1.35

MATERIAL:

S355J2G3 (S355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEB 280

$h=28.0$ cm	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=28.0$ cm	$A_y=110.78$ cm ²	$A_z=41.09$ cm ²	$A_x=131.36$ cm ²
$tw=1.1$ cm	$I_y=19270.30$ cm ⁴	$I_z=6594.52$ cm ⁴	$I_x=148.00$ cm ⁴
$tf=1.8$ cm	$W_{ply}=1534.53$ cm ³	$W_{plz}=717.58$ cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = 20.36$ kN	$M_{y,Ed} = 236.89$ kN*m
$N_{c,Rd} = 4663.42$ kN	$M_{y,pl,Rd} = 544.76$ kN*m
$N_{b,Rd} = 4663.42$ kN	$M_{y,c,Rd} = 544.76$ kN*m
	$M_{N,y,Rd} = 544.76$ kN*m
	$M_{b,Rd} = 258.32$ kN*m

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

$z = 1.00$	$M_{cr} = 279.06$ kN*m	Curve,LT - b	$X_{LT} = 0.47$
$L_{cr,upp} = 14.88$ m	$\lambda_{m_LT} = 1.40$	$f_{i,LT} = 1.40$	$X_{LT,mod} = 0.47$

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

$k_{yy} = 0.90$



About z axis:

$k_{zy} = 0.60$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.00 < 1.00$ (6.2.4.(1))

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.43 < 1.00$ (6.2.5.(1))

Global stability check of member:

$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.92 < 1.00$ (6.3.2.1.(1))

$N_{,Ed}/(X_y * N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed}/(X_{LT} * M_{y,Rk}/gM1) = 0.83 < 1.00$ (6.3.3.(4))

$N_{,Ed}/(X_z * N_{,Rk}/gM1) + k_{zy} * M_{y,Ed}/(X_{LT} * M_{y,Rk}/gM1) = 0.55 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Section OK !!!

STEEL DESIGN

Vaihtoehto 2 L=15,00m

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Member Verification*

CODE GROUP:

MEMBER: *2 Column_2*

POINT: *3*

COORDINATE: *x = 1.00 L = 6.00 m*

LOADS:

*Governing Load Case: 4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.35 + 3*0.90*

MATERIAL:

S355J2G3 (S355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEA 240

$h=23.0$ cm	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=24.0$ cm	$A_y=64.54$ cm ²	$A_z=25.18$ cm ²	$A_x=76.84$ cm ²
$tw=0.8$ cm	$I_y=7763.18$ cm ⁴	$I_z=2768.81$ cm ⁴	$I_x=38.20$ cm ⁴
$tf=1.2$ cm	$W_{ply}=744.68$ cm ³	$W_{plz}=351.70$ cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = 98.87$ kN	$My_{,Ed} = 141.07$ kN*m	
$N_{c,Rd} = 2727.66$ kN	$My_{,pl,Rd} = 264.36$ kN*m	
$N_{b,Rd} = 1609.96$ kN	$My_{,c,Rd} = 264.36$ kN*m	$Vz_{,Ed} = 22.54$ kN
	$MN_{,y,Rd} = 264.36$ kN*m	$Vz_{,c,Rd} = 516.00$ kN
		Class of section = 2



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

$L_y = 6.00$ m	$\lambda_{m,y} = 0.55$
$L_{cr,y} = 4.20$ m	$X_y = 0.86$
$L_{m,y} = 41.78$	$k_{yy} = 0.91$



About z axis:

$L_z = 6.00$ m	$\lambda_{m,z} = 0.92$
$L_{cr,z} = 4.20$ m	$X_z = 0.59$
$L_{m,z} = 69.97$	$k_{zy} = 0.00$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$My_{,Ed}/My_{,c,Rd} = 0.53 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$Vz_{,Ed}/Vz_{,c,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Global stability check of member:

$$\lambda_{m,y} = 41.78 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \lambda_{m,z} = 69.97 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{,Ed}/(X_y \cdot N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot My_{,Ed}/(XLT \cdot My_{,Rk}/gM1) = 0.53 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{,Ed}/(X_z \cdot N_{,Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot My_{,Ed}/(XLT \cdot My_{,Rk}/gM1) = 0.06 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Section OK !!!

STEEL DESIGN uuden kehän tarkastelu

Vaihtoehto 1

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: Code Group Design

CODE GROUP: 2 Palkki

MEMBER: 2 Column_2

POINT: 3

COORDINATE: $x = 0.96L = 11.73$ m

LOADS:

Governing Load Case: 4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.90

MATERIAL:

S235JRG2 (S235) $f_y = 235.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEA 300

$h=29.0$ cm	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=30.0$ cm	$A_y=94.85$ cm ²	$A_z=37.28$ cm ²	$A_x=112.53$ cm ²
$tw=0.9$ cm	$I_y=18263.50$ cm ⁴	$I_z=6309.56$ cm ⁴	$I_x=75.30$ cm ⁴
$tf=1.4$ cm	$W_{ply}=1383.40$ cm ³	$W_{plz}=641.18$ cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = 19.97$ kN	$M_{y,Ed} = -121.35$ kN*m	
$N_{c,Rd} = 2644.41$ kN	$M_{y,pl,Rd} = 325.10$ kN*m	
$N_{b,Rd} = 2644.41$ kN	$M_{y,c,Rd} = 325.10$ kN*m	$V_{z,Ed} = -78.82$ kN
	$M_{N,y,Rd} = 325.10$ kN*m	$V_{z,c,Rd} = 505.78$ kN
	$M_{b,Rd} = 193.58$ kN*m	

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

$z = 1.00$	$M_{cr} = 236.62$ kN*m	Curve,LT - b	$X_{LT} = 0.60$
$L_{cr,low} = 12.20$ m	$\lambda_{m_LT} = 1.17$	$f_{i,LT} = 1.15$	$X_{LT,mod} = 0.60$

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

$$k_{yy} = 0.90$$



About z axis:

$$k_{zy} = 0.60$$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.37 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.16 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Global stability check of member:

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.63 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{,Ed}/(X_y * N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed}/(X_{LT} * M_{y,Rk}/gM1) = 0.57 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{,Ed}/(X_z * N_{,Rk}/gM1) + k_{zy} * M_{y,Ed}/(X_{LT} * M_{y,Rk}/gM1) = 0.38 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Section OK !!!

STEEL DESIGN uuden kehän tarkastelu

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Code Group Design*

CODE GROUP: *2 Palkki*

MEMBER: *2 Column_2*

POINT: *3*

COORDINATE: *x = 0.96L = 11.73 m*

LOADS:

Governing Load Case: *4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.90*

MATERIAL:

S235JRG2 (S235) $f_y = 235.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEA 280

$h=27.0$ cm	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=28.0$ cm	$A_y=81.58$ cm ²	$A_z=31.74$ cm ²	$A_x=97.26$ cm ²
$tw=0.8$ cm	$I_y=13673.30$ cm ⁴	$I_z=4762.64$ cm ⁴	$I_x=56.50$ cm ⁴
$tf=1.3$ cm	$W_{ply}=1112.32$ cm ³	$W_{plz}=518.14$ cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = 19.97$ kN	$M_{y,Ed} = -121.35$ kN*m		
$N_{c,Rd} = 2285.71$ kN	$M_{y,pl,Rd} = 261.40$ kN*m		
$N_{b,Rd} = 2285.71$ kN	$M_{y,c,Rd} = 261.40$ kN*m	$V_{z,Ed} = -78.82$ kN	
	$M_{N,y,Rd} = 261.40$ kN*m	$V_{z,c,Rd} = 430.70$ kN	
	$M_{b,Rd} = 149.45$ kN*m		

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

$z = 1.00$	$M_{cr} = 177.65$ kN*m	Curve,LT - b	$XLT = 0.57$
$L_{cr,low} = 12.20$ m	$Lam_{LT} = 1.21$	$fi_{,LT} = 1.19$	$XLT,mod = 0.57$

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

$$k_{yy} = 0.90$$



About z axis:

$$k_{zy} = 0.60$$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.01 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.46 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.18 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Global stability check of member:

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.81 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{,Ed}/(X_y * N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) = 0.74 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{,Ed}/(X_z * N_{,Rk}/gM1) + k_{zy} * M_{y,Ed}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) = 0.50 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Section OK !!!

STEEL DESIGN uuden kehän tarkastelu

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Code Group Design*

CODE GROUP: 1 *Pilarit*

MEMBER: 3 *Column_3*

POINT: 1

COORDINATE: *x = 0.00 L = 0.00 m*

LOADS:

*Governing Load Case: 4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.90*

MATERIAL:

S235JRG2 (S235) $f_y = 235.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEA 240

$h = 23.0$ cm

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 24.0$ cm

$A_y = 64.54$ cm²

$A_z = 25.18$ cm²

$A_x = 76.84$ cm²

$tw = 0.8$ cm

$I_y = 7763.18$ cm⁴

$I_z = 2768.81$ cm⁴

$I_x = 38.20$ cm⁴

$tf = 1.2$ cm

$W_{ply} = 744.68$ cm³

$W_{plz} = 351.70$ cm³

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = 85.25$ kN

$M_{y,Ed} = -119.82$ kN*m

$N_{c,Rd} = 1805.64$ kN

$M_{y,pl,Rd} = 175.00$ kN*m

$N_{b,Rd} = 416.42$ kN

$M_{y,c,Rd} = 175.00$ kN*m

$V_{z,Ed} = 19.97$ kN

$M_{N,y,Rd} = 175.00$ kN*m

$V_{z,c,Rd} = 341.58$ kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

$L_y = 6.00$ m

$\lambda_{m,y} = 1.89$

$L_{cr,y} = 17.88$ m

$\chi_y = 0.23$

$\lambda_{m,y} = 177.88$

$k_{yy} = 1.05$

$k_{zy} = 0.00$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.4.(1))

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.68 < 1.00$ (6.2.5.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.06 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Global stability check of member:

$\lambda_{m,y} = 177.88 < \lambda_{m,max} = 210.00$ STABLE

$N_{,Ed}/(\chi_y * N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) = 0.92 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Section OK !!!

STEEL DESIGN uuden kehän tarkastelu

Vaihtoehto 2

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Code Group Design*

CODE GROUP: *1 Pilarit*

MEMBER: *3 Column_3*

POINT: *1*

COORDINATE: *x = 0.00 L = 0.00 m*

LOADS:

*Governing Load Case: 4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.90*

MATERIAL:

S235JRG2 (S235) $f_y = 235.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEA 260

$h = 25.0$ cm

$gM_0 = 1.00$

$gM_1 = 1.00$

$b = 26.0$ cm

$A_y = 73.54$ cm²

$A_z = 28.76$ cm²

$A_x = 86.82$ cm²

$tw = 0.8$ cm

$I_y = 10455.00$ cm⁴

$I_z = 3667.56$ cm⁴

$I_x = 46.30$ cm⁴

$tf = 1.3$ cm

$W_{ply} = 919.86$ cm³

$W_{plz} = 430.18$ cm³

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = 85.25$ kN

$M_{y,Ed} = -119.82$ kN*m

$N_{c,Rd} = 2040.26$ kN

$M_{y,pl,Rd} = 216.17$ kN*m

$N_{b,Rd} = 470.99$ kN

$M_{y,c,Rd} = 216.17$ kN*m

$M_{N,y,Rd} = 216.17$ kN*m

$V_{z,Ed} = 19.97$ kN

$V_{z,c,Rd} = 390.17$ kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

$L_y = 6.00$ m

$\lambda_{m,y} = 1.89$

$L_{cr,y} = 19.51$ m

$\chi_y = 0.23$

$\lambda_{my} = 177.78$

$\chi_{yy} = 1.03$

$k_{zy} = 0.00$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.4.(1))

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.55 < 1.00$ (6.2.5.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Global stability check of member:

$\lambda_{m,y} = 177.78 < \lambda_{m,max} = 210.00$ STABLE

$N_{,Ed}/(\chi_y * N_{,Rk}/gM_1) + k_{yy} * M_{y,Ed}/(XLT * M_{y,Rk}/gM_1) = 0.75 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Section OK !!!

STEEL DESIGN uuden kehän tarkastelu

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Code Group Design*

CODE GROUP: **2 Palkki**

MEMBER: **2 Column_2**

POINT: **3**

COORDINATE: **x = 0.96L = 11.73 m**

LOADS:

Governing Load Case: 4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.90

MATERIAL:

S355JR (S355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEB-300 ruosteinen

h=29.4 cm	gM0=1.00	gM1=1.00	
b=29.7 cm	Ay=95.04 cm ²	Az=20.96 cm ²	Ax=116.00 cm ²
tw=0.8 cm	Iy=19581.94 cm ⁴	Iz=6987.27 cm ⁴	Ix=82.73 cm ⁴
tf=1.6 cm	Wely=1332.10 cm ³	Welz=470.52 cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

N,Ed = 15.45 kN	My,Ed = -94.30 kN*m		
Nc,Rd = 4118.00 kN	My,el,Rd = 472.90 kN*m		
Nb,Rd = 4118.00 kN	My,c,Rd = 472.90 kN*m	Vz,Ed = -80.77 kN	
		Vz,c,Rd = 429.59 kN	
	Mb,Rd = 216.51 kN*m		
			Class of section = 3



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

z = 1.00	Mcr = 265.00 kN*m	Curve,LT - c	XLT = 0.46
Lcr,low=12.20 m	Lam_LT = 1.34	fi,LT = 1.40	XLT,mod = 0.46

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

$$k_{yy} = 0.90$$



About z axis:

$$k_{zy} = 1.00$$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.20 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$N_{,Ed}/N_{c,Rd} + M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.20 < 1.00 \quad (6.2.9.3.(1))$$

$$\sqrt{(\text{Sig}_{x,Ed})^2 + 3 \cdot (\text{Tau}_{z,Ed})^2} / (f_y/gM0) = 0.26 < 1.00 \quad (6.2.1.(5))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.19 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Global stability check of member:

$$M_{y,Ed}/M_{b,Rd} = 0.44 < 1.00 \quad (6.3.2.1.(1))$$

$$N_{,Ed}/(X_y \cdot N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 0.40 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

$$N_{,Ed}/(X_z \cdot N_{,Rk}/gM1) + k_{zy} \cdot M_{y,Ed}/(XLT \cdot M_{y,Rk}/gM1) = 0.44 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Section OK !!!

STEEL DESIGN uuden kehän tarkastelu

CODE: *SFS-EN 1993-1-2:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Code Group Design*

CODE GROUP: *1 Pilarit*

MEMBER: *3 Column_3*

POINT: *1*

COORDINATE: *x = 0.00 L = 0.00 m*

LOADS:

Governing Load Case: *4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.90*

MATERIAL:

S355JR (S355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEB 180

$h=18.0$ cm	$gM0=1.00$	$gM1=1.00$	
$b=18.0$ cm	$A_y=54.88$ cm ²	$A_z=20.24$ cm ²	$A_x=65.25$ cm ²
$tw=0.9$ cm	$I_y=3831.13$ cm ⁴	$I_z=1362.85$ cm ⁴	$I_x=45.10$ cm ⁴
$tf=1.4$ cm	$W_{ply}=481.47$ cm ³	$W_{plz}=231.02$ cm ³	

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = 87.37$ kN	$M_{y,Ed} = -92.73$ kN*m	
$N_{c,Rd} = 2316.42$ kN	$M_{y,pl,Rd} = 170.92$ kN*m	
$N_{b,Rd} = 382.81$ kN	$M_{y,c,Rd} = 170.92$ kN*m	$V_{z,Ed} = 15.45$ kN
	$M_{N,y,Rd} = 170.92$ kN*m	$V_{z,c,Rd} = 414.87$ kN
		Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

$L_y = 6.00$ m	$\lambda_{m,y} = 2.28$
$L_{cr,y} = 13.36$ m	$X_y = 0.17$
$\lambda_{m,y} = 174.30$	$k_{yy} = 1.06$



About z axis:

$k_{zy} = 0.00$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.4.(1))$$

$$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.54 < 1.00 \quad (6.2.5.(1))$$

$$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.04 < 1.00 \quad (6.2.6.(1))$$

Global stability check of member:

$$\lambda_{m,y} = 174.30 < \lambda_{m,max} = 210.00 \quad \text{STABLE}$$

$$N_{,Ed}/(X_y * N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) = 0.81 < 1.00 \quad (6.3.3.(4))$$

Section OK !!!

STEEL DESIGN uuden kehän tarkastelu

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Code Group Design*

CODE GROUP: *1 Pilarit*

MEMBER: *3 Column_3*

POINT: *1*

COORDINATE: *x = 0.00 L = 0.00 m*

LOADS:

Governing Load Case: *4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.90*

MATERIAL:

S355JR (S355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEB 200

$h = 20.0$ cm

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 20.0$ cm

$A_y = 66.02$ cm²

$A_z = 24.83$ cm²

$A_x = 78.08$ cm²

$tw = 0.9$ cm

$I_y = 5696.18$ cm⁴

$I_z = 2003.37$ cm⁴

$I_x = 61.40$ cm⁴

$tf = 1.5$ cm

$W_{ply} = 642.58$ cm³

$W_{plz} = 305.82$ cm³

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = 87.37$ kN

$M_{y,Ed} = -92.73$ kN*m

$N_{c,Rd} = 2771.88$ kN

$M_{y,pl,Rd} = 228.12$ kN*m

$N_{b,Rd} = 514.20$ kN

$M_{y,c,Rd} = 228.12$ kN*m

$V_{z,Ed} = 15.45$ kN

$M_{N,y,Rd} = 228.12$ kN*m

$V_{z,c,Rd} = 508.94$ kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:

$L_y = 6.00$ m

$\lambda_{m,y} = 2.14$

$L_{cr,y} = 13.97$ m

$\chi_y = 0.19$

$\lambda_{my} = 163.54$

$k_{yy} = 1.02$



About z axis:

$k_{zy} = 0.00$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.03 < 1.00$ (6.2.4.(1))

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.41 < 1.00$ (6.2.5.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.03 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Global stability check of member:

$\lambda_{m,y} = 163.54 < \lambda_{m,max} = 210.00$ STABLE

$N_{,Ed}/(\chi_y * N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) = 0.59 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Section OK !!!

STEEL DESIGN uuden kehän tarkastelu

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Code Group Design*

CODE GROUP: *1 Pilarit*

MEMBER: *3 Column_3*

POINT: *1*

COORDINATE: *x = 0.00 L = 0.00 m*

LOADS:

Governing Load Case: *4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.90*

MATERIAL:

S355JR (S355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEA 200

$h = 19.0$ cm

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 20.0$ cm

$A_y = 45.12$ cm²

$A_z = 18.08$ cm²

$A_x = 53.83$ cm²

$tw = 0.7$ cm

$I_y = 3692.15$ cm⁴

$I_z = 1335.51$ cm⁴

$I_x = 18.60$ cm⁴

$tf = 1.0$ cm

$W_{ply} = 429.52$ cm³

$W_{plz} = 203.82$ cm³

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = 87.37$ kN

$M_{y,Ed} = -92.73$ kN*m

$N_{c,Rd} = 1911.01$ kN

$M_{y,pl,Rd} = 152.48$ kN*m

$N_{b,Rd} = 365.85$ kN

$M_{y,c,Rd} = 152.48$ kN*m

$V_{z,Ed} = 15.45$ kN

$M_{N,y,Rd} = 152.48$ kN*m

$V_{z,c,Rd} = 370.59$ kN

Class of section = 2



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

$L_y = 6.00$ m

$\lambda_{m,y} = 2.10$

$L_{cr,y} = 13.31$ m

$\chi_y = 0.19$

$\lambda_{m,y} = 160.70$

$k_{yy} = 1.07$

$k_{zy} = 0.00$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.4.(1))

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.61 < 1.00$ (6.2.5.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Global stability check of member:

$\lambda_{m,y} = 160.70 < \lambda_{m,max} = 210.00$ STABLE

$N_{,Ed}/(\chi_y * N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) = 0.89 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Section OK !!!

STEEL DESIGN uuden kehän tarkastelu

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Code Group Design*

CODE GROUP: 1 *Pilarit*

MEMBER: 3 *Column_3*

POINT: 1

COORDINATE: *x = 0.00 L = 0.00 m*

LOADS:

*Governing Load Case: 4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.90*

MATERIAL:

S355JR (S355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEA 180

$h = 17.1$ cm

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 18.0$ cm

$A_y = 37.93$ cm²

$A_z = 14.47$ cm²

$A_x = 45.25$ cm²

$t_w = 0.6$ cm

$I_y = 2510.29$ cm⁴

$I_z = 924.60$ cm⁴

$I_x = 14.20$ cm⁴

$t_f = 0.9$ cm

$W_{ply} = 324.88$ cm³

$W_{plz} = 156.50$ cm³

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = 87.37$ kN

$M_{y,Ed} = -92.73$ kN*m

$N_{c,Rd} = 1606.42$ kN

$M_{y,pl,Rd} = 115.33$ kN*m

$N_{b,Rd} = 268.39$ kN

$M_{y,c,Rd} = 115.33$ kN*m

$V_{z,Ed} = 15.45$ kN

$M_{N,y,Rd} = 115.33$ kN*m

$V_{z,c,Rd} = 296.60$ kN

Class of section = 2



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

$L_y = 6.00$ m

$\lambda_{m,y} = 2.27$

$L_{cr,y} = 12.90$ m

$\chi_y = 0.17$

$\lambda_{my} = 173.26$

$k_{yy} = 1.13$

$k_{zy} = 0.00$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.4.(1))

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.80 < 1.00$ (6.2.5.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Global stability check of member:

$\lambda_{m,y} = 173.26 < \lambda_{m,max} = 210.00$ STABLE

$N_{,Ed}/(\chi_y * N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) = 1.24 > 1.00$ (6.3.3.(4))

Incorrect section!!!

STEEL DESIGN uuden kehän tarkastelu

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Code Group Design*

CODE GROUP: 1 *Pilarit*

MEMBER: 3 *Column_3*

POINT: 1

COORDINATE: *x = 0.00 L = 0.00 m*

LOADS:

*Governing Load Case: 4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.90*

MATERIAL:

S355JR (S355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEA 220

$h = 21.0$ cm

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 22.0$ cm

$A_y = 53.70$ cm²

$A_z = 20.67$ cm²

$A_x = 64.34$ cm²

$tw = 0.7$ cm

$I_y = 5409.70$ cm⁴

$I_z = 1954.56$ cm⁴

$I_x = 27.10$ cm⁴

$tf = 1.1$ cm

$W_{ply} = 568.50$ cm³

$W_{plz} = 270.60$ cm³

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = 87.37$ kN

$M_{y,Ed} = -92.73$ kN*m

$N_{c,Rd} = 2284.11$ kN

$M_{y,pl,Rd} = 201.82$ kN*m

$N_{b,Rd} = 486.86$ kN

$M_{y,c,Rd} = 201.82$ kN*m

$V_{z,Ed} = 15.45$ kN

$M_{N,y,Rd} = 201.82$ kN*m

$V_{z,c,Rd} = 423.68$ kN

Class of section = 2



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

$L_y = 6.00$ m

$\lambda_{m,y} = 1.98$

$L_{cr,y} = 13.88$ m

$\chi_y = 0.21$

$\lambda_{m,y} = 151.33$

$k_{yy} = 1.03$

$k_{zy} = 0.00$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.4.(1))

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.46 < 1.00$ (6.2.5.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Global stability check of member:

$\lambda_{m,y} = 151.33 < \lambda_{m,max} = 210.00$ STABLE

$N_{,Ed}/(\chi_y * N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) = 0.65 < 1.00$ (6.3.3.(4))

Section OK !!!

STEEL DESIGN uuden kehän tarkastelu

CODE: *SFS-EN 1993-1:2005/NA:2007/AC:2009, Eurocode 3: Design of steel structures.*

ANALYSIS TYPE: *Code Group Design*

CODE GROUP: *1 Pilarit*

MEMBER: *3 Column_3*

POINT: *1*

COORDINATE: *x = 0.00 L = 0.00 m*

LOADS:

Governing Load Case: *4 ULS /9/ 1*1.15 + 2*1.50 + 3*0.90*

MATERIAL:

S355JR (S355) $f_y = 355.00$ MPa



SECTION PARAMETERS: HEB 160

$h = 16.0$ cm

$gM0 = 1.00$

$gM1 = 1.00$

$b = 16.0$ cm

$A_y = 45.93$ cm²

$A_z = 17.59$ cm²

$A_x = 54.25$ cm²

$tw = 0.8$ cm

$I_y = 2492.00$ cm⁴

$I_z = 889.23$ cm⁴

$I_x = 32.20$ cm⁴

$tf = 1.3$ cm

$W_{ply} = 353.98$ cm³

$W_{plz} = 169.97$ cm³

INTERNAL FORCES AND CAPACITIES:

$N_{,Ed} = 87.37$ kN

$M_{y,Ed} = -92.73$ kN*m

$N_{c,Rd} = 1925.92$ kN

$M_{y,pl,Rd} = 125.66$ kN*m

$N_{b,Rd} = 270.90$ kN

$M_{y,c,Rd} = 125.66$ kN*m

$V_{z,Ed} = 15.45$ kN

$M_{N,y,Rd} = 125.66$ kN*m

$V_{z,c,Rd} = 360.55$ kN

Class of section = 1



LATERAL BUCKLING PARAMETERS:

BUCKLING PARAMETERS:



About y axis:



About z axis:

$L_y = 6.00$ m

$\lambda_{m,y} = 2.49$

$L_{cr,y} = 12.90$ m

$\chi_y = 0.14$

$\lambda_{m,y} = 190.31$

$k_{yy} = 1.13$

$k_{zy} = 0.00$

VERIFICATION FORMULAS:

Section strength check:

$N_{,Ed}/N_{c,Rd} = 0.05 < 1.00$ (6.2.4.(1))

$M_{y,Ed}/M_{y,c,Rd} = 0.74 < 1.00$ (6.2.5.(1))

$V_{z,Ed}/V_{z,c,Rd} = 0.04 < 1.00$ (6.2.6.(1))

Global stability check of member:

$\lambda_{m,y} = 190.31 < \lambda_{m,max} = 210.00$ STABLE

$N_{,Ed}/(\chi_y * N_{,Rk}/gM1) + k_{yy} * M_{y,Ed}/(XLT * M_{y,Rk}/gM1) = 1.16 > 1.00$ (6.3.3.(4))

Incorrect section !!!